

Model implementacije sustava morskih autocesta u funkciji zaštite okoliša

Cukrov, Marijan

Doctoral thesis / Disertacija

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Engineering / Sveučilište u Rijeci, Tehnički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:190:269236>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-18**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Engineering](#)



SVEUČILIŠTE U RIJECI
TEHNIČKI FAKULTET U RIJECI

Marijan Cukrov

**MODEL IMPLEMENTACIJE SUSTAVA
MORSKIH AUTOCESTA U FUNKCIJI
ZAŠTITE OKOLIŠA**

DOKTORSKI RAD

Rijeka, 2016.

SVEUČILIŠTE U RIJECI
TEHNIČKI FAKULTET U RIJECI

Marijan Cukrov

**MODEL IMPLEMENTACIJE SUSTAVA
MORSKIH AUTOCESTA U FUNKCIJI
ZAŠTITE OKOLIŠA**

DOKTORSKI RAD

Mentor: izv. prof. dr. sc. Alen Jugović

Komentor: Prof. dr. sc. Tomislav Mrakovčić

Rijeka, 2016.

UNIVERSITY OF RIJEKA
FACULTY OF ENGINEERING

Marijan Cukrov

**MODEL OF IMPLEMENTATION OF THE
MOTORWAYS OF THE SEA SYSTEM IN
FUNCTION OF ENVIRONMENTAL
PROTECTION**

DOCTORAL THESIS

Rijeka, 2016.

Mentor rada: izv. prof. dr. sc. Alen Jugović

Doktorski rad obranjen je dana _____ na
Tehničkom fakultetu Sveučilišta u Rijeci pred povjerenstvom u
sastavu:

1. _____

2. _____

3. _____

4. _____

5. _____

PREDGOVOR

Morske autoceste (eng. Motorways of the Sea ili Marine Highways) su postojeći ili novi pomorski servisi integrirani u logistički lanac *od vrata do vrata* koristeći održive, redovite, učestale, visokokvalitetne i pouzdane tzv. *short sea shipping* veze. Morske autoceste praktičan su primjer definicije kombiniranog prijevoza. Radi se o prijevozu intermodalnim načinom gdje je pomorski dio veći dio puta, uz korištenje željezničkog te cestovnog sustava u što manjem dijelu putovanja.

Uzme li se u obzir da su pouzdanost, efikasnost, sigurnost te zaštita i očuvanje okoliša glavne karakteristike i komparativne prednosti promatranog sustava, početak i funkcioniranje sustava morskih autocesta zahtijeva usklađenost svih subjekata uključenih u prijevozni proces. Osim toga, infrastruktura predstavlja temelj za izgradnju kvalitetnog te ekološki i socio-ekonomski održivog prometnog sustava. Za ostvarivanje spomenutih karakteristika, osim tehničkog dijela organizacije prijevoza u smislu tehničko-tehnoloških rješenja za ostvarivanje učinkovitog, optimiziranog te ekološki i socio-ekonomski prihvatljivog intermodalnog sustava prijevoza, potrebna je i potpuna administrativna i logistička usklađenost svih sudionika. Potrebno je učiniti dodatan napor radi podizanja razine usluge kako bi intermodalni sustav prijevoza postao konkurentniji u odnosu na cestovni sustav prijevoza. Spomenuto je moguće ostvariti ukoliko se razvoj prijevoznog servisa (unutar kojega je sustav morskih autocesta sastavni dio) shvaća na razini koridora (prometnog pravca od polazišta do odredišta) i sve aktivnosti za njegov razvoj i funkcioniranje planiraju i implementiraju na cjelokupnom pravcu, a ne samo na nacionalnoj osnovi.

Intermodalni sustav prijevoza podrazumijeva prijevoz uključujući dvije ili više vrsta prijevoza. Morske luke su u tom smislu čvorište u kojem se spajaju tehnologije prijevoza; cestovni, željeznički i pomorski sustav prijevoza. Kako bi se osigurala konkurentnost i učinkovitost intermodalnog sustava prijevoza u odnosu na konvencionalni cestovni prijevoz, luka mora biti iznimno protočna, odnosno potencijalna uska grla koja mogu nastati unutar luke moraju biti svedena na minimum. Najveće prijetnje su u pogledu infrastrukturnih kapaciteta, efikasnosti prekrcaja te interakcije i povezivanja različitih sustava prijevoza. U procesu planiranja prijevoza, odabir luke uvelike utječe na pravac u daljnjem prijevozu do odredišta. Pravac koji je konkurentniji te ekološki i socio-ekonomski prihvatljiviji privlači više

tereta te ostvaruje veći društveni i gospodarski učinak na određenom području. Iz tog razloga istraživanje je usmjereno na lučki sustav i popratnu prometnu infrastrukturu u funkciji povezivanja istih sa identificiranim gravitacijskim tržištima.

Kao voditelj i suradnik više znanstvenih i stručnih projekta vezanih uz razvoj intermodalnog (održivog) sustava prijevoza u Republici Hrvatskoj i Euroskoj Uniji, uvidio sam da postoji određeno neznanje u razumijevanju načina funkcioniranja sustava morskih autocesta većinom u dijelu integracije različitih vrsta prijevoznih sustava. Posebno je izražen problem nadogradnje samih servisa kao što su promocija, informatičko praćenje pošiljke, informatičko planiranje i organiziranje pošiljke, sustavna identifikacija „uskih grla“ u funkcioniranju servisa i prometnog sustava te osiguravanje sustavnog praćenja razine kvalitete i onečišćenja okoliša. U prethodnim istraživanjima uočio sam kako je praktično znanje korisnika, ali i znanstvena i stručna literatura na temu kriterija koji utječu na funkcioniranje cjelokupnog servisa *od vrata do vrata*, posebice u pogledu ekološke i socio-ekonomske učinkovitosti cjelokupnog sustava vrlo ograničena, odnosno da kriteriji nisu jasno definirani. Stoga sam doktorskim radom naslova *„Model implementacije sustava morskih autocesta u funkciji zaštite okoliša“* pokušao istražiti, prepoznati i detaljno objasniti sve kriterije i potkriterije koji unutar lučkog sustava definiraju pretpostavke za uspješnost i ekološku održivost implementacije sustava morskih autocesta kroz određeni prometni pravac.

S obzirom na činjenicu da sustav morskih autocesta podrazumijeva korištenje više načina prijevoza uz obavezno korištenje pomorskog prijevoza (*short sea shippinga*), lučki sustav kao točka spajanja, prepoznaje se kao najvažniji i najosjetljiviji element. Na temelju rezultata istraživanja moguće je analizirati prometni i lučki sustav neke zemlje ili područja te jasno prikazati i dokazati koji model treba primijeniti da bi se osigurale pretpostavke za ekološku i socio-ekonomsku održivost budućih sustava morskih autocesta kroz određene pravce. Također, na temelju prepoznatih kriterija moguće je ocjenjivati postojeće lučke sustave i sustave morskih autocesta te identificirati uska grla i otkloniti nedostatke. Ovo istraživanje je osiguralo početne pretpostavke za buduća istraživanja koja trebaju ići u pravcu valoriziranja svakog potkriterija čime će se moći kvantitativno uspoređivati postojeće servise i simulirati koje i u kojem obimu određene infrastrukturne investicije mogu doprinijeti

povećanju učinkovitosti, pouzdanosti, smanjenju onečišćenja i zaštiti okoliša te konkurentnosti određenih prometnih pravaca.

Izrazitu zahvalnost dugujem svojem mentoru izv. prof. dr. sc. Alenu Jugoviću koji me je svojim znanjem, besprijekornom voljom i vječitom spremnošću za razgovor, usmjeravao, ispravljao i motivirao. Njegove intervencije uvijek su bile izvrsne i dobar putokaz za nastavak, a njegova je energija značajno utjecala na mene i ubrzala cijeli doktorski studij i samo istraživanje.

Također, želim se zahvaliti svojem komentoru prof. dr. sc. Tomislavu Mrakovčiću, te prof. dr. sc. Vladimiru Medici i prof. dr. sc. Junbeum Kimu koji su mi tijekom postupka prijave i obrane teme te izrade dokorskog rada svojim iskustvom i znanjem pomogli u oblikovanju rada. Jednako tako i mojim profesorima, kolegama i prijateljima sa Tehničkog i Pomorskog fakulteta Sveučilišta u Rijeci, Fakulteta prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu te Tehničkog Fakulteta Sveučilišta u Troyesu (Francuska), te prijateljima i kolegama iz poslovnog života na mnogim razgovorima što mi je omogućilo razviti ideju, sazreti ju, otkloniti nedoumice te uobličiti u cjelinu.

Na kraju, najveću zahvalnost, iskreno poštovanje i odgovornost osjećam prema roditeljima Saši i Marini koji su mi omogućili iznimno kvalitetno obrazovanje te bezbrižno djetinjstvo i odrastanje. Svojim trdom, odgojem, zalaganjem i pažnjom te *životnim radom na meni* usadili su ono nešto što je bilo potrebno kako bih ostvario ovaj uspjeh. Također, roditeljima se zahvaljujem na beskrajnom razumijevanju, podršci i motivaciji za upis i završetak studija, kao i na financiranju troškova dokorskog studija.

SAŽETAK

Promet, pogotovo cestovni prijevoz kao jedan dominantnih sustava prijevoza, uzrokuje iznimno negativan utjecaj na okoliš i društvo. Očituje se kroz učestala prometna zagušenja, povećani rizik od prometnih nezgoda, povećanu razinu buke, povećani stres svih sudionika i društva općenito, velike količine štetnih ispušnih plinova koje prijevozna sredstva direktno ispuštaju u okoliš te one koje su ispuštene u procesu proizvodnje pogonskog goriva.

Morske autoceste su pomorski servisi integrirani u logistički lanac *od vrata do vrata* koristeći održive, redovite, učestale, visokokvalitetne i pouzdane short sea shipping veze. Morske autoceste praktičan su primjer definicije kombiniranog (održivog) prijevoza. Radi se o prijevozu intermodalnim načinom gdje je pomorski dio veći dio puta. Sustav morskih autocesta ne zahtjeva značajne infrastrukturne investicije u lukama, ali se za uspješnost servisa podrazumijeva izvrsna integracija s ostalim sustavima prijevoza, u prvom redu željezničkim i cestovnim sustavom prijevoza. Činjenica da se u luci događa interakcija s različitim načinima prijevoza čini luku iznimno važnom karikom u postizanju konkurentnosti i učinkovitosti sustava morskih autocesta. Jednako je bitna komunikacija i protočnost interakcije s brodom, željezničkim ili cestovnim sustavom jer ukoliko samo jedna veza nije besprijeekorna, to se prenosi na pouzdanost i kvalitetu cjelokupnog prijevoznog sustava.

U odnosu na trenutni model funkcioniranja prometnog sustava u Republici Hrvatskoj, gdje je razvoj lučkog i gravitacijskog prometnog sustava prepušten svakoj luci samostalno (šest samostalnih luka), te gdje ne postoji sustavno specijaliziranje svake luke ili pravca, rezultati analize su poražavajući. Oni svjedoče da je trenutni model lučkog sustava Republike Hrvatske neprimjeren za implementaciju sustava morskih autocesta i da ne postoji niti jedan element koji bi opravdao njegovo zadržavanje. Analiza upućuje na zaključak da se znanstvenim pristupom koji uključuje identifikaciju svih relevantnih čimbenika, analizu stanja cjelokupne prometne infrastrukture te identifikacijom kriterija koji utječu na funkcioniranje sustava morskih autocesta, može sigurno i točno odrediti koji je model optimalan za uvođenje održivog sustava morskih autocesta, ali i ocjenu postojećeg modela. Iz analize utjecaja svakog od kriterija zasebno, te svih kombinacija, može se zaključiti da kod implementacije održivog sustava na primjeru prometnog sustava Republike

Hrvatske mogu se izdvojiti dva scenarija (modela) kao optimalni izbor. Radi se o modelima dvije luke i tri luke.

SUMMARY

Transport, especially road transport as one of the modes and a dominant one, has a negative impact on the environment and the society. This is manifested through frequent transport congestions, increased risk of accidents, increased noise levels, increased stress for all stakeholders and the society in general, large amounts of exhaust gas from vehicles that is emitted directly into the environment and fumes discharged in the process of motor fuel production.

Motorways of the Sea are maritime services integrated in the door-to-door logistic chain by using sustainable, regular, frequent, high-quality and reliable short sea shipping connections. Motorways of the Sea are a practical example of the definition for a combined (sustainable) transport. It is intermodal transport mode where maritime transport covers the largest part of the route. Motorways of the Sea system does not require significant infrastructure investments in ports, but success of the service presupposes excellent integration with other transport modes, notably rail and road. The fact that interaction with various transport modes takes place in a port, makes the port a significant factor in the formation of a competitive Motorways of the Sea system. Equally important is the communication and the flow of interaction with a ship, railway or road system because if only one link is not impeccable, it will be reflected in the reliability and quality of the entire system and service.

In relation to the current model of the transport system functioning in the Republic of Croatia where development of port and gravity transport system is left for each port independently (six individual ports), and where systematic specialization of each port and route does not exist, the results of an analysis are devastating. The results testify that current model of the Motorways of the Sea implementation is entirely inappropriate and there is no element that would justify its retention. Analysis implies that scientific approach which includes identification of all relevant factors, state of the art analysis of entire transport infrastructure and identification of criteria which affect the functioning of the Motorways of the Sea system, can safely and accurately determine which model is optimal for the introduction of sustainable Motorways of the Sea system and can determine the evaluation of the current model. From the impact analysis of each individual criteria and all the combinations, it may be concluded that two scenarios (models) may be recognized as optimal choices for the implementation of a sustainable system on the example of the transport system

of the Republic of Croatia. These two models are: a model of two ports and a model three ports.

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
1.1. DEFINIRANJE PROBLEMA, PREDMETA I OBJEKTA ISTRAŽIVANJA	1
1.2. POSTAVLJANJE ZNANSTVENE HIPOTEZE I POMOĆNIH HIPOTEZA	4
ISTRAŽIVANJA	4
1.3. SVRHA I CILJEVI ISTRAŽIVANJA.....	5
1.4. PREGLED RELEVANTNE LITERATURE I DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA	6
1.5. ZNANSTVENE METODE U ISTRAŽIVANJU	9
1.6. KOMPOZICIJA DOKTORSKE DISERTACIJE	9
2. TEMELJNE ODREDNICE ZAŠTITE OKOLIŠA	12
2.1. POJAM EKOLOGIJE	12
2.2. POJAM I VAŽNOST ZAŠTITE OKOLIŠA.....	13
2.3. EKOLOGIJA PROMETA – ZNANSTVENA DISCIPLINA O UTJECAJU	15
PROMETA NA ČOVJEKOV OKOLIŠ.....	15
2.4. ŠTETNI UČINCI ONEČIŠĆENJA ZRAKA.....	17
2.4.1. Učinak na čovjeka	17
2.4.2. Učinak na vegetaciju	19
2.4.3. Učinci na materijale	19
3. DEFINICIJE RELEVANTNIH POJMOVA.....	21
3.1. POJAM I VAŽNOST INTERMODALNOG SUSTAVA PRIJEVOZA.....	23
3.2. POJAM MORSKE LUKE I LUČKOG SUSTAVA.....	29
3.3. RAZVRSTAVANJE LUKA U REPUBLICI HRVATSKOJ.....	32
3.3.1. Luke otvorene za javni promet.....	34
3.3.2. Luke posebne namjene	35
3.4. PRIJEVOZNE JEDINICE INTERMODALNOG SUSTAVA PRIJEVOZA	36
4. ELEMENTI I ZNAČAJKE SUSTAVA MORSKIH AUTOCESTA U SVIJETU I EUROPI	40
4.1. INFRASTRUKTURNI I ORGANIZACIJSKI ELEMENTI POMORSKOG.....	43
SUSTAVA PRIJEVOZA	43
4.2. INFRASTRUKTURNI I ORGANIZACIJSKI ELEMENTI KOPNENOG SUSTAVA	
PRIJEVOZA.....	48
4.2.1. Luke	48
4.2.2. Kopneni terminali.....	51
4.2.3. Željeznički susatv prijevoza	52
4.2.4. Cestovni sustav prijevoza	53
4.2.5. Prijevoz na unutarnjim plovnim putovima.....	54

4.3. ANALIZA ADMINISTRATIVNIH DIONIKA I PROCEDURA	55
4.4. MODELI UPRAVLJANJA SUSTAVOM MORSKIH AUTOCESTA	60
5. DEFINIRANJE I ANALIZA MODELA ZA IMPLEMENTACIJU EKOLOŠKI ODRŽIVOG SUSTAVA MORSKIH AUTOCESTA NA PRIMJERU REPUBLIKE HRVATSKE	63
5.1. RELEVANTNA OBILJEŽJA MORSKIH LUKA OD MEĐUNARODNOGA	64
INTERESA ZA REPUBLIKU HRVATSKU	64
5.2. MOGUĆI MODELI IMPLEMENTACIJE ODRŽIVOG SUSTAVA MORSKIH	65
AUTOCESTA U REPUBLICI HRVATSKOJ U FUNKCIJI ZAŠTITE OKOLIŠA	65
5.3. ANALIZA I USPOREDBA PREDLOŽENIH MODELA IMPLEMENTACIJE EKOLOŠKI ODRŽIVOG SUSTAVA MORSKIH AUTOCESTA	68
5.3.1. Model samostalnih luka	69
5.3.2. Model nacionalno grupiranih luka	70
5.3.3. Model jedne luke	72
5.3.4. Model dvije luke	73
5.3.5. Model tri luke	74
6. ANALIZA I OCJENA KRITERIJA ZA IMPLEMENTACIJU EKOLOŠKI ODRŽIVOG SUSTAVA MORSKIH AUTOCESTA	76
6.1. ANALIZA I OCJENA KRITERIJA EMISIJE ISPUŠNIH PLINOVA	77
6.1.1. Definicija podkriterija emisije ispušnih plinova	77
6.1.1.1. NO _x – dušični oksidi	78
6.1.1.2. SO _x – sumporni oksidi	78
6.1.1.3. CO – ugljični monoksidi	78
6.1.2.4. CO ₂ – ugljični dioksidi	79
6.1.1.5. NMHC – nemetanski ugljikovodici	80
6.1.1.6. PM 10 – čestice, čađa	80
6.1.2. Proračun emisija štetnih ispušnih plinova	81
6.1.2.1. Proračun i analiza kopnenog dijela prijevoza	82
6.1.2.2. Proračun pomorskog dijela prijevoza	90
6.1.2.3. Analiza i usporedba kopnenih i pomorskih prijevoznih sustava	94
6.2. ANALIZA I DEFINICIJA KRITERIJA EKSTERNIH TROŠKOVA PRIJEVOZA	114
6.2.1. Definicija podkriterija eksternih troškova prijevoza	118
6.2.1.1. Eksterni troškovi prometnih nesreća	118
6.2.1.2. Eksterni troškovi uzrokovani bukom prijevoznih sustava	119
6.2.1.3. Eksterni troškovi nastali zbog zagađenja zraka	122
6.2.1.4. Eksterni troškovi nastali zbog klimatskih promjena	123
6.2.1.5. Eksterni troškovi zagušenja	124
6.2.2. Proračun eksternih troškova definiranih relacija	124

6.2.2.1. Proračun i analiza kopnenog dijela prijevoza	124
6.2.2.2. Proračun i analiza pomorskog dijela prijevoza.....	131
6.2.2.3. Analiza i usporedba kopnenih i pomorskih prijevoznih sustava	133
6.3. ANALIZA I DEFINIRANJE KRITERIJA POSTOJEĆIH INFRASTRUKTURNIH	146
KAPACITETA	146
6.3.1. Analiza i definiranje unutar grupe kriterija lučke efikasnosti	146
6.3.1.1. Kapacitet željezničke infrastrukture	147
6.3.1.2. Kapacitet cestovne infrastrukture	149
6.3.1.3. Kapacitet skladišno-manipulativnog prostora TEU	151
6.3.1.4. Kapacitet parkirališnog prostora	152
6.3.1.5. Lučka oprema za manipulaciju kontejnerima.....	154
6.3.1.6. Lučka oprema za manipulaciju vozilima	156
6.3.2. Analiza i definiranje unutar grupe kriterija pristupačnosti luke	157
6.2.3.1. Direktan spoj s željezničkom infrastrukturom.....	158
6.2.3.2. Direktan spoj na mrežu autoputova	159
6.2.3.3. Dubina mora - gaz kontejnerskog terminala	160
6.2.3.4. Dubina mora na Ro-Ro terminalu – gaz [m]	161
6.2.3.5. Dužina operativne obale kontejnerskog terminala [m]	161
6.2.3.6. Dužina operativne obale Ro-Ro terminala [m]	162
6.2.3.7. Sigurnost boravka broda u luci (prirodni uvjeti; učestalost jakih vjetrova, valova, morskih mijena)	162
6.3.3. Analiza i definiranje unutar grupe kriterija sigurnosti prijevoznih sustava	164
6.3.3.1. Sigurnost na željezničkoj infrastrukturi	165
6.3.3.2. Sigurnost na cestovnoj infrastrukturi	167
6.3.3.3. Sigurnost na maritimnom putu prilaza luci.....	168
6.3.3.4. Održavanost željezničke infrastrukture.....	170
6.3.3.5. Održavanost cestovne infrastrukture.....	171
6.3.3.6. Označenost i održavanje plovni putova	171
6.3.3.7. Sigurnost rada u luci (policija, lučka kapetanija, carina, itd.).....	173
7. PRIJEDLOG MODELA ZA IMPLEMENTACIJU EKOLOŠKI ODRŽIVOG SUSTAVA POMORSKIH PROMETNICA.....	176
7.1. VAŽNIJE ZNAČAJKE MODELA I MODELIRANJA.....	176
7.1.1. Sustavna analiza i modeliranje	177
7.1.2. Modeliranje u pomorskom gospodarstvu	179
7.2. PRIMJENA VIŠEKRITERIJSKOG ODLUČIVANJA KOD IMPLEMENTACIJE	180
EKOLOŠKI ODRŽIVOG SUSTAVA MORSKIH AUTOCESTA	180
7.2.1. Općenito o metodama analize ocjenjivanja prometnih projekata.....	181

7.2.2. Osnovne značajke višekriterijskog odlučivanja	183
7.2.3. Metode za rješavanje višekriterijskoga algoritma	187
7.2.4. Temeljne značajke metode PROMETHEE.....	189
7.2.4.1. Proširenje pojma kriterija.....	189
7.2.4.2. Procjena relacije višeg ranga	191
7.2.4.3. Korištenje relacije višeg ranga	192
7.3. DEFINIRANJE KONCEPCIJE I STRUKTURE POTREBNE ZA PRIMJENU	194
VIŠEKRITERIJSKOG ODLUČIVANJA NA IMPLEMENTACIJU EKOLOŠKI	194
ODRŽIVOG SUSTAVA MORSKIH AUTOCESTA.....	194
7.3.1. Pregled kriterija relevantnih za implementaciju ekološki održivog sustava	196
morskih autocesta	196
7.3.2. Pregled mogućih scenarija implementacije održivog sustava morskih autocesta	198
7.4. VREDNOVANJE PREDUVJETA ZA IMPLEMENTACIJU ODRŽIVOG.....	201
SUSTAVA MORSKIH AUTOCESTA.....	201
7.4.1. Vrednovanje scenarija prema kriteriju emisije ispušnih plinova.....	201
7.4.1.1. Definiranje vrijednosti kriterija za modele sl, ngl, 1l.	202
7.4.1.2. Definiranje vrijednosti kriterija za model 2 luke.....	205
7.4.1.3. Definiranje vrijednosti kriterija za model 3 luke	208
7.4.1.4. Vrednovanje scenarija prema definiranim vrijednostima.....	211
7.4.2. Vrednovanje scenarija prema kriteriju eksternih troškova prijevoza	214
7.4.2.1. Definiranje vrijednosti kriterija za modele slobodnih, nacionalno grupiranih te	214
model jedne luke.....	214
7.4.2.2. Definiranje vrijednosti kriterija za model 2 luke	216
7.4.2.3. Definiranje vrijednosti kriterija za model tri luke	218
7.4.2.4. Vrednovanje scenarija prema definiranim vrijednostima.....	220
7.4.3. Vrednovanje scenarija prema kriteriju postojećih infrastrukturnih.....	221
kapaciteta.....	221
7.4.3.1. Vrednovanje potkriterija unutar grupe kriterija lučke efikasnosti	221
7.4.3.2. Vrednovanje potkriterija unutar grupe pristupačnosti luke	225
7.4.3.3. Vrednovanje potkriterija unutar grupe sigurnosti prijevoznih sustava	229
7.4.4. Pregled vrednovanja scenarija prema kriterijima	233
7.5. PRIMJENA VIŠEKRITERIJSKOG ODLUČIVANJA NA IMPLEMENTACIJU	237
EKOLOŠKI ODRŽIVOG SUSTAVA MORSKIH AUTOCESTA	237
7.6. MOGUĆNOST PRIMJENE MODELA I PRIJEDLOG STRATEŠKIH	249
SMJERNICA NA PRIMJERU REPUBLIKE HRVATSKE	249
7.7. TESTIRANJE MODELA IMPLEMENTACIJE ODRŽIVOG SUSTAVA	253

MORSKIH AUTOCESTA PRIMJENOM SWOT ANALIZE	253
8. ZAKLJUČAK	256
POPIS LITERATURE	268
POPIS SLIKA	285
POPIS TABLICA	285
POPIS GRAFIKONA	287
POPIS SHEMA	288
POPIS DIJAGRAMA	288
POPIS PRILOGA	288

1. UVOD

U uvodnom dijelu disertacije pozornost je posvećena sljedećim temama: 1) Definiranje problema, predmeta i objekta istraživanja, 2) Postavljanje znanstvene hipoteze i pomoćnih hipoteza istraživanja, 3) Pregled relevantne literature i ocjena dosadašnjih istraživanja, 4) Svrha i ciljevi istraživanja, 5) Odabir znanstvenih metoda u istraživanju i 6) Kompozicija doktorske disertacije.

1.1. DEFINIRANJE PROBLEMA, PREDMETA I OBJEKTA ISTRAŽIVANJA

Morske autoceste (eng. Motorways of the Sea, skr. MoS) je koncept koji kombinira sve oblike prijevoza u logističku uslugu *od vrata do vrata*. Takva usluga, kao ni prijevoz općenito, nije vezana za ograničena područja (države) i granice mu ne bi smjele biti prepreka već generator razvoja. U isto vrijeme, granice su najčešća prepreka kada se sustavi morskih autocesta razvijaju zasebno po državama.

Sadašnji prijevoznički sustav u regiji razvijen je individualnim aktivnostima pojedinih luka i prijevoznika, te zasebnim strategijama razvoja pojedinačno po zemljama. S obzirom na potencijal, takav sustav nije dovoljno razvijen. Ne postoje jasni ekološki kriteriji prema kojima se može ocijeniti potencijal uspješnosti odnosno smanjenja štetnog utjecaja prometnih aktivnosti na okoliš sadašnjih i budućih sustava morskih autocesta. Rješenje je u sustavnom pristupu, jasno određenim kriterijima implementacije, identifikaciji potencijalno najefikasnijih modela te zajedničkom nastupu i aktivnostima. Strateški dokumenti europske prijevoznike politike naglašavaju ključnu ulogu logistike u osiguravanju održive i konkurentne mobilnosti u Europi te njezin doprinos ostvarivanju ostalih ciljeva, poput čistog okoliša, sigurnosti opskrbe energijom, energetske učinkovitosti, prometne sigurnosti, itd. Prijevoznika logistika obuhvaća planiranje, organizaciju, upravljanje, kontrolu i izvršenje prijevoznika operacija u cijelom procesu prijevoza.

Nacionalni prijevoznički sustavi na razini regija (Sjeverna Amerika, Azija, Europska Unija) nisu jednako razvijeni. Zemlje članice Europske Unije nesumnjivo su dostigle višu razinu razvoja luka i intermodalnoga prijevoznog sustava uopće, no cestovni prijevoz i dalje je dominantan u svim zemljama. Jedan od razloga je i nedovoljna povezanost sudionika, odnosno nedovoljna suradnja i/ili zajednički nastup u bilo kojem području poslovanja. Nadalje, niska je razina suradnje znanstvenih

institucija i privrede, a upravo bi ta suradnja trebala biti generator razvojnih strategija. Nepostojanje informatičkih sustava koji bi promicali i poticali korištenje intermodalnih pravaca i servisa, te logistički olakšavali njihovo administriranje, omogućuje cestovnim prijevoznicima tradicionalan i jednostavan, ali ekološki i socio-ekonomski neprihvatljiv način prijevoza roba i putnika. No, cilj nije isključiti cestovni prijevoz ili se boriti protiv njega, već nizom mjera pridonijeti da intermodalni prijevoz (morem, željeznicom, unutarnjim plovnim putovima, cestom) kao jednostavniji, konkurentniji (financijski i organizacijski) te ekološki i socio-ekonomski prihvatljiviji postane logičan izbor.

Obzirom na spomenuto te činjenicu kako zagušenje cestovnog prometa postaje izrazit problem u funkcioniranju društva, može se zaključiti kako je implementacija novih transportnih rješenja odnosno optimizacija postojećih veoma važna za zaštitu i očuvanje okoliša. Poseban naglasak stavlja se na minimizaciju novih infrastrukturnih investicija obzirom da iste same po sebi vrše dodatan pritisak na okoliš. Razvoj međuoceanog linijskog povezivanja (engl. Short Sea Shipping) i sustava morskih autocesta uz kombiniranje intermodalnog prijevoznog sustava nameće se kao logična rješenja navedenih problema koja je potrebno dodatno analizirati i optimizirati temeljem definiranih kriterija u cilju smanjenja štetnog utjecaja promatranih sustava na okoliš.

Europska komisija 2001. godine uvela je koncept „morskih autocesta“ (Motorways of the Sea - MoS) u Bijeloj knjizi o transportu. Koncept ima za cilj poboljšanje postojećih ili uvođenje novih, integriranih intermodalnih logističkih lanaca temeljenih na pomorstvu, odnosno visokokvalitetnim pomorskim vezama s ograničenim brojem odabranih luka na strateškim pozicijama obala Europske Unije. Krajem ožujka 2011. godine, Europska komisija usvojila je novi paket mjera s ciljem poboljšanja kompetitivnosti i učinkovitosti europskog prometnog sustava. Bijela knjiga o jedinstvenom europskom prometnom području (White Paper: Roadmap to a Single European Transport Area – Towards a competitive and resource efficient transport system¹) predviđa 40 različitih mjera kojima se namjerava unaprijediti mobilnost prijevoza robe i putnika, smanjiti opterećenost ključnih europskih

¹ Commission of the European Communities: White Paper - **Roadmap to a Single European Transport Area – Towards a Competitive and Resource Efficient Transport System**, COM (2011) 144 final, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, ([http://ec.europa.eu/transport/themes/strategies/doc/2011_white_paper/white_paper_com\(2011\)_144_en.pdf](http://ec.europa.eu/transport/themes/strategies/doc/2011_white_paper/white_paper_com(2011)_144_en.pdf)).

prometnih čvorišta, te povisiti stopu zaposlenosti u prometnom i povezanim sektorima. Pritom se poseban naglasak stavlja na održivi razvoj i zaštitu okoliša, pri čemu je, zaključno s 2050. godinom, glavni cilj ukupno smanjenje prometno uzrokovano zagađenja okoliša do 60%.² U kontekstu navedene problematike istraživanja u nastavku se definira znanstveni problem istraživanja.

Implementacija sustava morskih autocesta u određene prometne koridore obzirom na zaštitu i očuvanje okoliša je stihijska, bez teorijske i znanstvene podrške, te ne postoji opće prihvaćena metodologija vrednovanja mogućih modela njihova održivog razvoja prema relevantnim ekološkim kriterijima. Navedeno se posebno odražava na funkcioniranje cjelokupnog lučkog sustava, a to negativno utječe na razvoj sustava morskih autocesta, intermodalnog prijevoznog sustava uopće te zaštitu i očuvanje okoliša. Stoga je prilikom implementacije spomenutih sustava te kreiranja potencijalnih koridora od iznimne važnosti provesti analizu mogućih modela implementacije sustava morskih autocesta s obzirom na:

- lučke sustave,
- prometne koridore (tržišnu potražnju) i
- zaštitu i očuvanje okoliša.

S obzirom na navedeno, definiran je znanstveni problem istraživanja. Obzirom na činjenicu kako ne postoji sustavno istraživanje mogućih modela implementacije sustava morskih autocesta u funkciji zaštite okoliša, odnosno smanjenja štetnog utjecaja prometnih sustava po okoliš, potrebno je konzistentno istražiti, dijagnosticirati i primjereno riješiti sve negativne elemente koje utječu na razvoj i odvijanje sustava u punom potencijalu, a indirektno su povezani s ostalim elementima razvoja.

Temeljem problematike i problema istraživanja determiniran je predmet istraživanja. Predmet istraživanja je istražiti, elaborirati i konzistentno utvrditi sve relevantne značajke i čimbenike odvijanja sustava morskih autocesta kao jednog od podsustava intermodalnog prijevoza, te mogućnosti optimizacije istog u funkciji razvoja ekološki i socio-ekonomski održivog prijevoznog sustava i prometa uopće.

Sukladno spomenutom, potrebno je predložiti model, mjere i aktivnosti za dizajniranje i optimizaciju ekološki i socio-ekonomski održivih, kvalitetnih i konkurentnih modela lučkih sustava te koridora morskih autocesta čime bi se

² Ibidem, p. 3.

osigurao daljnji rast i razvoj ekološki održivog intermodalnog sustava prijevoza, doprinijelo ekonomskom razvitku te gospodarskom rastu uključenih područja s krajnjim ciljem smanjenja iznimno štetnog utjecaja prometnog sustava, posebice cestovnog, na okoliš i ekološke sustave.

Problem i predmet istraživanja definirali su i objekte istraživanja, a to su: sustav morskih autocesta, intermodalni sustav prijevoza, morske luke te okoliš.

1.2. POSTAVLJANJE ZNANSTVENE HIPOTEZE I POMOĆNIH HIPOTEZA ISTRAŽIVANJA

U okviru tako determiniranoga znanstvenog problema istraživanja, predmeta i objekta istraživanja, postavljena je i **temeljna znanstvena hipoteza**: Znanstveno utemeljenim spoznajama o tehnologiji i organizaciji funkcioniranja intermodalnog prijevoza, a posebice o kreiranju sustava morskih autocesta, moguće je predložiti model, mjere i aktivnosti za implementaciju ekološki i socio-ekonomski održivog sustava morskih autocesta čime bi se omogućio daljnji rast i razvoj intermodalnog sustava prijevoza i povećala konkurentnost prometnog pravca.

Hipotezom se dokazuje da adekvatno izgrađen te optimalno strukturiran i vođen sustav morskih autocesta može utjecati na smanjenje štetnog utjecaja prometnih sustava na okoliš. Tako postavljena znanstvena hipoteza obuhvaća više pomoćnih hipoteza:

- Promet i zaštita okoliša kao znanosti i aktivnosti općenito su jedni od temeljnih čimbenika efikasnog i efektivnog razvoja gospodarstva neke države.
- Morske luke su ključni podsustav pomorskog i prometnog sustava te akcelerator prometnih tokova i razvitka brojnih gospodarskih djelatnosti države.
- Zadovoljavajuća razina kvalitete sustava morskih autocesta doprinosi uspješnosti prometnog sustava i povećanja konkurentnosti prometnog pravca. Zadovoljavajuća razina kvalitete odnosi se na sve elemente sustava, s posebnim naglaskom na iznimnu važnost kvalitetne i efikasne zaštite i očuvanja okoliša.
- Sustavna identifikacija ekoloških parametara određenih prometnih koridora važna je za funkcioniranje i razvoj cjelokupnog sustava morskih autocesta, te doprinosi povećanju konkurentnosti pravca.

- Predloženi model implementacije sustava morskih autocesta može osigurati efikasnu i učinkovitu zaštitu okoliša na područjima implementacije.
- Konzistentnim spoznajama o najvažnijim elementima implementacije sustava morskih autocesta moguće je dokazati primjenjivost modela na hrvatski prometni sustav.

1.3. SVRHA I CILJEVI ISTRAŽIVANJA

U izravnoj vezi s problemom i predmetom istraživanja u okviru postavljene hipoteze, te s ciljem dokazivanja postavljene temeljne znanstvene hipoteze determinirani su svrha i ciljevi istraživanja. Cilj istraživanja je istražiti i analizirati u okviru tehničkih znanosti spoznaje o sustavu morskih autocesta, intermodalnom prometnom sustavu, prometnim pravcima, morskim lukama i aktivnostima koje direktno i indirektno utječu na smanjenje onečišćenja i zaštitu okoliša temeljem definicije modela funkcioniranja prijevozničkog servisa u sustavu morskih autocesta. Znanstvenim činjenicama i primijenjenim praktičnim saznanjima o funkcioniranju sustava morskih autocesta potrebno je formulirati rezultate istraživanja te predložiti novi model, mjere i aktivnosti za implementaciju ekološki i socio-ekonomski održivog sustava morskih autocesta čime bi se istodobno osigurala efikasna zaštita okoliša te omogućilo povećanje konkurentnosti prometnog pravca.

Da bi se primjereno riješio postavljeni problem, ostvario predmet istraživanja i dokazala postavljena radna hipoteza te ostvarili svrha i ciljevi istraživanja, u ovoj je disertaciji primjenom znanstvenih metoda potrebno dati odgovore na brojna pitanja od kojih su najvažnija:

- utvrditi temeljne značajke sustava morskih autocesta u prometnom i logističkom sustavu,
- istražiti osnovne značajke za vrednovanje kvalitete sustava morskih autocesta,
- analizirati komparativna svjetska istraživanja za vrednovanje kvalitete sustava morskih autocesta,
- istražiti mjere i aktivnosti koji utječu na uspješnost funkcioniranja uspostavljenog sustava morskih autocesta,
- postaviti strukturu suvremenih kriterija za vrednovanje kvalitete sustava morskih autocesta,

- provesti istraživanje među postojećim organizatorima servisa i utvrditi kriterije kojima se oni rukovode pri pokretanju servisa, odnosno koje elemente usluge smatraju dominantnim u ostvarivanju punog potencijala servisa,
- provesti istraživanje među potencijalnim i trenutnim korisnicima servisa i utvrditi kriterije kojima se oni rukovode pri odabiru načina prijevoza, pravaca, pojedinih operatora servisa, odnosno koje elemente usluge smatraju dominantnim u njihovoj percepciji kvalitete servisa,
- obradom rezultata istraživanja ponuditi organizatorima sustava morskih autocesta model za odlučivanje pri razvoju sustava, pokretanju pojedinačnih servisa te aktivnosti nužne za ostvarivanje maksimalnog učinka sustava.

1.4. PREGLED RELEVANTNE LITERATURE I DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

Problematika implementacije sustava morskih autocesta, obzirom na cjelokupni intermodalni transportni pravac, bazirana isključivo na ekološkim kriterijima, te pripadajućim podkriterijima u izravnoj vezi s istim, relativno je nova u znanstvenim i stručnim razmatranjima te, posljedično, ne postoji velika baza znanstvene i stručne literature. S obzirom da je Europska unija uvela pojam međuobalnog linijskog povezivanja krajem prošlog stoljeća, te da su sustavi morskih autocesta nastali na temelju tog uspješnog koncepta početkom prošlog desetljeća, jasno je da literatura ne može biti opsežna, te se može primijetiti da je svega nekoliko autora razmatralo i rješavalo problem analize uvođenja promatranih sustava.

U znanstvenoj literaturi nisu obrađivani niti prepoznati ekološki kriteriji relevantni za uvođenje novih servisa morskih autocesta i kreiranje ekološki prihvatljivih koridora, odnosno koridora s potencijalno manje štetnim posljedicama po okoliš. Također, ne nalaze se radovi koji predlažu kriterije, mjere ili aktivnosti potrebne za razvoj ekološki i socio-ekonomski održivih sustava morskih autocesta, a koji se odnose na sustavnu identifikaciju optimalnih koridora i problema u njihovu funkcioniranju, osiguravanje zadovoljavajuće razine servisa, te jedinstvenu promidžbu servisa i pravca u ekološkom pogledu.

Dostupna je ograničena znanstvena baza podataka u svezi s provedenim istraživanjima o morskim autocestama i njihovoj implementaciji. Većina podataka odnosi se na Europsku komisiju i njezino nastojanje da se morske autoceste

implementiraju u europski transportni sustav. U svojoj Bijeloj Knjizi o transportu nastaloj u rujnu 2001. godine, Europska komisija je predložila razvoj morskih autocesta kao stvarne konkurentne alternative cestovnom transportu. Kako bi se razvile promatrane smjernice, napominje se kako europski fondovi moraju postati dostupni održivim transportnim sustavima dok morske autoceste moraju postati dijelom transeuropske mreže (TEN-T). Za izradu projekata od europskog interesa određena su četiri koridora:

1. Autoceste Baltičkog mora (koje povezuju zemlje članice na Baltiku s zemljama članicama u srednjoj i zapadnoj Europi uključujući rutu kroz Sjeverno more/Baltički morski kanal),
2. Autoceste mora zapadne Europe (protežu se iz Portugala i Španjolske preko Atlantskog luka prema Sjevernom moru i Irskom moru,
3. ***Autoceste mora jugoistočne Europe (povezuju Jadransko more s Jonskim te Istočnim Mediteranom uključujući i Cipar),***
4. Autoceste mora sjeverozapadne Europe (zapadni Mediteran, povezujući Španjolsku, Francusku, Italiju te Maltu - povezujući ih s morskim autocestama jugoistočne Europe i produžujući do Crnog mora).

Iz znanstvene literature relevantne za rješavanje predstavljenog znanstvenog problema moguće je izdvojiti sljedeće radove i autore: Baird, A.: „EU Motorways of the Sea policy” iz 2005. godine gdje autor prezentira mjere Europske komisije u nastojanju za razvitkom sustava morskih autocesta te aktivnosti koje se poduzimaju. Baird, A.: „The economics of motorways of the sea” iz 2008 prezentira relevantne elemente sustava te ekonomski aspekt i prednosti u odnosu na kopneni prijevoz. Tsamboulas, D., Moraiti, P., Vlahogianni, E. u radu „Assessing the Effect of Infrastructure and Service Attributes on the “Motorways of the Sea” Realization” prezentiraju Bayesian-ove mreže kako relevantni model za vrednovanje različitih scenarija u funkciji razvoja prometa. Tsamboulas D., Lekka, A. M., Moraiti, P. u radu „Evaluation of Motorways of the Sea for developing countries” iz 2011. godine predstavljaju model kojim analiziraju potencijalne koridore i razvijaju klastere luka između kojih je moguće razviti sustav morskih autocesta.

Također, u sklopu dosadašnjih istraživanja značajno je istaknuti i sljedeću znanstvenu literaturu koja analizira mogućnost implementacije promatranih sustava te primjene metode višekriterijske optimizacije u transportnom planiranju:

- Poletan Jugović T., Jugović, A., Karleuša, B.: Solution Valuating in Transport Planning by Implementation of the Multicriteria Optimization, Međunarodni simpozij - Transportation and Globalization, Fakultet za pomorstvo i promet, Portorož, 2006.
- Poletan Jugović, T., Jugović, A., Zelenika, R.: Multicriteria Optimisation in Logistic Forwarder Activities, Promet, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2007.
- Žgaljić, D.: Modeli pomorskih prometnica u funkciji razvoja intermodalnog prijevoza, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet, 2014. doktorska disertacija.
- Žgaljić, D., Cukrov, M., Tsamboulas, D., Chiappetta, A.: The development of Adriatic motorways of the sea for sustainable development of intermodal transportation, POWA 2011, 6. Međunarodno znanstveno savjetovanje „Luke i plovni putovi“, Zagreb, 2011.
- Dundović, Č., Jugović, Alen., Žgaljić, D.: Analysis of Croatian ports in respect to Motorways of the Sea implementation, IMSC 2012 – Međunarodna znanstvena pomorska konferencija, Sveučilište u Splitu, Pomorski fakultet, Split, 2012.
- Jolić, N., Žgaljić, D., Bukljaš Skočibušić, M.: Adriatic Short Sea Shipping development, 5th International conference on maritime transport, „Maritime transport - Technological innovation and research“, Barcelona, 2012.
- Jugović, A., Žgaljić, D., Poletan Jugović, T.: Model poticaja razvoja intermodalnog prijevoza jadranske regije u funkciji održivog razvoja, Pomorstvo, br. 24, Rijeka, 2010.
- Jugović, A., Žanić Mikuličić, J., Maglić, L.: Impact of external costs on the implementation of Motorways of the Sea system, Pomorstvo, br 28, Rijeka, 2014.
- Karleuša, B., Deluka-Tibljša, A., Benigar, M.: Mogućnosti primjene postupaka višekriterijske optimizacije u prometnom planiranju i projektiranju, Suvremeni promet, Hrvatsko znanstveno društvo za promet, Zagreb, 23, 2003., 1-2.
- Kegelj, I., Cukrov, M.: Ecological aspects of intermodal transport through the Adriatic, IMSC 2012 – 4. Međunarodna znanstvena pomorska konferencija, Sveučilište u Splitu, Pomorski fakultet u Splitu, Split, Hrvatska, 2012.

1.5. ZNANSTVENE METODE U ISTRAŽIVANJU

Za potrebe znanstvenog istraživanja koristit će se uobičajeni metodološki instrumentarij, i to raspoloživa dokumentacija i bibliografija, znanstveni članci i ostali izvori s Internet stranica, podaci iz poslovanja pojedinih tvrtki koje sudjeluju u realizaciji prijevoznih i prekrcajnih usluga. Za potrebe istraživanja značajne spoznaje prikupit će se i osobnim kontaktima s predstavnicima poslovnih subjekata koji su uključeni u predmet ovoga istraživanja.

U obradi tematike u ovoj doktorskoj disertaciji koristiti će se, u odgovarajućim kombinacijama, sljedeće metode istraživanja: metode analize i sinteze, metoda kompilacije, metoda komparacije, metoda deskripcije, metoda rangiranja i ocjenjivanja. Za analizu emisije štetnih ispušnih plinova pojedinih transportnih sustava i koridora koristiti će se računalni program EcotransIT.³ Za analizu eksternih troškova pojedinih transportnih sustava i koridora koristiti će se računalni program Microsoft Excel uz korištenje računskih koeficijenata definiranih od strane Europske komisije vezano uz program Marco Polo (Brons, M., Christidis, P.: External cost calculator for Marco Polo freight transport project proposals, 2013.). Istraživanje mogućih modela implementacije ekološki održivog sustava morskih autocesta izvršiti će se postupkom višekriterijske analize; koristiti će se postupak PROMETHEE (Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluations) te računalni program višekriterijskog odlučivanja (programiranja) Promcalc & Gaia V.3.2.

Informacije, materijali, studije, spoznaje i podaci dobiveni korištenjem pisanog materijala i ostalih izvora obradit će se primjenom navedenih metoda uz korektno citiranje tuđih opažanja, stavova, zaključaka i spoznaja.

1.6. KOMPOZICIJA DOKTORSKE DISERTACIJE

Rezultati istraživanja bit će prezentirani u doktorskoj disertaciji u osam (8) međusobno povezanih dijelova.

U prvom dijelu, **UVODU**, definirat će se problem, predmet i objekt istraživanja, postaviti temeljna znanstvena hipoteza i pomoćne hipoteze, odrediti svrha i ciljevi istraživanja, dati ocjena dosadašnjih istraživanja, navesti će se pregled najvažnijih

³ <http://www.ecotransit.org/>

znanstvenih metoda koje će se koristiti u znanstvenom istraživanju i prezentiranju rezultata istraživanja, te prikazati kompozicija disertacije.

U drugom dijelu koji nosi naslov **TEMELJNE ODREDNICE ZAŠTITE OKOLIŠA** pojasniti će se pojam i važnost ekologije te zaštite i očuvanja okoliša.

U trećem dijelu s naslovom, **DEFINICIJE RELEVANTNIH POJMOVA**, pojasnit će se pojam intermodalnog prijevoza, njegove karakteristike i specifičnosti, oblici prijevoza te karakteristike prijevoznih jedinica. Također, detaljno će se pojasniti pojam morske luke i lučkih sustava.

U četvrtom dijelu pod naslovom **ELEMENTI I ZNAČAJKE SUSTAVA MORSKIH AUTOCESTA U SVIJETU I EUROPI** detaljno će se pojasniti sustav međuoalnoga linijskog povezivanja i sustav morskih autocesta. Identificirat će se i detaljno obrazložiti svi infrastrukturni i organizacijski elementi pomorskog i kopnenog sustava, uključene dionike uz obrazloženje njihove uloge i značenja, administrativne procedure koje prate sustav, trenutne odredbe i praksu razmijene potrebne dokumentacije, te detaljno prezentirati modele upravljanja sustava morskih autocesta.

ANALIZA MODELA ZA IMPLEMENTACIJU EKOLOŠKI ODRŽIVOG SUSTAVA MORSKIH AUTOCESTA naslov je petog dijela, u kojem će se detaljno definirati i analizirati mogući modeli implementacije sustava morskih autocesta u funkciji zaštite okoliša te pripadajući kriteriji vrednovanja razvoja i održivosti.

U šestom dijelu koji nosi naslov, **ANALIZA I OCJENA KRITERIJA ZA IMPLEMENTACIJU EKOLOŠKI ODRŽIVOG SUSTAVA MORSKIH AUTOCESTA**, prikazati će se i analizirati rezultati provedenih istraživanja. Analizirat će se metodologija, postupak i mogućnost primjene višekriterijske analize u istraživanju preferencije odabira modela implementacije te uspješnosti, odnosno potencijala sustava u funkciji smanjenja onečišćenja i zaštite okoliša. Postavit će se opći model kriterija kao pomoć u odlučivanju pri organizaciji nacionalnih lučkih sustava te pokretanju određenog prijevoznog servisa. Potom će se analizirati rezultati vlastitih istraživanja za kriterije koji pridonose zaštiti i očuvanju okoliša potencijalnih prijevoznčkih koridora na primjeru Republike Hrvatske, odnosno njezinih morskih luka otvorenih za međunarodni promet i pripadajućih gravitacijskih tržišta.

U sedmom dijelu pod naslovom, **PRIJEDLOG MODELA ZA IMPLEMENTACIJU ODRŽIVOG SUSTAVA MORSKIH AUTOCESTA**, prikazati će se rezultati provedenih istraživanja. Analizirat će se metodologija, postupak i mogućnost primjene višekriterijske analize u istraživanju preferencije odabira implementacije te uspješnosti, odnosno iskoristivosti potencijala sustava. Postavit će se opći model kriterija kao pomoć u odlučivanju pri organizaciji nacionalnih lučkih sustava te pokretanju servisa. Potom će se analizirati rezultati vlastitih istraživanja za kriterije koji pridonose smanjenju onečišćenja i efikasnoj zaštiti okoliša na promatranom području Republike Hrvatske, odnosno pripadajućih gravitirajućih područja.

U posljednjem dijelu, **ZAKLJUČKU**, sustavno i koncizno formulirat će se i prezentirati najvažniji rezultati znanstvenih istraživanja koji će biti opširnije elaborirani u ovome radu, a kojima će se dokazati postavljena hipoteza i pomoćne hipoteze. Predložit će se mjere i aktivnosti za implementaciju održivog sustava morskih autocesta. Na osnovi postignutih spoznaja predložit će se načini i mogućnosti daljnjeg istraživanja ove problematike, odnosno mogućnost usavršavanja i primjene predloženog modela kako u teoriji tako i u praksi.

2. TEMELJNE ODREDNICE ZAŠTITE OKOLIŠA

Industrijska revolucija otvorila je novu stranicu ljudske povijesti. Do tada je odnos čovjeka prema prirodi imao održiva obilježja. Pojavom industrijskog društva stanje se dramatično mijenja, pa stanje poprima neodržive značajke. Naime, industrijska i tehnološka revolucija sve više prijeti razaranjem prirodne ravnoteže i uništenjem pojedinih ekosustava. S druge strane, štete izazvane u biosferi prijete zaustavljanjem razvoja.

2.1. POJAM EKOLOGIJE

Ekologija je znanstvena disciplina koja proučava odnose, tj. interakcije organizma ili skupine organizama i njihova okoliša. Počeci razvoja ekologije kao moderne znanosti započinju sredinom 19. st., što se intenzivira nakon 1859. godine objavljivanjem djela „O podrijetlu vrsta posredstvom prirodne selekcije” Charlesa Darwina. U tom djelu spomenuti je autor obradio problematiku porijekla vrsta, pitanje adaptacije, selekcije, borbe za opstanak, te splet međusobnih odnosa organizma i njihovu interakciju s uvjetima okoliša. Naziv ekologija iskovao je njemački biolog Ernest Haeckel 1866. godine u svome djelu „Opća morfologija organizama” a potječe od grčke riječi oikos, što označava kuću, dom ili boravište. Iako se razvila kao grana biologije, ekologija se, osim onih iz biologije, koristi i saznanjima iz kemije, fizike, matematike, te brojnih drugih prirodnih znanosti.

Svi organizmi, kao jedinke ili populacije, smješteni su u određenom prirodnom okolišu, a o uvjetima prirodnog okoliša ovisi njihov cjelokupan život. Razmnožavanjem, rastom i razvojem organizmi djeluju na svoj okoliš. Ti stalni međusobni utjecaji organizama i okoliša uvjetuju neraskidive veze organizama i okoliša, svojstvene za svaku vrstu organizma, a promjenjive u prostoru i vremenu. Čovjekovom djelatnošću mogu se bitno poremetiti međusobni odnosi organizama i životnog okoliša, a time dalje utjecati na neželjene promjene prirodnog čovjekovog okoliša. Ekologija je jedna od grana biologije, multidisciplinarna i holistička znanost, a kao znanstvena disciplina ne određuje što je „dobro” a što „loše”. Održavajući tj.

ističući važnost biološke raznolikosti i druge povezane ekološke cjeline daje se znanstvena baza za zaštitu okoliša. Posebno važne zadaće moderne ekologije su:⁴

- istražiti i dokazati antropogene promjene u domaćinstvu prirode,
- stvoriti kontrolne mehanizme za njihovo praćenje (monitoring),
- izraditi pouzdane modele sistemskih procesa,
- pravovremeno upozoravati odgovarajuće nacionalne i internacionalne institucije na moguće posljedice,
- pružiti osnove za etički opravdane društveno-političke odluke za očuvanje okoliša, ljudskog društva, biljnog i životinjskog svijeta.

2.2. POJAM I VAŽNOST ZAŠTITE OKOLIŠA

Zaštita okoliša je značajno stručno pitanje u kojem sudjeluju mnoge struke: biolozi/ekolozi, kemičari, geolozi i pedolozi, sociolozi, liječnici, (jer je zaštita okoliša i društveno, pa i filozofsko pitanje), prostorni planeri (građevinari, urbanisti, arhitekti, geografi), te inženjeri raznih struka. Zaštita okoliša je stručno pitanje koje je duboko interdisciplinarno, pa čak i transdisciplinarno.

Prvo pitanje koje se nameće prilikom razmatranja pojma i važnosti zaštite okoliša jest koji su to osnovni problemi u okolišu nastali pod utjecajem čovjeka. Prvi i osnovni problem je eksplozivni porast stanovništva na Zemlji u posljednjih stotinjak godina iz kojeg slijede ostali problemi. To su:⁵

- promjena klime (efekt staklenika tj. zagrijavanje zbog povišenja koncentracije stakleničkih plinova),
- deforestacija i desertifikacija i povećanje erozije, odnosno smanjenje šumskih površina, povećanje pustinskih predjela i degradacija obradivog tla zbog erozije,
- smanjivanje koncentracije ozona u atmosferi,
- smanjenje biodiverziteta zbog izumiranje vrsta,
- onečišćenje i zagađivanje tla, podzemnih voda, površinskih voda, mora i zraka,
- odlaganje i zbrinjavanje sve veće količine otpada.

⁴ Benac, Čedomir: **Zaštita okoliša**, Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet u Rijeci, skripta, Rijeka, 2013., p. 6.

⁵ Ibidem, p. 4.

Zaštitom okoliša osigurava se cjelovito očuvanje kakvoće okoliša, očuvanje prirodnih zajednica, racionalno korištenje prirodnih izvora i energije na najpovoljniji način za okoliš kao osnovni uvjet zdravog održivog razvoja. Osnovni ciljevi zaštite okoliša u ostvarivanju uvjeta za održivi razvoj (ravnoteža između čovjeka i prirode) su:⁶

- trajno očuvanje izvornosti, biološke raznolikosti, prirodnih zajednica i očuvanje ekološke stabilnosti,
- očuvanje kakvoće žive i nežive prirode i racionalno korištenje prirode i njenih dobara,
- očuvanje i obnavljanje kulturnih i estetskih vrijednosti krajolika,
- unapređenje stanja okoliša i osiguranje boljih uvjeta život.

Spomenuti ciljevi postižu se:⁷

- predviđanjem, praćenjem, sprječavanjem, ograničavanjem i uklanjanjem nepovoljnih utjecaja na okoliš,
- zaštitom i uređenjem izuzetno vrijednih dijelova okoliša,
- sprječavanjem rizika i opasnosti po okoliš,
- poticanjem korištenja obnovljenih prirodnih izvora i energije,
- poticanjem upotrebe proizvoda i korištenja proizvodnih postupaka najpovoljnijih za okoliš,
- ujednačenim odnosom zaštite okoliša i gospodarskog razvoja,
- sprječavanjem zahvata koji ugrožavaju okoliš,
- sanacijom oštećenih dijelova okoliša,
- razvijanjem svijesti o potrebi zaštite okoliša u odgojnom i obrazovnom procesu donošenjem propisa o zaštiti okoliša,
- obavještavanjem javnosti o stanju okoliša i njenim sudjelovanjem u zaštiti okoliša,
- povezivanjem sustava i institucija zaštite okoliša Republike Hrvatske s međunarodnim institucijama.

⁶ Ibidem, p. 76.

⁷ Ibidem.

2.3. EKOLOGIJA PROMETA – ZNANSTVENA DISCIPLINA O UTJECAJU PROMETA NA ČOVJEKOV OKOLIŠ

Ekologija dolazi od grčkih riječi „oikos“ (kuća) i logos (riječ, znanje) i može se tumačiti kao „ znanost o odnosima između živih organizama i okoline u kojoj žive“ tj. u našem slučaju između prometa i okoliša. Temeljni procesi kruženja tvari protjecanja energije, izmjene materije i energije između žive i nežive komponente svakog ekološkog sustava i biosfere u cjelini, središnji su problem funkcionalne organizacije tih makrosustava. Osobito na toj razini funkcioniranja, ekologija prestaje biti samo biološka disciplina. Ona pokazuje sve prirodne znanosti, fizikalne, kemijske, geološke i biološke u kompleksnu znanost o prirodi. Ekologija je jako multidisciplinarna znanost o makrosustavima danih na zemlji, čiju strukturu i funkciju istražuje. Iz samog pojma humane ekologije proizlazi da ona izučava odnose između čovjeka i ekološkog sustava okoliša.⁸

Dakle, ekologija prometa bila bi znanstvena disciplina o odnosima između prometa i okoliša i bavila bi se mjerama koje su potrebne da bi se s jedne strane ostvarila i održala za čovjeka takva okolina kakva je nužna za njegovo zdravlje, a s druge strane da se biosfera zaštiti od naknadnih ljudskih postupaka i da se time otklone prouzrokovane štete. Opći odnos čovjeka i okoliša na području prometa može se prikazivati kružnim tokom djelovanja u obliku kauzalnog lanca s neizravnim povratnim učinkom. Posebnu pozornost treba posvetiti razvoju mjernih sustava, i istraživanju uzroka i veličine buke, ispušnih plinova i otpada od prometa. Istraživanja se, trebaju odnositi kako na čovjeka, tako i na floru, faunu i klimu. Jedno od najvažnijih područja ekologije jest tehnika. Ona ne samo da mora biti neškodljiva za okoliš i omogućavati napredak u zaštiti prirode, nego mora razviti i instrumentarij za smanjenje onečišćenja. Kod prometa se to može primjeniti u obliku zamjene (npr. elektromotor umjesto motora s unutrašnjim izgaranjem), od aktivnih zaštitnih mjera na samom izvoru onečišćenja, pa sve do pasivnih mjera za smanjenje emisije (npr. kod buke). U svakom slučaju treba pronaći mjerila za vrednovanje šteta od onečišćavanja i cijenu zaštite okoliša. Osnovno načelo kod ekologije prometa jest da se usporede troškovi zaštitnih mjera s postignutom koristi i da se tako postigne optimum zaštite. Prometom prouzročene ekološke štete nisu ulazile u financijsku

⁸ Golubić, Jasna: **Promet i okoliš**, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 1999., p. 8.

konstrukciju troškova gradnje prometnica, a egzaktni podaci – osim za financiranje nužni su i za planiranje prometne infrastrukture, iz čega proizilazi da se treba zauzimati za ekonomski fundiranu ekološku politiku.⁹

Upravo taj dinamički razvoj cestovnog prometa u svijetu i u nas izazvao je nepoželjne i nepredvidive posljedice za čovjeka i okoliš. Već tijekom šezdesetih godina u velikim svjetskim gradovima pojavio se problem prevelike koncentracije štetnih tvari u okolišu, koje su posljedica procesa transformacije energije (izgaranje-toplina- mehanička energija) posebice od cestovnih vozila. Uvjetovan sve bržim gospodarskim rastom i razvojem, cestovni promet u svijetu naglo raste, što se odrazilo i na sve veće zauzimanje prostora, povećanje buke i vibracija, neracionalan utrošak energije, onečišćenje vode i tla te negativno djelovanje na ukupnost okoliša. Na temelju sadašnjih trendova razvitka prometa, može se predvidjeti da će značajke cestovnog prometa u 2030. godini za mnoge zemlje članice OECD-a biti sljedeće:

- znatno će se povećati broj automobila i ukupnih prijeđenih udaljenosti, u odnosu na 1990. (do dvaput više), iako će vozila biti štedljivija i manje štetna po okoliš, ubrzani rast mogao bi utjecati na porast onečišćenja,
- potrošnja goriva po vozilu u istoj usporedbi neznatno će se smanjiti,
- benzin i dieselsko gorivo bit će i dalje najrašireniji izvor energije uz mali porast uporabe alternativnih vrsta goriva,
- jačanje cestovnog teretnog prometa biti će snažnije od automobilskeg.

Logično je da će usporedno s ovakvim pojačanjem cestovnog prometa doći do njegovog i dalje štetnog utjecaja na okoliš 2030. godine. Unatoč svakoj predvidivoj politici, emisije ugljik (II) oksida iz prometa do godine 2030. će se udvostručiti što će pridonijeti opasno visokim koncentracijama atmosferskog CO₂. Očekuje se i daljnje povećanje uporabe zemljišta za potrebe prometne infrastrukture što vodi višim razinama onečišćenja vode, uništenju stajališta, gubitku bioraznolikosti i narušavanju zajednica. Iako će se emisije dušičnih oksida, ugljičnog monoksida, krutih čestica i hlapljivih organskih spojeva smanjiti znatnije u odnosu na njihove razine iz 1990. godine, postoje dokazi da bi povećanje broja vozila i daljina putovanja mogli preokrenuti te pozitivne trendove.

⁹ Ibidem p. 10.

2.4. ŠTETNI UČINCI ONEČIŠĆENJA ZRAKA

Različita su istraživanja dokazala da onečišćenje zraka loše utječe na cijeli ekološki sustav – od oštećenja zdravlja ljudi i životinja i oštećenja vegetacije do propadanja materijala, klimatskih promjena i na druge načine. U ovom će se poglavlju, stoga, posebice obraditi negativan učinak onečišćenog zraka na čovjeka, vegetaciju te materijale.

Dokazano je da onečišćenje zraka raznim onečišćivačima različito utječe na čitav ekološki sustav u obliku oštećenja zdravlja ljudi i životinja, oštećenja vegetacije, propadanja materijala, klimatskih promjena i na druge načine. Neki od tih učinaka su karakteristični i lako uočljivi, kao npr. oštećenja vegetacije i materijala, smanjenje vidljivosti, dok su drugi nespecifični i teško mjerljivi, npr. zdravstveni učinci na ljude i životinje.

2.4.1. Učinak na čovjeka

Najznačajnije djelovanje onečišćenog zraka je ono koje djeluje na ljudsko zdravlje. Najznačajnije studije o učincima čestica iz onečišćenog zraka na zdravlje proveli su američki istraživači Schwartz, Dockery i Pope u prvoj polovici 1990-ih. Oni su ustanovili da postoji statistički značajna veza između povećane koncentracije čestica u zraku i stope smrtnosti odnosno zdravstvenog stanja stanovništva. Učinci onečišćivača, ovisno o trajanju izlaganja onečišćenju, mogu biti akutni i kronični. Akutni se manifestiraju brzo, nakon kratkog izlaganja (najviše do nekoliko dana), dok se kronični vide tek nakon duljeg perioda izlaganja, zbog čega ih je i teže uočiti. Dugotrajna izloženost onečišćenom zraku može, dakle, izazvati kronične bolesti, koje u iznimnim slučajevima mogu završiti i smrću. Na utjecaj onečišćivača iz zraka posebno su osjetljiva predškolska djeca, te osobe s kroničnim bolestima pluća i srca.¹⁰

Osim toga, različiti zagađivači mogu izazvati slične efekte, pa se ne mogu jasno razdvojiti utjecaji pojedinih zagađivača. Najočigledniji utjecaj koji zagađeni zrak ima na ljudsko zdravlje su bolesti respiratornih organa (astma, bronhitis, emfizem, rak pluća) – jer zagađivači iz atmosfere udisanjem najlakše ulaze u tijelo. Čovjek u minuti, pri mirovanju, udahne 15 – 18 puta, pri čemu se sa svakim udisajem unosi u pluća oko 0,5 litara zraka, što iznosi prosječno oko 11.500 litara na dan. Ako se sa

¹⁰ Ibidem p 36.

zrakom koji se udiše unosi i zagađivač, respiratorni sustav ima nekoliko načina obrane od ulaska stranih tijela. Već se u nosu zaustave veće čestice, koje se uhvate u dlačice i dolaze u sloj sluzi koja oblaže nosnu šupljinu i dušnik. Čestice manje od nekoliko μm prolaze kroz gornji dio respiratornog sustava bez zaustavljanja. Neke od tih čestica talože se na zidovima bronhija, dok sitnije prodiru duboko u pluća. Dubina prodiranja plinovitih zagađivača u plućno krilo ovisi ponajprije o njegovoj topljivosti. Oni koji su topljivi apsorbiraju se u gornjem dijelu respiratornog sustava. Npr. od najčešćih plinovitih zagađivača sumporni dioksid je u vodi najtopljiviji (11,3 g/100ml pri 293 K), pa se više od 90 % ukloni već u nosu i dušniku. Ostali zagađivači su znatno manje topljivi (ugljik (II) oksid – 0,0038; dušični oksid – 0,006; ugljik (IV) oksid – 0,16; kisik – 0,004g na 100ml).¹¹

Zagađivači uneseni u pluća izazivaju različite tegobe koje ne moraju biti karakteristične za samo jedan zagađivač. Npr. i sumpor (IV) oksid i formaldehid nadražuju nos i grlo i povećavaju otpornost prolazu zraka, a dušični dioksid i ugljik (II) oksid umanjuju sposobnost hemoglobina u prenošenju kisika. Tako je zasada ustanovljeno da sumporni oksidi povećavaju respiratorne bolesti, osobito bronhitis i rak pluća; ugljični monoksid izaziva glavobolju i povraćanje te komu i smrt u težim slučajevima, kao i slabljenje kardiovaskularnog sustava; fotokemijski oksidanti nadražuju oči, dišne putove i grlo ; a metali (bakar, srebro, živa) blokiraju enzimsku aktivnost, ili (zlato, kadmij, bakar, olovo) mijenjaju propustljivost staničnih membrana, ili (selen, berilij, kadmij, kobalt, krom, mangan, nikal, i olovo) izazivaju rak.¹²

Čestice manjeg promjera opasnije su za zdravlje jer mogu prodrijeti dublje u respiratorni trakt i trajno se nataložiti u plućima. Zato se potencijalnom opasnošću za ljudsko zdravlje smatraju čestice manje od 10 mikrometara. One prolaze kroz gornji dio dišnog sustava bez zaustavljanja. Neke se talože u bronhijima, a najsitnije prodiru dublje u pluća. Dubina prodiranja onečišćivača iz zraka u pluća ovisi o njegovoj topljivosti. Oni koji su više topljivi, apsorbiraju se već u gornjem dijelu dišnog sustava.

¹¹ Ibidem.

¹² Ibidem, p. 37.

2.4.2. Učinak na vegetaciju

U usporedbi sa životinjama i ljudima, biljke su najosjetljivije i prve reagiraju na onečišćivače iz zraka. S obzirom na to, oštećenje vegetacije štetnim tvarima iz zraka jedan je od prvih indikatora onečišćenja zraka. Učinci se mogu manifestirati kao pigmentacijske, klorotične i nekrotične promjene, te morfološki učinci. Kod slabijih učinaka dolazi do poremećaja biokemijskih i fizioloških procesa, zbog kojih se javljaju promjene u rastu biljaka, sposobnosti za razmnožavanjem itd. Kronični učinci najčešće rezultiraju promjenom boje lišća, a kod najsnažnijih utjecaja može doći do uginuća biljnih vrsta i podbacivanju prinosa.

Što se šumske vegetacije tiče, najveće je oštećenje od zakiseljavanja tla, a štetno djeluju i povećane koncentracije SO_2 i ozona jer mogu izazvati oštećenje lišća. Za zakiseljavanje tla je u prvom redu odgovorno taloženje sumpora. Na poljoprivredne usjeve najviše utječe djelovanje onečišćivača preko lišća. Štetni plinovi ulaze u biljku zajedno sa zrakom kroz pore na lišću, gdje dolazi do reakcije između onečišćivača i klorofila pri čemu se on uništava, te se javlja poremećaj u procesu fotosinteze.¹³

2.4.3. Učinci na materijale

Izravnim djelovanjem zagađivača na materijalna dobra dolazi do postupnog propadanja materijala zbog kemijskih reakcija koje se pri tome događaju. Brzina propadanja i oštećenja ovisi o prisustvu vlage, sunčeva svjetla i o promijenama temperature. Količina vodene pare u atmosferi je vrlo važna, jer mnogi zagađivači tek u prisustvu vode reagiraju agresivno na materijale s kojima dođu u kontakt. Za neke metale postoji određena kritična vrijednost atmosferske vlažnosti iznad koje dolazi do naglog porasta brzine korozije. Dok vlaga u maloj količini potpomaže štetno djelovanje na materijalna dobra, dotle vlaga u obliku padalina umanjuje brzinu korozije, vjerojatno zbog učinka razređenja zagađivača apsorbiranih na površini materijala. Međutim, padaline iznad velikih urbanih i industrijskih sredina su često kisele zbog apsorpcije zagađivača u atmosferi iznad tih područja. U takvim slučajevima štete prouzročene kiselošću padalina mogu biti vrlo velike, osobito u biljnom i životinjskom svijetu. Utjecaj sunčeva svjetla se očituje u potpomaganju

¹³ Ibidem, p. 31.

fotokemijskih reakcija koje dovode do stvaranja mnogih oksidanata, dok je utjecaj temperature očit zbog poznatih učinaka koje ona ima na brzinu kemijskih reakcija.¹⁴

Propadanje materijala se ogleda u koroziji metala, pojačanom oštećenju pročelja zgrada, oštećenju zaštitnog sloja boje na obojenim površinama itd. Tako je npr. potrošnja automobilskih guma i gumenih proizvoda veća u područjima s povećanom koncentracijom smoga, zbog toga jer su gume i elastomeri posebno osjetljivi na ozon. Troškovi nastali zbog djelovanja zagađivača na ljudsko zdravlje, biljni i životinjski svijet te materijalna dobra, su vrlo veliki. Izravne koristi koje bi pristekle i takvog smanjenja teško je procijeniti, ali je opće prihvaćeno da bi bile znatno veće od troškova kontrole izlučivanja zbog znatno manjih šteta na čovjekovu okolinu.¹⁵

¹⁴ Ibidem, p. 37.

¹⁵ Ibidem.

3. DEFINICIJE RELEVANTNIH POJMOVA

Intermodalni prijevoz samo je jedan od načina prijevoza. Unatoč uvriježenom mišljenju da je to „proizvod“ novijeg vremena, intermodalni prijevoz poznat je jako dugo. Prvi je oblik intermodalnog prijevoza bio prijevoz u posudama, bačvama ili sličnim oblicima gdje god se je veća količina tereta prevozila u jedinicama. Izvrsno rješenje s obzirom da su to u isto vrijeme i skladišni prostor i prijevozne jedinice. Nastao je kao logičan odgovor na potrebu ljudi trošiti manje energije i vremena za prijevoz, a ostvariti veći učinak. Bila je to optimizacija procesa i osiguravanje pouzdanosti kao čista potreba i jednostavno rješenje. Dokaz smislenosti takvog načina prijevoza je i to što se je neovisno razvijao u više civilizacija, nekoliko tisuća godine unazad, a njegova praktičnost i izvrsnost je dokazana činjenicom da se je održao do danas. Jedina razlika je što su danas prijevozne jedinice promijenile oblik i karakteristike, no smisao je isti.

Pretpostavlja se da su prvi oblici četvornih kontejnera nastali u Engleskoj 1792. godine gdje su željezni sanduci prevozili ugljen prvo tramvajem vođenim konjskom zapregom pa pretovareni na riječne barže.¹⁶ Mada je od tada prošlo više od dvije stotine godina, zanimljiva je činjenica da se pretovar obavljao dizalicom koja je bila u mogućnosti manipulirati sa sanducima nosivosti dvije tone. Od tada pa sve do početka prošlog stoljeća, intermodalni prijevoz je rastao i napredovao, no ne značajnim koracima. U isto vrijeme promet u svijetu se značajno povećao. Luke kao glavna čvorišta postale su vrlo velike i važne za zajednicu i gospodarstva. Prometna infrastruktura općenito se značajno razvila. Parni stroj, te kasniji razvoj motora na fosilna goriva, donijeli su pravu revoluciju u prometnom smislu. Dogodila se je industrijska revolucija, porasla je potreba društva za proizvodima, posljedično povećala se je proizvodnja i čarobni krug se zatvorio. Potražnja generira proizvodnju koja podiže standard društva i omogućuje povećanu potrošnju i stalnu potrebu. Između proizvodnje i potrošnje je prijevoz koji sudjeluje u svim fazama. Dostavlja sirovinu proizvodnji, razvozi između više faza proizvodnje i na kraju proizvod dostavlja potrošačima. Značajan je razvoj prometnog sustava koji rezultira izgradnjom cesta, željeznica, skladišta, luka, itd. Zapošljava se veliki broj radnika. No tada se uviđa problem, luke kao čvorišta između više načina prijevoza postaju uska grla. Za jednostavnu manipulaciju iskrcaja ili ukrcaja broda potrebno je puno radnika i

¹⁶ Perkner, Radim: *Intermodal transportation*, Union College, New York, 2001., p. 5.

previše vremena, cijena pretovara je vrlo visoka, a i dolazi do problema krađa i oštećenja roba. Posebice zbog utjecaja vremena. To je u logističkom smislu problem i usko grlo razvoju. Kao rezultat nastoji se optimizirati proces i u vrijeme Prvoga svjetskog rata u opticaj ulazi 10-stopni kontejner nazvan „Trinity Freight Unit“. No, u to vrijeme vrlo jak utjecaj željeznice i njezinog razmišljanja da zajednički kombinirani prijevoz nije od njihovog interesa, usporavaju razvoj. Posebice je tome doprinijela američka Interstate Commerce Commission (ICC) koja regulatornim aktima onemogućava poštenu tržišnu utakmicu kombiniranom prijevozu i favorizira željeznicu i konvencionalan način prijevoza.

U to vrijeme dogodio se je i Drugi svjetski rat te značajan rast prometa i nepodnošljiva potreba za promjenom i optimizacijom u logističkom smislu. Prekretnica je 1954. godina kada ICC donosi promjenu politika¹⁷ i njihove odluke omogućavaju razvoj intermodalnog prijevoza. Posljedično, veliki američki cestovni prijevoznik, Malcom McLean, 1956. godine prepoznaje prednosti prijevoza unificiranih jedinica (kontejnera) morem te kako bi ostvario svoju viziju, prodaje uspješno prijevozničko poduzeće, kupuje brodarsku kompaniju i počinje dužobalni servis. Prenamijenjuje brod za rasuti teret kako bi imao mogućnost prijevoza kontejnera te ostvaruje značajan uspjeh i postaje primjer ostalima koji ga slijede. Ovo se s pravom može nazvati prekretnica i jedan od najznačajnijih trenutaka u razvoju intermodalnog sustava prijevoza. Slijedi globalno prepoznavanje vrijednosti ovog načina prijevoza, razvoj unificiranih prijevoznih jedinica (kontejnera), njihova standardizacija te razvoj vezane prometne infrastrukture (specijaliziranih kontejnerskih brodova i luka, željeznice, itd.). Intermodalni prijevoz do danas nije ostvario svoj maksimum. U neprestanom je rastu i razvoju koji se uglavnom svodi na optimizaciju procesa i prijevoznih jedinica (kontejnera, brodova, vagona, itd.).

Postavljanje određenih mogućih modela implementacije te optimizacija i racionalizacija upravljanja sustava morskih autocesta u funkciji zaštite okoliša nezamislivi su bez poznavanja teorije i osnovnih značajki relevantnih pojmova. Stoga je u ovom dijelu potrebno posvetiti pozornost sljedećim temama: (1) Pojam i važnost intermodalnog prijevoza, (2) Pojam morske luke i lučkog sustava (3) Prijevozne jedinice intermodalnog sustava prijevoza.

¹⁷ O tome detaljnije cf: Ibidem, p. 8.

3.1. POJAM I VAŽNOST INTERMODALNOG SUSTAVA PRIJEVOZA

Prijevoz je specijalizirana djelatnost koja pomoću prometne suprastrukture i prometne infrastrukture omogućuje proizvodnju prometne usluge. Prevozeći robu (teret, materijalna dobra), ljude i energiju s jednog mjesta na drugo, prijevoz organizirano svladava prostorne i vremenske udaljenosti. „Prijevoz“ i „transport“ jesu sinonimi. Izraz „transport“ ima međunarodno značenje, a nastao je od latinske riječi *transportare* koja znači prenositi i novonastale riječi *transportus* u značenju *prijevoz*, *prevoženje*, *prenošenje*¹⁸.

Promet u užem smislu obuhvaća prijevoz ili transport, ali i operacije u vezi s prijevozom robe i putnika (ljudi) te komunikacije. Ta se definicija „prometa“ temelji na znanstveno utemeljenim logističkim načelima. Operacije (radnje) u vezi s prijevozom koje obuhvaća „promet“ jesu: ukrcaj (utovar), iskrcaj (istovar), prekrcaj (pretovar), sortiranje, tramakanje, smještaj slaganje, punjenje i pražnjenje kontejnera, signiranje (obilježavanje) koleta i sl. Komunikacije u prometnome smislu znače djelatnost koja pomoću posebnih tehničkih sredstava organizirano prenosi vijesti, tekst, podatke, slike, odnosno prevozi poštanske pošiljke. Sadržajnom značenju izraza „promet“ odgovara na engleskom jeziku izraz *traffic*¹⁹.

Svjetska i domaća literatura poznaje mnogo pojmova koji se vezuju za prijevoz tereta s više od jednim načinom prijevoza (pomorski, željeznički, unutarnji plovni putovi, cestovni, zračni). Najčešći su multimodalni, višenačinski, kombinirani, intermodalni, integralni, komodalni, itd. Mnogi autori su kroz povijest davali definicije i pojašnjenja pojmova te danas postoji određena konfuzija u značenju i definiranju. Razumljivo s obzirom da se ovakav način prijevoza stalno razvija, mijenja u tehničkom, pravnom i administrativnom (logističkom) smislu te da su autori kroz prošlost davali definicije koje su tada predstavljale stvarnost. Osnovni problem je u definiranju pojmova multimodalni, kombinirani i intermodalni prijevoz. Nekoliko značajki definiraju i prave razliku:

- organizacija prijevoza (broj ugovora o prijevozu i broj organizatora prijevoza),
- korištenje standardizirane prijevozne jedinice,
- omjer prevezenog puta u odnosu na način prijevoza.

¹⁸ Zelenika, Ratko: **Pravo multimodalnoga prometa**, Sveučilište u Rijeci, Ekonomski fakultet u Rijeci, 2006., p. 16.

¹⁹ Ibidem, p. 17.

Za jedno od tumačenja²⁰ multimodalnog prijevoza (eng. Multimodal Transport) karakteristično je; (1) da su u međunarodnome multimodalnom prijevozu „operatori multimodalnog prijevoza“ i primatelj robe u dvije različite države; (2) da se za prijevoz robe u međunarodnome multimodalnom prijevozu obavlja s najmanje dva različita prijevozna sredstva, odnosno da u takvome prijevoznom procesu sudjeluju najmanje dvije različite grane prometa; (3) da se cjelokupni pothvat međunarodnoga multimodalnog prijevoza temelji samo na jednom ugovoru o prijevozu što ga je operator multimodalnog prijevoza sklopio s pošiljateljem robe; (4) da se za cjelokupni pothvat međunarodnoga multimodalnog prijevoza ispostavlja ili pribavlja samo jedna isprava o prijevozu robe, i (5) da cjelokupni proces međunarodnoga multimodalnog prijevoza izvršava ili organizira samo jedan operator, odnosno operator multimodalnog transporta (eng. Multimodal Transport Operator, skr. MTO), a to je najčešće špediter koji ujedinjuje djelatnosti špeditera i prijevoznika.

Isti autor definira da je za kombinirani prijevoz (eng. Combined Transport) karakteristično; (1) da se prijevoz robe (u pravilu sipkog, rasutog tereta) obavlja s najmanje dva različita prijevozna sredstva iz dvije različite prometne grane; (2) da se u prijevoznom pothvatu u pravilu sklapa onoliko ugovora o prijevozu koliko je sudjelovalo prijevoznih grana, odnosno različitih prijevoznih sredstva; (3) da se pribavlja ili ispostavlja onoliko isprava o prijevozu koliko je zaključeno ugovora o prijevozu, i (4) da cjelokupni prijevozni proces može organizirati jedan ili više operatera (eng. Combined Transport Operator, skr. CPO). Uočava se razlika koju autor postavlja u smislu organizacije prijevoza. Kod multimodalnog prijevoza sastavlja se jedan ugovor o prijevozu odnosno samo jedna isprava o prijevozu dok se kod kombiniranog sastavlja onoliko ugovora i isprava koliko načina prijevoza se koristi (npr. pomorski, željeznički i cestovni).

Za jasno razumijevanje pojmova nužno je analizirati nekoliko sljedećih izvora. Europska komisija je upotrijebila pojam intermodalnosti za opis prijevozničkog sustava gdje su barem dva načina prijevoza korištena za osiguravanja (omogućavanje, eng. complete) usluge *od vrata-do vrata*²¹. Međunarodni forum za transport (eng. International Transport Forum)²² izdao je 2001. godine dokument pod

²⁰ Ibidem, p. 24.

²¹ European Commission Communication COM (1999) 317 Final, p. 10.

²² Međunarodni forum za transport (eng. International Transport Forum) je međuvladina organizacija osnovana 1953. godine (do 2007. godine European Conference of Ministers of Transport – ECMT)

nazivom *Terminologija kombiniranog prijevoza* (eng. *Terminology on Combined Transport*) u kojem postavlja definicije ova tri pojma:

- **multimodalni prijevoz**: prijevoz dobara koristeći dva ili više načina prijevoza,
- **intermodalni prijevoz**: kretanje dobara u jednoj i jedinstvenoj prijevoznoj jedinici ili cestovnom vozilu, koji uspješno koristi dva ili više načina prijevoza, bez samog pomicanja dobara kod promjena načina prijevoza.²³ Pomicanje dobara u ovome slučaju ne odnosi se na pomicanje primjerice kontejnera ili kamionske prikolice, već pomicanja (prekrcaja) dobara (robe, tereta) iz/u kontejner ili sa/na prikolicu,
- **kombinirani prijevoz**: intermodalni prijevoz pri kojem je veći dio puta na području Europe prevezen željeznicom, unutarnjom plovidbom ili morem s time da je početni i/ili krajnji dio puta prevezen cestom što je moguće kraći. Ekonomska komisija za Europu Ujedinjenih naroda²⁴ potvrdila je definiciju Međunarodnog foruma za transport i definira intermodalni prijevoz kao „kretanje dobara u jednoj i jedinstvenoj prijevoznoj jedinici ili cestovnom vozilu koji uspješno koristi dva ili više načina prijevoza, bez micanja dobara kod promjena načina prijevoza“.

Dakle, analizirajući definicije može se zaključiti da je osnovno obilježje sva tri načina prijevoza korištenje dva ili više načina prijevoza. Multimodalni prijevoz najšireg je karaktera, a intermodalni prijevoz je praktični primjer multimodalnog prijevoza uz uvjet da se teret prevozi u standardiziranoj prijevoznoj jedinici (npr. kontejner) ili na kamionskoj prikolici koja je ukrcana na brod, baržu, vlak ili avion. Kombinirani prijevoz je pak podsustav intermodalnog prijevoza uz uvjet da je početna ili krajnja dionica prijevoza cestom što je kraća moguća. U ovom slučaju, broj organizatora prijevoza, te da li se prijevoz obavlja preko jedne ili više država ne pravi razliku. Ove definicije osnovnih pojmova maksimalno pojednostavljaju pojmovnik, uvriježene su u novijoj svjetskoj literaturi i trebale bi predstavljati točne definicije.

Postoji određeni problem u definicijama kombiniranog prijevoza. Sama riječ „kombinirani“ u hrvatskom jeziku vjerojatno je nastala kako prijevod engleske riječi

koju čine ministri prometa 43 zemlje punopravne članice i sedam pridruženih članica. Djeluje kao forum s ciljem razvoja politika u sektoru prometa od zajedničkog interesa.

²³ U dodatku, pojam intermodalnost se koristi za opis prijevoznog sustava gdje su dva ili više prijevozna načina korištena za prijevoz iste prijevozne jedinice ili vozila na integrirani način, bez punjenja ili pražnjenja, a u sustavu *od vrata-do vrata*.

²⁴ United Nations Economic Commission for Europe (UNECE).

„combined“, a ona od latinske riječi „combinare“ čije značenje je „povezati u jedno“.²⁵ Jednostavnim tumačenjem moguće je shvatiti kombinirani prijevoz kao bilo koju vrstu prijevoza, bilo da se radi o prijevozu unificiranih prijevoznih jedinica ili ne, koji uključuje dva ili više prijevozna načina. U tom slučaju tumačenje ovog pojma slaže se s tumačenjem Zelenike za pojam kombinirani prijevoz, no ne i s tumačenjem Međunarodnog foruma za transport za isti pojam već za se poklapa s njihovom definicijom multimodalnog prijevoza. Razlika je očita jer Međunarodni forum za prijevoz ne prepoznaje organiziranje prijevoza (u smislu broja ugovora o prijevozu i broja organizatora prijevoza) kao bitan element kod definiranja pojmova.

Ukoliko se taj element isključuje iz definiranja pojma, definicije Međunarodnog foruma za prijevoz vrlo jednostavno su primjenjive uz uvjet da se pojam „kombinirani prijevoz“ zamjeni pojmom „održivi prijevoz“ (eng. sustainable transport), ili točnije „održivi intermodalni prijevoz“ (eng. sustainable intermodal transport, skr. S-Intermodal, S-Modal, SI-Modal). Riječ „održivi“ primjerenija je načinu prijevoza koji karakterizira ovaj model prijevoznog sustava. Radi se o modelu u kojem je kombinirano nekoliko načina prijevoza (npr. brod, željeznica i kamion) koristeći standardiziranu prijevoznu jedinicu (npr. kontejner) ili prikolicu, u kojem je cestovni dio kraći dio puta. Korištenje što većeg pomorskog dijela puta, te u kraćem dijelu putovanja željezničkog ili sustava prijevoza na unutarnjim plovnim putovima, u svakom slučaju omogućava održivi razvoj s aspekta društva i očuvanja okoliša.

Za potpuno razumijevanje ovoga dijela te tehnologije i načina prijevoza nužno je i definiranje pojma međuobalnog prometnog povezivanja i sustava morskih autocesta. Prema definiciji, međuobalno prometno povezivanje (eng. Short Sea Shipping, skr. SSS) je kretanje tereta morskim putem između luka koje su smještene unutar Europe u geografskom smislu i/ili između tih luka i luka smještenih u državama izvan Europe, a koje imaju obalnu liniju na moru koje graniči s Europom. Uz dodatak da to uključuje i *feederling*. Međuobalno prometno povezivanje je praktičan primjer pomorskog dijela intermodalnog prijevoza.

Sustav morskih autocesta („morske autoceste“, eng. Motorways of the Sea) je postojeći ili novi pomorski servis integriran u logistički lanac *od vrata-do vrata* koristeći održive, redovite, učestale, visokokvalitetne i pouzdane *short sea shipping*

²⁵ Zelenika, Ratko: **Pravo multimodalnoga prometa**, Sveučilište u Rijeci, Ekonomski fakultet u Rijeci, 2006., op. cit., p. 21.

veze. Sustav morskih autocesta praktičan je primjer definicije kombiniranog (održivog) prijevoza. Radi se o prijevozu intermodalnim načinom gdje je pomorski dio veći dio puta. Dakle, može se reći da je sustav morskih autocesta širi pojam od *short sea shippinga*, da za razliku od njega uključuju i kopneni dio puta (samo cestovni ili i željeznički), ali da je pomorski dio puta organiziran prema konceptu *short sea shippinga*. U ovakvoj objašnjenju pojma sustava morskih autocesta korištena tehnologija (RO-RO, LO-LO, itd.) nije definirajući element. Istodobno, svjetska i domaća literatura, kao i cijeli prometni sustav složan je u mišljenju da je intermodalni način prijevoza od iznimne važnosti za razvoj društva. Odnosi se to na gospodarstvo, ali i održivost razvoja s aspekta ekologije i zaštite okoliša. Problem se očituje u negativnom utjecaju na okoliš emisijom štetnih ispušnih plinova, potrošnjom energije, povećanjem buke, prometnim zagušenjima, povećanom riziku od prometnih nezgoda te povećanoj razini stresa svih sudionika. Sve to jasno dokazuje da postoje određena ograničenja cestovnog prijevoza te postoji izravan negativan učinak na društvo i okoliš.

Efikasan prijevoznički sustav osnovni je preduvjet konkurentnosti. Tvrdnja da je intermodalni prijevoz generator razvoja samo je djelomično točna. Točnije je da je transport općenito generator razvoja nekog područja, odnosno teret koji se treba prevesti. Razvoj prometnog sustava (izgradnja infrastrukture) i njena eksploatacija kroz korištenje prometne infrastrukture (npr. željeznički ili cestovni prijevoznici) i organizaciju prijevoza tereta (logističke tvrtke) vrijedni su elementi razvoja gospodarstva tog područja. Izgradnja infrastrukture i prijevoznih jedinica potiče proizvodnju, eksploatacija kroz primjerice osnivanje i funkcioniranja prijevozničkih tvrtki ili logističkih operatera stvara tijekom novca i omogućuje potrošnju. Sve su to ekonomski čimbenici nužni za razvoj gospodarstva. No, promet ima i negativne posljedice. U prvom redu tu su društveni odnosno socio-ekonomski (zagušenje prometa, povećanje buke, povećanje prometnih nesreća, povećanje razine stresa u zajednici, itd.) te ekološki problemi (visoke emisije štetnih ispušnih plinova). Intermodalni prijevoz odgovor je na zahtjev i potrebu društva da se maksimalno umanje te negativne posljedice razvoja. Intermodalnost omogućuje prijevoz dostatan održivom razvoju društva, ali na, za društvo, prihvatljiv način. To je razlog stalnih napora usmjerenih razvoju pomorskih, željezničkih te sustava unutarnje plovidbe

kako bi se što više tereta preusmjerilo na more, unutarnje plovne putove ili željeznicu.²⁶

Intermodalni prijevoz, posebice sustav *od vrata-do vrata*, u potpunosti je usmjeren korisniku. Ponuđena mu je i osigurana viša razina usluge i sigurnosti njegovog tereta. S obzirom na posvećenost korisniku, intermodalni prijevoj pruža uslugu koja je fleksibilna i omogućuje više poslovnih opcija te brži odziv na izazove poslovanja i prilagodbe tržištu. Rezultat takvog modela usluge je povećano očekivanje korisnika nego što je to bilo u prošlosti. Intermodalni prijevoz u svojoj osnovi smanjuje broj transportnih (prekrcajnih) operacija, maksimalno iskorištava kapacitete transportne infrastrukture (brod ili željeznica) i time smanjuje troškove što povećava zadovoljstvo korisnika.

Intermodalni prijevoz je neiskoristiv za neke vrste tereta koje su izrazito velikih dimenzija. Uobičajeno je da se u kontejnerima prevozi teret veće vrijednosti i osjetljivosti na mogućnost štete. No izrazite prednosti logističkog koncepta intermodalnog prijevoza, rezultiraju sve većim udjelom u odnosu na konvencionalni rasuti teret. Kontejnerizacija se događa i kod tereta za koji se smatralo da je najbolji način prijevoza u rasutom stanju (šećer, žito i sl.). Pronalaze se tehnološka rješenja krcanja u *jumbo bags* ili sl. te potom prevoziti u kontejnerima. U kemijskoj industriji, koju najčešće obilježava visoka cijena i osjetljivost tereta, rapidno se uvode tank kontejneri, ne samo zbog prijevoza, već i zbog njihove sekundarne uloge, jer ujedno služe kao skladišni prostor. Ovakav način prijevoza omogućuje prijevoznicima, u prvom redu brodarima, nebrojene mogućnosti optimizacije svojih kapaciteta i ponude usluga. U odnosu na klasične brodove za prijevoz generalnog tereta, s lakoćom se prevozi mnogo različitih vrsta tereta, u potpunosti iskorištava zatvoreni brodski prostor i višestruko iskorištava otvoreni prostor. Kontejneri omogućuju slaganje u visinu i time povećanje brodskih kapaciteta. Omogućeno je brodarima povezati više luka i u njima jednostavno vršiti iskrcaj ili utovar tereta, brzo i efikasno. Na taj način logistički transportni sustav se izrazito unapređuje i otvaraju se mnoge mogućnosti.

S obzirom na navedeno može se zaključiti da je kontejner, ta jednostavna tehnologija razvijena da pojednostavi i ubrza prijevoz, pridonio svjetskoj globalizaciji. On je omogućio da se tradicionalna industrija premjesti na drugi kraj svijeta, ali da u

²⁶ Žgaljić, Dražen: **Modeli pomorskih prometnica u funkciji razvoja intermodalnog prijevoza**, Rijeka, 2014., (Doktorski rad, neobjavljeno), p. 17.

isto vrijeme gotovi proizvodi dođu brzo, jednostavno i jeftino do kupaca. Dakle, omogućio je da se proizvodnja iz razvijenih država gdje je skupa radna snaga i sirovina, premjesti u nerazvijene krajeve i potakne njihov rast, društveni i gospodarski razvoj. U isto vrijeme, omogućio je smanjenje troškova i pad cijene proizvoda, što je rezultiralo da je velika količina roba sada postala dostupna mnogim tržištima te svjetsku potaknulo potrošnju. Dakle, globalizacija i intermodalni prijevoz u uzajamnoj su vezi.

3.2. POJAM MORSKE LUKE I LUČKOG SUSTAVA

Zbog specifičnog položaja i uloge morskih luka u gospodarskom i prometnom sustavu, teško je dati jedinstvenu definiciju luke. Postoje mnogobrojne definicije, ovisno o tome s kojeg se stajališta luka ili lučki sustav razmatraju. S ekonomskoga gledišta, luka je složeni, dinamički i stohastički (pod)sustav cjelokupnoga gospodarskog sustava jedne pomorske države s odgovarajućim kapacitetima (lučkom infrastrukturom, suprastrukturom i ljudskim potencijalom), u kojemu se sučeljavaju (izravno i/ili neizravno) gotovo sve grane prometa i koji omogućava proizvodnju lučkih usluga (ukrcaj, iskrcaj i prekrcaj predmeta prijevoza) te obavljanje mnogobrojnih logističkih usluga, a lociran je uz more, u kojemu se povezuju funkcije, poslovi, interesi svih aktivnih sudionika prometnoga sustava (nacionalnoga i međunarodnoga) u jedinstveni racionalni integralni proces.²⁷

Uloga luke u prometnom sustavu je specifična. Luka ne pripada ni jednoj prometnoj grani, ali je ključna točka u povezivanju pomorskog prometa i svih oblika kopnenog prometa. Time je luka temeljna karika u funkcioniranju prijevoznog procesa i transportne usluge. Njezina je uloga u svjetskom prometu, ali i u procesu raspodjele i razmjene dobara čime se zatvara cijeli proizvodni ciklus, iznimno važna jer se 4/5 cjelokupne svjetske međunarodne robne razmjene odvija morem. Svaka pomorsko-prijevozna usluga počinje i završava u luci.²⁸

Lučki sustav može se definirati kao dio svjetskog prometnog sustava u kojem se odvijaju promjene između osnovnih nositelja pomorskog i kopnenog prometa. Opravdano je lučki sustav razmatrati s aspekta povezanosti unutarnjih i vanjskih

²⁷ Zelenika, Ratko; Skender Pavlić, Helga: *Upravljanje logističkim mrežama*, Ekonomski fakultet u Rijeci, Sveučilište u Rijeci, Rijeka, 2007., p. 68.

²⁸ Detaljnije o tome cf.: Kesić, Blanka: *Ekonomika luka*, Pomorski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2003., p. 11-19.

čimbenika jer on svoju ulogu ostvaruje pružanjem usluga pri premještanju tereta i/ili putnika s jednog na drugo prijevozno sredstvo. Da bi lučki sustav pravilno funkcionirao i ostvarivao postavljene ciljeve, nužno je da svi elementi sustava djeluju povezano. Svi ovi međusobno povezani elementi tvore dinamički sustav koji je determiniran lučkom infrastrukturom, suprastrukturom, prijevoznim sredstvima, sustavom veza, tehnologijom, organizacijom, itd. U procesu proizvodnje lučkih usluga koriste se objekti i sredstva za rad koja se prema načinu sudjelovanja u proizvodnji lučke usluge (aktivno ili pasivno) mogu svrstati u tri skupine, i to:

- lučka infrastruktura (podgradnja),
- lučka suprastruktura (nadgradnja) i
- lučka pokretna mehanizacija.

Lučku infrastrukturu sačinjavaju svi objekti na terenu i u akvatoriju luke ili terminala koji istodobno služe svim radnim organizacijama, lučkim organima i institucijama koje imaju bilo kakve aktivnosti u tom prostoru.²⁹ Infrastrukturni objekti su nepokretna sredstva za rad u luci, tzv. pasivni objekti koji ne proizvode lučku uslugu, ali služe za organiziranje i obavljanje lučke djelatnosti. Lučka podgradnja (infrastruktura) jesu lukobrani, operativne obale i druge lučke zemljišne površine, objekti prometne infrastrukture (npr. lučke cestovne i željezničke prometnice, vodovodna, kanalizacijska, energetska, telefonska mreža, objekti za sigurnost plovidbe u luci i sl.).³⁰ Lučka nadgradnja (suprastruktura) jesu nepokretni objekti izgrađeni na lučkom području kao što su npr. upravne zgrade, skladišta, silosi, rezervoari i sl. Te lučki kapitalni prekrcajni objekti (npr. dizalice i sl.), a nazivaju se aktivnim objektima jer se neposredno koriste u proizvodnji lučke usluge.³¹ Lučka pokretna mehanizacija je skupni izraz za mobilnu mehanizaciju (transportna sredstva i uređaje) koja služi za ukrcaj, iskrcaj ili prekrcaj tereta na brodove i s brodova te za rukovanje teretom u lučkom prostoru, uključujući i ploveće objekte (remorkere, bagere, grtalice, maone i dr.).³²

Lučki sustav je posebno važan segment valoriziranja mora i pomorske orijentacije države, a zajedno s brodarstvom i brodogradnjom temeljna je karika pomorskog gospodarstva. Stvaranje jakog pomorskog gospodarstva postiže se

²⁹ Kirinčić, J.: **Luke i terminali**, Školska knjiga, Zagreb, 1991., p. 10.

³⁰ Ibidem, p. 11.

³¹ **Zakon o morskim lukama**, Narodne Novine, no. 108/1995., 108 i 6/1996.

³² Dundović, Čedomir; Kesić, Blanka: **Tehnologija i organizacija luka**, Pomorski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2001., p. 20.

razvijanjem svih njegovih segmenata koji su međusobno čvrsto vezani i uzajamno tvore jedinstvenu cjelinu. Luke u tome imaju posebnu važnost jer su one primarna polazišta razvoja pomorskog gospodarstva. S obzirom na ulogu i značenje luke, odnosno lučkog sustava u gospodarstvu određene države i međunarodnoj robnoj razmjeni, s aspekta teorije sustava, uvažavajući metodološka pravila funkcioniranja sustava, potrebno je razmatrati: cjelovitost, razgraničenje sustava, neizoliranost, dinamiku, interdisciplinarnost, vjerojatnost, materijalističku dijalektiku, realno uopćavanje, dijalektički pristup, te uzajamnost analize i sinteze.³³ Sustavni pristup izučavanju pojava temelji se na načelima od kojih su najznačajnija sljedeća:³⁴

- načelo kompleksnosti (složenosti) – sustavna je cjelina sastavljena od manje složenih dijelova (podsustava),
- načelo integralnosti (cjelovitosti) – pri oblikovanju podsustava treba se rukovoditi funkcioniranjem cjeline,
- načelo dinamičnosti (promjenjivosti) – pri upravljanju sustavom treba zadržati nepromjenjive odnose između ključnih elemenata sustava,
- načelo interdisciplinarnosti – omogućava cjelovito sagledavanje sustava,
- načelo usmjerenosti odlučivanju – upravljanje sustavom ostvaruje se donošenjem odluka koje se temelje na kvalitetnim informacijama,
- načelo samoorganiziranosti – sustav bi se trebao moći prilagođavati nizmijenjenim uvjetima,
- načelo otvorenosti – između sustava i okoline treba postojati protok informacija, što pridonosi mijenjanju sustava pod utjecajem okoline.

Lučki sustav tek je podsustav u ukupnom gospodarstvu države gdje je mnogo podsustava međusobno povezanih vertikalnim i horizontalnim spregama. Jedan podsustav u okviru cjelokupnog sustava nije jednoznačno determiniran, nego ovisi o aspektu promatranja i cilju koji se želi time ostvariti. Stoga se jedna karika sustava (npr. lučki podsustav) mora sagledavati na različite načine, u odnosu na različito djelovanje vertikalnih i horizontalnih veza u sustavu, jer se tako zadovoljava cjelovitost postavljenog zadatka koji se razmatra. Lučki podsustav ne može se promatrati izolirano, samo sa stajališta svojstava luke, jer se time dobiva jednostrana

³³ Detaljnije o tome cf.: Kesić, Blanka: ***Ekonomika luka***, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2003., op.cit., p. 19.

³⁴ Mrnjavac, Edna: ***Pomorski sustav***, Pomorski fakultet, Sveučilište u Rijeci, 1998., p. 32-33.

ocjena stanja i otkriva se tek dio problematike. Tu je problematiku potrebno sagledati interdisciplinarno, s aspekta svih korisnika lučkih usluga i svih sudionika u prometu.

Tako se otvara pogled u razne dijelove i vidove lučke problematike pa je moguće stvoriti cjelovitu spoznaju o međusobnoj povezanosti i ovisnosti luke s jedne, te elemenata gospodarskog sustava koji se koriste lukom s druge strane. Pritom se mora poštivati i pravilo dinamičnosti razmatranja, odnosno sposobnosti prilagođavanja spoznajama i potrebama djelovanja neke luke do kojih se došlo kako unutar samoga lučkog sustava, tako i u odnosu na makrosustav. Makrosustav djeluje na luku pa se lučki sustav, da bi opravdao svoje postojanje i odigrao svoju funkciju u gospodarskom sustavu države, mora prilagođavati postavljenim ciljevima i zahtjevima. Lučki podsustav unutar pomorskog, odnosno širega prometnog i gospodarskog sustava, jest sustav izrazito velike složenosti sa snažnim vezama unutar podsustava, odnosno s vezama prema drugim podsustavima i sustavima.

Pri utvrđivanju uloge luke ili lučkog sustava potrebno je provesti detaljnu analizu svih relevantnih čimbenika što utječu na veličinu i značenje luke ili lučkogsustava u cjelini uvažavajući sustavni pristup³⁵ kako bi se osigurao cjelovit, otvoren, neizoliran, interdisciplinaran i dinamičan pregled sustava te dobila stvarna međuovisnost pojava. Organizacija sustava morskih luka ne može se izučavati bez provođenja određenih analiza i sinteza. Odnosno, da bi se cjelovito sagledala određena luka ili cijeli lučki sustav neke države, potrebno je postaviti model luke u sklop okruženja koje na tu luku djeluje te proučiti i definirati djelovanje sustava i povratnih sprega luka ili lučkog sustava i međusustava.

Uspješnost luke ili cijeloga lučkog sustava jedne pomorske države najbolje se vidi sagledavajući luku kao slojevit gospodarski subjekt, istražujući vanjske i unutarnje čimbenike kojima luka djeluje na svoje uže i šire okruženje te na temelju ekonomskih rezultata, boljih ili lošijih efekata poslovanja i snažnije ili slabije sprege makro- i mikro- aspekata djelovanja luke.

3.3. RAZVRSTAVANJE LUKA U REPUBLICI HRVATSKOJ

Luke imaju vlastita obilježja, što zahtijeva razvrstavanje prema većem broju usvojenih kriterija – ekonomskom, pravnom i zemljopisnom – jer ne postoji jedinstvena općeprihvaćena podjela luka. Razni autori različito su podijelili luke, tako

³⁵ Detaljnije o tome cf.: Ibidem, p. 32-33.

da nema jedinstvene, općeprihvaćene podjele. Luke se svrstavaju u pojedine kategorije prema³⁶:

- svom geografskom položaju,
- funkciji koju obavljaju,
- vodostaju,
- načinu gradnje,
- veličini,
- funkciji,
- vrsti prometa ili
- prema nekim drugim osnovnim obilježjima ili kriterijima.

Svrstavanje luke u jedan od mogućih kriterija ima znatnih nedostataka jer nema jedinstvene tipologije koja bi obuhvaćala sve karakteristične oblike luka, a navedeni kriteriji jednako vrednuju veće ili manje značajke što se odnose na luke te u stvarnosti nema luka koje se razvrstavaju prema samo jednom kriteriju. Razvrstavanje morskih luka u Republici Hrvatskoj zakonski je regulirano, tj. temelji se na zakonima i pravnim propisima koji određuju i determiniraju položaj određene luke u prometnom sustavu države. U Republici Hrvatskoj na području pomorstva osnovna zakonska regulativa su Pomorski zakonik³⁷ iz 2004. i Zakon o pomorskom dobru i morskim lukama³⁸ iz 2003. godine koji je nadomjestio Zakon o morskim lukama iz 1995. godine. Način i kriteriji razvrstavanja luka razrađeni su u Odluci o uvjetima za razvrstaj luka otvorenih za javni promet.³⁹ Pri kategorizaciji luka vrednuje se:

- veličina prometa,
- cestovna i željeznička povezanost sa zaleđem,
- instalirani lučki kapaciteti,
- učestalost brodskih linija.

Ovim se kriterijima prvi put jasno definiraju i sistematiziraju hrvatske morske luke te se određuje njihov položaj u prometnom sustavu države, odnosno jasno se određuje njihov status prema ostalim lukama, čime bi se trebao omogućiti optimalan razvoj upravo onih luka koje imaju najbolje pretpostavke, dok bi luke manje važnosti planirale svoj razvoj u lokalnim okvirima. Razvrstavanje luka provedeno je na temelju

³⁶ Jugović, Alen: **Racionalizacija upravljanja županijskim morskim lukama u Republici Hrvatskoj**, Rijeka, 2008., doktorska disertacija (neobjavljeno), p. 20.

³⁷ **Pomorski zakonik**, Narodne novine, no.181/2004.

³⁸ **Zakon o pomorskom dobru i morskim lukama**, Narodne novine, no.158/2003.

³⁹ Ibidem.

nekoliko različitih kriterija;⁴⁰ Prema namjeni luke se dijele na luke otvorene za javni promet i luke posebne namjene. Prema veličini i značenju za Republiku Hrvatsku luke otvorene za javni promet dijele se na: luke osobitoga (međunarodnoga) gospodarskog interesa za Republiku Hrvatsku, luke županijskog značenja i luke lokalnog značenja. Prema djelatnostima koje se obavljaju u lukama za posebne namjene luke se dijele na: vojne luke, luke tijela unutarnjih poslova, luke nautičkog turizma, industrijske luke, sportske luke, ribarske luke i dr. Prema značenju za Republiku Hrvatsku luke posebne namjene mogu biti: luke od značenja za Republiku Hrvatsku i luke od županijskog značenja. Resorni ministar donosi propis o razvrstavanju luka te ako nastupe okolnosti prema kojima neka od luka udovolji mjerilima za drugačije razvrstavanje, lučka uprava, županijsko ili gradsko poglavarstvo mogu podnijeti prijedlog za drugačije razvrstavanje.⁴¹

3.3.1. Luke otvorene za javni promet

Luke otvorene za javni promet su morske luke koje pod jednakim uvjetima može upotrebljavati svaka fizička i pravna osoba sukladno s njezinom namjenom i granicama raspoloživih kapaciteta.⁴² Upravljanje, izgradnja i održavanje luka otvorenih za javni promet odvija se putem lučke uprave. Lučka uprava je neprofitna pravna osoba na koju se primjenjuju odredbe Zakona o pomorskom dobru i morskim lukama. Zakon, sukladno s glavnim opredjeljenjem, upravljanjem, održavanjem i izgradnjom luka od njihova gospodarskog interesa, detaljno razrađuje mehanizme za provođenje ovakvog modela. Primjer je razgraničenje uloge države od uloge privatnopravnih osoba, kako u vlasničkom, tako i u upravljačkom pogledu.

Odlukom o osnivanju lučke uprave određuje se lučko područje, odnosno pomorsko dobro nad kojim se proteže nadležnost lučke uprave, te utvrđuju lučke djelatnosti i objekti podgradnje i nadgradnje na tom području. Lučku upravu mogu osnovati Vlada Republike Hrvatske ili županijsko poglavarstvo. U Republici Hrvatskoj formirano je šest lučkih uprava za luke od osobitoga (međunarodnoga) gospodarskog interesa za Republiku Hrvatsku te 19 lučkih uprava za luke

⁴⁰ Kesić, Blanka: *Ekonomika luka*, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2003., op. cit, p. 27-28.

⁴¹ Prijedlog o drugačijem razvrstavanju luke može se podnijeti nakon isteka roka od dvije godine od donošenja posljednjeg propisa o razvrstavanju luka.

⁴² *Zakon o pomorskom dobru i morskim lukama*, Narodne novine, no.158/2003., op.cit., čl. 2.

županijskog i lokalnog značenja. Način upravljanja lukama te organiziranje i struktura lučkih uprava ovise o razvrstavanju luka s obzirom na njihovu važnost u prometnom i lučkom sustavu Republike Hrvatske, a to je uvjetovano veličinom lučkog prometa, stanjem i veličinom lučkih kapaciteta te povezanošću luke s kopnenim zaleđem.

Razvrstavanjem pojedine luke u neku od zakonskih kategorija utvrđuje se osnivač lučke uprave te način pribavljanja sredstava za izgradnju kapitalnih objekata lučke podgradnje i nadgradnje. Razvrstavanjem, odnosno kategorizacijom luka na osnovi stvarnih prometnih i ostalih parametara, Republika Hrvatska se ujedno odredila prema glavnim prometnim pravcima. Djelatnost lučke uprave je:⁴³

- gradnja i održavanje lučke podgradnje koja se financira iz proračuna osnivača lučke uprave,
- briga o gradnji, održavanju, upravljanju, zaštiti i unapređenju pomorskog dobra⁴⁴ koje predstavlja lučko područje,
- stručni nadzor nad gradnjom, održavanjem, upravljanjem i zaštitom lučkog područja (lučke podgradnje i nadgradnje),
- osiguravanje trajnog i nesmetanog obavljanja lučkog prometa, tehničkotehnološkog jedinstva i sigurnosti plovidbe,
- osiguravanje pružanja usluga od općeg interesa ili onih za koje ne postoji gospodarski interes drugih gospodarskih subjekata,
- usklađivanje i nadzor rada ovlaštenika koncesije koji obavljaju gospodarsku djelatnost na lučkom području,
- donošenje odluke o osnivanju i upravljanju slobodnom zonom na lučkom području sukladno s propisima koji uređuju slobodne zone,
- drugi poslovi utvrđeni zakonom.

3.3.2. Luke posebne namjene

Osim luka otvorenih za javni promet, Zakon normira i luke posebne namjene, što predstavlja podjelu luka prema namjeni. Luke posebne namjene jesu one u posebnoj uporabi ili one koje gospodarski koriste pravne ili fizičke osobe (luka nautičkog turizma, industrijska luka, ribarska luka i dr.) ili državna tijela (vojna luka).

⁴³ Ibidem, čl. 50.

⁴⁴ Pomorsko dobro sačinjavaju unutarnje morske vode i teritorijalno more, njihovo dno i podzemlje te dio kopna koji je po svojoj prirodi namijenjen općoj uporabi ili je proglašen takvim, kao i sve što je s tim dijelom kopna trajno spojeno na površini ili ispod nje.

Upravljanje lukom posebne namjene povjereno je nositelju koncesije za luku posebne namjene. Postaviti univerzalne kriterije za uspješno funkcioniranje luka posebne namjene nemoguće je iz razloga što način i oblik upravljanja takvom lukom ponajprije ovise o njezinoj funkciji i nositelju koncesije kao glavnom upravitelju, a ti subjekti su raznoliki i mnogobrojni. Stoga će upravljanje lukama posebne namjene biti izuzeto iz ove disertacije.

3.4. PRIJEVOZNE JEDINICE INTERMODALNOG SUSTAVA PRIJEVOZA

Kompleksnost i mnogobrojnost kombiniranja više načina prijevoza i prijevoznih tehnologija u intermodalnom prijevozu dovelo je do velikog broja i vrsta prijevoznih jedinica koje se danas koriste. Prva podjela kaže da standardizirane prijevozne jedinice koje se koriste u intermodalnom prijevozu, koje definira i definicija ovog načina prijevoza, su kontejner i prikolica. No, tom popisu treba dodati i izmjenjive sanduke (eng. *swap body*). Sva tri imaju prednosti i nedostatke, te se koriste više ili manje ovisno o načinu prijevoza i samoj vrsti tereta.

Kontejner je tehničko sredstvo kojim se prevozi roba (teret) na prijevoznom sredstvu (brod, vagon, baržu, avion, prikolicu), a ujedno služi kao skladišni prostor. Mnoge su definicije kontejnera, ali najuobičajenija je Međunarodne organizacije za standardizaciju (eng. International Standardisation Organisation, skr. ISO): kontejner je transportno spremište pravokutnog presjeka ovih obilježja:

- trajnog je oblika, otporan, za višestruku uporabu,
- konstruiran je da omogućava prijevoz robe s jednim ili više transportnih sredstava bez prekrcaja svoga sadržaja,
- opremljen je uređajima za lako i brzo rukovanje,
- lako se puni i prazni,
- mora biti izrađen sa zapreminom od najmanje 1 m³.⁴⁵

Važno je napomenuti da dužine 10', 20' i 30' kontejnera u stvarnosti iznose 9', 19' i 29' kako bi se omogućilo slaganje, poklapanje i prijevoz s 40' jedinicama. U Sjedinjenim Američkim Državama standardizirani i klasificirani su i 45', 48' i 53' kontejneri, ali to nije slučaj u Europi. No, tržište je prepoznalo vrijednost 45'-nog kontejnera koji prihvaća slaganje paleta u dvije širine (eng. *45' pallet wide container*)

⁴⁵ Vranić, Duško; Kos, Serđo: *Morska kontejnerska transportna tehnologija I.*, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci, 2008., p. 15.

te njihova zastupljenost značajno raste te se predviđa skoro standardiziranje prema ISO-u. Njihova širina je 2,55 m te se njime može rukovati uobičajenom tehnologijom.

Osnovna podjela kontejnera je u šest grupa⁴⁶:

- kontejneri za prijevoz generalnog tereta, u koje spadaju zatvoreni kontejneri s vratima na jednoj strani, ili sa strane, kontejneri s otvorenim krovom i stranicama, skeletni kontejneri, kontejneri s pola visine i kontejneri s prirodnom ventilacijom (ventilirani),
- „temperaturni“ kontejneri koji se dijele na izolacijske, rashladne i grijane kontejnere,
- tank-kontejneri ili kontejneri-cisterne za prijevoz tekućina i komprimiranih plinova,
- bulk-kontejneri ili kontejneri za prijevoz rasutih tereta u koje se ukrcaj obavlja slobodnim padom ili pod pritiskom,
- kontejneri-platforme (eng. flat container) koji na sebi nemaju nikakvih tehničkih naprava „nadgrađa“, nego samo podlogu (ili bazu),
- kontejneri specijalne namjene koji se dijele u dvije grupe: u kontejnere za prijevoz žive stoke i sklopive kontejnere.

Postoji još mnogo podjela kontejnera koje razlikuju vrste kontejnera prema: namjeni, materijalu, korisnoj nosivosti, konstrukciji, mjestu korištenja i vrsti robe koju prevozi.⁴⁷ Prema namjeni, kontejneri se dijele na: univerzalne kontejnere namijenjeni prijevozu ambalažne robe, i specijalni kontejneri namijenjeni prijevozu jedne ili nekoliko istovrsnih roba za koje se moraju osigurati posebni uvjeti prijevoza (npr. tekući teret, cement). Prema materijalu od kojeg su izrađeni, kontejneri se dijele na: drvene, čelične, gumene, plastične, aluminijske, olovne te kontejnere izrađene od različitih slitina. Prema korisnoj nosivosti, dijele se na: lake kontejnere (mali i srednji) – mali volumena od 1 do 3 m³, a srednji od 3 do 10 m³, i teške kontejnere koji obuhvaćaju sve jedinice volumena iznad 10 m³. Prema konstrukciji, dijele se na: sklopive, nesklopive, i s uređajem za samoistovar ili bez njega. Prema mjestu korištenja, dijele se na: kontejnere za unutarnji prijevoz, kontejnere za lokalni prijevoz, i kontejnere za međunarodni prijevoz. Prema vrsti tereta koji prevoze, dijele se na:

⁴⁶ Ibidem, p. 19.

⁴⁷ Ibidem, p. 16.

- univerzalne zatvorene kontejnere s vratima na čelu ili na boku za prijevoz pakirane komadne te paletizirane robe,
- kontejnere s krovom koji se može otvarati i vratima na čelu i boku za prijevoz robe u pakiranom ili rasutom stanju različite granulacije,
- otvorene kontejnere s pokrivačem ili bez njega (eng. open top container) za prijevoz ugljena, šljunka, koksa, i ostalih vrsta tereta koji podnose atmosferske utjecaje,
- kontejnere cisterne za prijevoz tekućina, tekućeg plina itd.,
- kontejnere cisterne za prijevoz prašinih materijala (npr. cement, brašno i sl.) te ostale sitnozrnate robe,
- kontejnere s niskim stranicama za prijevoz teških vozila i koleta,
- kontejnere platforme za prijevoz izvangabaritnih tereta,
- kontejnere za prijevoz stoke.

Izmjenjivi sanduk (eng. *swap body*) prema svojim osobinama zadovoljava sve kriterije definicije kontejnera, no za razliku od standardiziranih ISO kontejnera, nema čvrstu oplatu i time nije pogodan za slaganje u visinu. Njegova široka primjena je u prijevozu cestovnim i željezničkim načinom. Prijevozna jedinica je dizajnirana i izvedena da se maksimalno iskorištava unutrašnji prostor (omogućava slaganje dvije širine Euro palete – 80 cm x 1,2 m), standardnih je vanjskih dimenzija kao i ISO kontejneri što omogućava korištenje u načinima prijevoza, ima malu težinu kako bi se trošilo što je manje energije za prijevoz te snizilo cijenu proizvodnje. Europski institut za standard (CEN) izradio je standarde europskih izmjenjivih sanduka koji su primjenjivi u mnogim europskim zemljama. Najzastupljeniji su klase C dužina 7,15, 7,45 i 7,82 metra te klase A kod kojih su najčešći dužine 12,50 i 13,60 metara. Negativna karakteristika je nestabilna konstrukcija koja ne omogućava slaganje u visinu (u nekim izvedbama do maksimalno tri visine) i nemogućnost uobičajene manipulacije poput ISO kontejnera. Zbog toga je ova vrsta standardizirane jedinice uobičajena u cestovnom i željezničkom načinu prijevoza. No, u novije vrijeme raste broj izmjenjivih sanduka s čvrstim krovom i osnovnom konstrukcijom koji poništavaju taj nedostatak. Posebnost je što su mnoge jedinice opremljene s četiri sklopive noge koje se integriraju u donji dio konstrukcije, a koje omogućuju jednostavnu zamjenu (eng. *swap*) prijevozne jedinice ili ostavljanje na

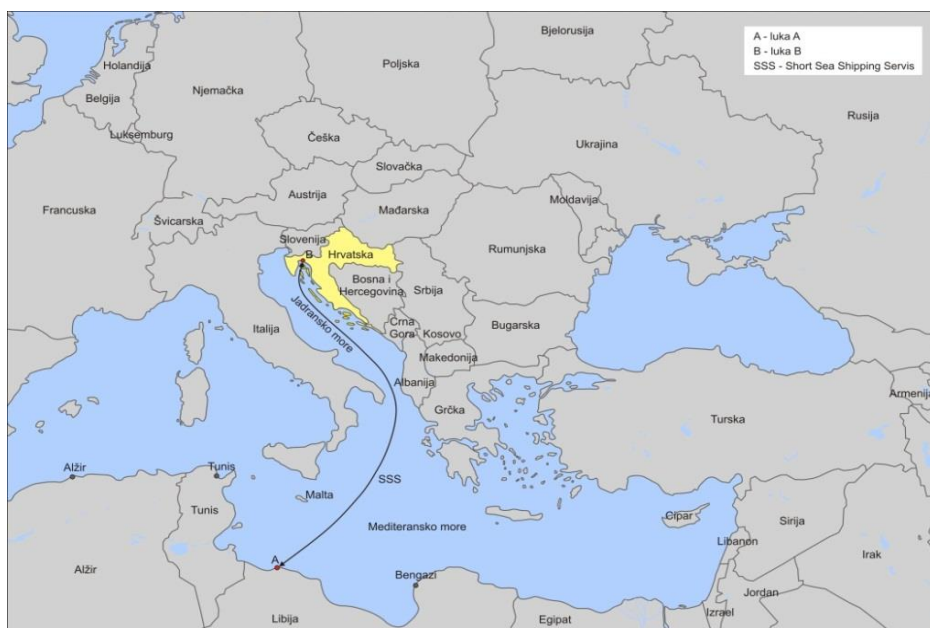
odredištu bez korištenja posebnog prekrcajnog sredstva. U slučaju potrebe manipulacije dizalicom koriste se prilagođeni okviri za podizanje.

Prikolice i poluprikolice su vrsta prijevoznih jedinica poput izmjenjivih sanduka čija osnova je cestovni prijevoz. Najčešća dužina u Europi im je 13,60 metara što je ujedno i najveća dopuštena dužina. Manipulacija poluprikolicama provodi se ro-ro tehnologijom i u rijetkim slučajevima dizalicama. U tom slučaju potrebna su veća ulaganja u prekrcajnu opremu, njihova težina je zbog stabilnosti veća što smanjuje kapacitet (nosivost) i posljedično isplativost. Ova tehnologija idealna je i dominantna kod ro-ro tehnologije prijevoza.

4. ELEMENTI I ZNAČAJKE SUSTAVA MORSKIH AUTOCESTA U SVIJETU I EUROPI

Za razliku od međuobalnog prometnog povezivanja (SSS) koji se odnosi samo na pomorski dio prijevoza, sustav morskih autocesta pruža uslugu *od vrata do vrata*, dakle uključuje i kopneni dio prijevoza. Kopneni prijevoz može se odvijati cestom, željeznicom, unutarnjim plovim putovima ili njihovim kombinacijama. Može uključivati nekoliko sjecišta (kopnenih terminala ili luka), a u njegovo su funkcioniranje svakako uključeni mnogi dionici. Prema definiciji, međuobalno prometno povezivanje (eng. *Short Sea Shipping*, skr. SSS) je kretanje tereta morskim putem između luka koje su smještene unutar Europe u geografskom smislu, i/ili između tih luka i luka smještenih u zemljama izvan Europe, koje imaju obalnu liniju na moru koje graniči s Europom, uz dodatak da to uključuje i *feeder*ing. Jednostavnije rečeno, to je teretni linijski pomorski servis čija karakteristika je garantirani visokofrekventni raspored polazaka i dolazaka te kapacitet.⁴⁸

Slika 1: Vizualni prikaz short sea shipping servisa



Izvor: Žgaljić, Dražen: *Modeli pomorskih prometnica u funkciji razvoja intermodalnog prijevoza*, Rijeka, 2014. (Doktorski rad, neobjavljeno), p. 40.

S obzirom na sva navedena negativna ograničenja cestovnog prijevoza, 2001. godine Europska komisija je uvela koncept morskih autocesta u Bijeloj knjizi o transportu za 2010. godinu. Naime, sustav morskih autocesta pridonosi smanjenju

⁴⁸ Žgaljić, Dražen: *Modeli pomorskih prometnica u funkciji razvoja intermodalnog prijevoza*, Rijeka, 2014., (Doktorski rad, neobjavljeno), op. cit., p. 39.

svakoga negativnog elementa cestovnog prijevoza i stoga su privlačno rješenje prometnih problema. To je nov i nadograđen koncept nastao kao nastavak uspješnog sustava short sea shippinga kako bi se teretni prijevoz prebacio s prepunih cestovnih mreža na ekološki prihvatljivije plovne putove. Nadogradnjom uspostavljenih frekventnih i visokokvalitetnih pomorskih servisa (SSS) logističkim rješenjima kojima se osigurava usluga *od vrata do vrata* unutar država članica EU, sustav morskih autocesta postao je alternativa zagušenim cestovnim prometnicama. Frekventnost i redovitost servisa koji korisnicima pruža uslugu *od vrata do vrata*, te činjenica da ovakav oblik prijevoza može biti jeftiniji od cestovnog prijevoza, glavni su čimbenici koji podižu konkurentnost ovog oblika prijevoza. Njegova puna funkcionalnost vidjet će se u narednim godinama kada, osim dijela tereta koji je danas na cestama, preuzme količine tereta koje razvojem gospodarstva progresivno rastu iz godine u godinu te pridonese spajanju periferijalnih područja Europske Unije.⁴⁹

Slika 2 Vizualni prikaz sustava morskih autocesta



Izvor: Žgaljić, Dražen: Modeli pomorskih prometnica u funkciji razvoja intermodalnog prijevoza, Rijeka, 2014. (Doktorski rad, neobjavljeno), p. 41.

Zanimljiva je definicija sustava morskih autocesta kao „plutajuće infrastrukture“⁵⁰ koja, kada je riječ o osnovnoj prometnoj infrastrukturi, izjednačava palubu broda s željezničkom ili cestovnom infrastrukturom. U tom slučaju dopustiti nacionalnu subvenciju ili subvenciju iz fondova EU u cestovnu ili željezničku

⁴⁹ Ibidem, p. 40.

⁵⁰ Baird, Alfred: **Redefining maritime transport infrastructure**, Proceedings of ICE, Civil Engineering 163, Paper 09-00054, 2010., p. 29-33.

infrastrukturu znači omogućiti iz istih izvora i subvenciju kod osiguravanja održivog i pouzdanoga pomorskog servisa. U prvom redu omogućiti subvenciju kod nabave broda. Takav zaokret u poimanju prometne infrastrukture u kojoj luka nije pomorska infrastruktura već samo točka sjecišta dva načina prijevoza, dvije prometne grane (npr. pomorske i željezničke), broda i željezničke infrastrukture, omogućit će investicije u brodove iz javnih izvora. Na taj je način moguće smanjiti kapitalno ulaganje u pokretanje servisa, samim time i jediničnu cijenu prijevoza. U konačnici to je izraziti konkurentski čimbenik u odnosu na cestovni prijevoz.

Sustav morskih autocesta ne zahtjeva značajne infrastrukturne investicije u lukama, ali se za uspješnost servisa podrazumijeva izvrsna integracija s ostalim načinima prijevoza, u prvom redu željeznicom i cestom. U tom smislu potrebna je daljnja prilagodba ovoga prometnog sustava u smislu infrastrukturne i logističke integracije kako bi se moglo konkurirati jednostavnom i fleksibilnom cestovnom prijevozu u usluzi „od vrata – do vrata“. Uzme li se u obzir da su pouzdanost i efikasnost glavne karakteristike i komparativne prednosti ovog sustava, početak i funkcioniranje servisa pomorskih prometnica zahtijeva usklađenost svih subjekata uključenih u prijevozni proces. Osim toga, infrastruktura predstavlja temelj za izgradnju kvalitetnog i održivog servisa.

Za jasnije razumijevanje oba sustava nužno je objasniti njihove sastavnice. *Short sea shipping* je servis koji ima samo pomorski segment, no kada je integriran u funkcionalan servis „od vrata - do vrata“ i prijevoz se nastavlja nekim kopnenim načinom prijevoza, tada se radi o sustavu morskih autocesta. Dakle u oba slučaja, pomorski segment je jedinstven odnosno jednakih osobina. S obzirom na kompleksnost organizacije servisa u odnosu na cestovni prijevoz, sustav *short sea shippinga*, a pogotovo sustava morskih autocesta, mora imati sljedeće karakteristike kako bi mogao konkurirati i preuzeti primat:

- redovitost (eng. *regularity*),
- frekventnost (eng. *frequency*),
- pouzdanost (eng. *reliability*),
- izvrsnu kvalitetu (eng. *high quality*),
- logističku uslugu *od vrata do vrata* (eng. *integration into door to door logistic chain*).

Kako bi se jasnije objasnila tehnologija i organizacije ovih složenih prijevoznih sustava, u ovom će se dijelu obraditi slijedeće tematske jedinice: (1) infrastrukturni i organizacijski elementi pomorskog sustava prijevoza, (2) infrastrukturni i organizacijski elementi kopnenog sustava prijevoza, (3) uloga i značaj administrativnih dionika, administrativne procedure i razmjena dokumenata; i (4) modeli upravljanja sustavima morskih autocesta.

4.1. INFRASTRUKTURNI I ORGANIZACIJSKI ELEMENTI POMORSKOG SUSTAVA PRIJEVOZA

Pomorski dio odnosi se na prijevoz i organizaciju prijevoza morskim putem. Iz njega su isključene luke jer su one dio kopnene infrastrukture. Kod načina funkcioniranja *short sea shippinga* moguće je napraviti osnovnu razliku na:⁵¹

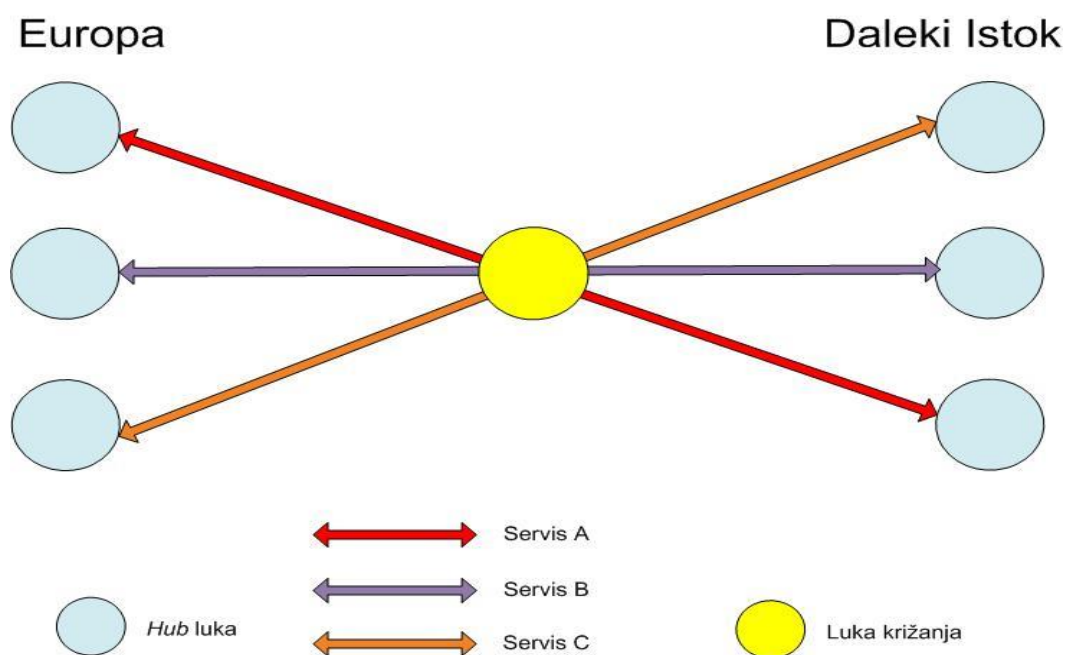
- klasične *short sea shipping* servise unutar europskih luka i/ili luka susjednih država, i
- *feeder* servise koji su veza *hub* luka s mnogim lukama na europskom kopnu.

Osnovni element koji čini razliku između ova dva servisa je teret koji prevoze, njegovo odredište i namjena. Naime, globalnim preseljenjem proizvodnje iz Europe na Daleki Istok, pojavila se je potreba za prijevozom velikih količina konzumerističkih roba prema Europi. Te velike količine prevoze se koristeći kontejnerske brodove velikih nosivosti (do 16.000 TEU) te da bi se zadržala velika frekvencija, a ujedno maksimalno smanjila cijena, najpovoljnijim se je pokazao model u kojem ti brodovi pristaju u ograničen broj *hub* luka u Europi od kuda se manjim brodovima (*feeder*) teret razvozi u ostale luke (*hub and spoke*). U slučaju klasičnog *short sea shippinga* najčešće se radi o robi koja je proizvedena u Europi i namijenjena za potrošnju u Europi. U tom slučaju, kod formiranja načina prijevoza, glavnu odrednicu čine karakteristike tržišta koje povezuju. Karakteristike se odnose na količine tereta i da li je teret jedinstven ili je potrebno prevoziti više različitih vrsta tereta za više različitih korisnika na više različitih lokacija. U slučaju dostatnih količina na jedinstvenog korisnika formira se direktni servis u kojem su dvije luke povezane bez zaustavljanja. Taj servis u startu ima zadovoljene količine koje mu osiguravaju ekonomsku opravdanost i održivost.

⁵¹ Žgaljić, Dražen: *Modeli pomorskih prometnica u funkciji razvoja intermodalnog prijevoza*, Rijeka, 2014. (Doktorski rad, neobjavljeno), op. cit., p. 44.

U svim ostalim slučajevima, a odnosno o potrebi tržišta, formiraju se inačice linijskog povezivanja: konvencionalni linijski servis, kružni servis ili servis prikupljanja i distribucije. Zajedničko im je što da bi se osigurale dostatne količine tereta za ekonomsku opravdanost prijevozom brodom, nužno je povezati tri ili više tržišta (gravitacijska područja luka). Koji od ovih načina odabrati, stvar je optimiziranja servisa. Dakle, može se reći da je klasični *short sea shipping* inačica linijskog načina formiranja servisa dok je *feederling* linijski dio mrežnog povezivanja (*hub and spoke*). U novije vrijeme počinju se formirati servisi koji križaju klasične *hub and spoke* servise s Dalekog Istoka. Na taj način otvaraju se brojne nove kombinacije povezivanja različitih *hub* luka u Europi i Dalekom Istoku. To je još jedan način optimiziranja, skraćivanja puta i podizanja razine usluge prema krajnjem korisniku.

Shema 1: Križanje hub and spoke servisa i stvaranje luke križanja



Izvor: Žgaljić, Dražen: Modeli pomorskih prometnica u funkciji razvoja intermodalnog prijevoza, Rijeka, 2014., (Doktorski rad, neobjavljeno), p. 45.

Osnovna podjela brodova koji se najčešće koriste je prema tehnologiji ukrcaja i iskrcaja tereta i to na:⁵²

- *roll on – roll off* brodove (skr. RO-RO),
- *lift on – lift off* brodove (skr. LO-LO) i
- *float on – float off* brodove (skr. FO-FO), ali se ova tehnologija vrlo rijetko koristi.

⁵² Ibidem, p. 45.

Roll on – roll off (skr. RO-RO) ili dokotrljaj (uvezi) – otkotrljaj (izvezi) je specifična tehnologija transporta za koju je karakterističan horizontalni ukrcaj i iskrcaj kopnenih prijevoznih sredstava najčešće natovarenih teretom, kao na primjer: utovarenih kamiona, prikolica, tegljača, autobusa s putnicima, spavaćih vagona s putnicima, praznih kopnenih prijevoznih sredstava na kotačima (...) na specijalne RO-RO brodove.⁵³ Teret se na brodove ukrcava ili iskrcava pomoću jednostavne rampe koja omogućava nesmetan prijelaz koristeći vlastiti pogon (kamion) ili lučku mehanizaciju (traktor i sl.).

Lift on – lift off (skr. LO-LO) ili „podigni-spusti“ je specifična tehnologija transporta za koju je znakovit vertikalni ukrcaj i iskrcaj tereta, komadnog, ujedinenog, rasutog (sipkog), pakiranog ili nepakiranog, gotovo svih vrsta, uključujući žive životinje, pomoću lučke i/ili brodske mehanizacije, na specijalne, univerzalne, kombinirane ili višenamjenske brodove.⁵⁴ Kod *short sea shippinga* gotovo isključivo se radi o prijevozu i manipulaciji kontejnera.

Float on – float off (skr. FO-FO) ili „doplutaj-otplutaj“ je specifična tehnologija transporta za koju je karakterističan horizontalni i vertikalni ukrcaj i iskrcaj mauna (barži, teglenica, potisnica) s raznim komadnim i/ili sjedinjenim jedinicama tereta, i/ili rasutim i/ili tekućim teretima u i iz brodova za prijevoz mauna (LASH⁵⁵, SEEBEE, BACAT).⁵⁶ Kod ove tehnologije se maune krcaju teretom u lukama, dovoze to LASH brodova tegljačem, potiskivačem ili *feeder-LASH* brodovima gdje se cijele maune ukrcavaju u LASH brodove (pomoću dizalica) i tako prijevoze do odredišta. U ukupnom prijevozu tereta *short sea shippingom* u Europi ova tehnologija prijevoza je zanemariva.

Sve ostalo su kombinacije RO-RO i LO-LO tehnologija. Na taj način, a ovisno o potrebama i karakteristikama tržišta, najčešće vrste brodova su:⁵⁷

- klasični kontejnerski brodovi,
- klasični RO-RO brodovi (uključujući trajekte),
- RO-Pax brodovi,

⁵³ Zelenika, Ratko: **Prometni sustavi**, Sveučilište u Rijeci, Ekonomski fakultet u Rijeci, 2001., p. 515.

⁵⁴ Ibidem, p. 523.

⁵⁵ Skraćenica od naziva na engleskom jeziku „Lighter Aboard Ship“.

⁵⁶ Zelenika, Ratko: **Prometni sustavi**, Sveučilište u Rijeci, Ekonomski fakultet u Rijeci, 2001., op. cit., p. 527.

⁵⁷ Žgaljić, Dražen: **Modeli pomorskih prometnica u funkciji razvoja intermodalnog prijevoza**, Rijeka, 2014. (Doktorski rad, neobjavljeno), op. cit., p. 46.

- ConRO brodovi,
- višenamjenski brodovi (kontejneri i rasuti teret).

Klasični kontejnerski brodovi imaju ćelije za smještaj kontejnera u unutrašnjosti broda (*cellular type*) u više redova i na palubi. To su usko specijalizirani brodovi isključivo za prijevoz kontejnera.⁵⁸ Kapacitet kontejnerskih brodova izražava se u TEU jedinicama.

Klasični RO-RO brodovi namijenjeni su za prijevoz cestovnih ili željezničkih vozila s vlastitim kotačima, koja se ukrcavaju s teretom ili bez njega u brod pomoću brodske ili obalne rampe. Na brodu se vozila slažu na više razina (paluba) pomoću fiksnih i/ili pomičnih rampi ili dizala koja dižu ili spuštaju s palube na palubu. Kapacitet klasičnih RO-RO brodova izražava se u linijskim metrima (eng. *lanemeters*).

RO-Pax brodovi namijenjeni su za prijevoz cestovnih vozila s vlastitim kotačima i putnika na veće udaljenosti što znači da postoji mogućnost dužeg boravka putnika na brodu. To uključuje mogućnost spavanja i mogućnost okrijepe (restorani). Ova tehnologija prijevoza vrlo je učinkovita u optimiziranju servisa jer se ekonomičnost i iskoristivost broda podjednako osigurava prijevozom putnika i tereta. Zbog mogućnosti smještaja (kabine za odmor, okrijepe), kod prijevoza na veće udaljenosti, vozači kamiona smatraju ovu tehnologiju idealnom kako bi poštivali ograničenja vožnje cestom i obvezno vrijeme za odmor. S druge strane, kod RO-Pax brodova gdje je kapacitet smještaja putnika 500 ili više, vrlo često su ti brodovi opremljeni za odmor, zabavu i rekreaciju (*spa, wellness*, kino dvorane, restorani, bazeni, itd.) poput brodova na kružnim putovanjima (kruzera, eng. *cruisers*). Kapacitet RO-Pax brodova izražava se u linijskim metrima i broju putnika.

ConRO brodovi konstrukcijski su napravljeni da mogu prevoziti kontejnere (najčešće na palubi) i cestovnih ili željezničkih vozila s vlastitim kotačima, koja se ukrcavaju s teretom ili bez njega u brod pomoću brodske ili obalne rampe. Kontejneri se ukrcavaju pomoću brodske ili obalne dizalice. Kapacitet ConRO brodova izražava se u linijskim metrima i TEU jedinicama.

⁵⁸ Vranić, Duško; Kos, Serđo: **Morska kontejnerska transportna tehnologija I.**, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci, 2008., op. cit., p. 85.

Višenamjenski brodovi su konstrukcijski napravljeni za prijevoz rasutog tereta i kontejnera, a kapacitet im se izražava u TEU jedinicama i tonama nosivosti rasutog tereta.

RO-RO rampa je element koji spaja unutrašnjost broda s obalnom površinom. Njena konstrukcija treba omogućiti da preko nje prođe čitav teret iz broda ili u brod. Rampa mora umanjiti razlike u visini brodske palube i obale. Najveći dopušteni nagib rampe može biti do 14%, o čemu ovisi i duljina rampe.⁵⁹ Prema osnovnoj namjeni rampe se dijele na:⁶⁰

- rampe za željeznički promet,
- rampe za vozila,
- rampe za putnike.

Prema vrsti RO-RO rampa može biti:⁶¹

- brodska,
- obalna,
- mosna.

Brodske rampe mogu biti:⁶²

- aksijalne rampe,
- otklonjene (eng. *Angled Quarter*) rampe,
- krmene – okretne (eng. *Slewing*) rampe,
- bočne rampe.

Najčešće RO-RO brodovi imaju rampu smještenu na krmi broda preko kojih se provodi ukrcaj i iskrcaj vozila. Neki RO-RO brodovi imaju dvije krmene rampe čime se ubrzava prekrcaj i odvajaju linije ukrcaja i iskrcaja, bez potrebe okretanja vozila u brodu. Krmena rampa se nakon ukrcaja ili iskrcaja složi i prisloni uz samu krmu broda te služi kao nepropusna krmena vrata. Na RO-RO brodovima može postojati i bočna rampa. Preko ove rampe uglavnom se prekrca paletizirani teret uz pomoć viličara. Obalne rampe grade se na onim terminalima gdje je razlika između plime i oseke manja od 1,5 m. Rampa predstavlja kosinu između normalne površine

⁵⁹ O tome detaljnije cf.: Dundović, Čedomir: ***Lučki terminali***, Pomorski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2002., p. 171.

⁶⁰ Dundović, Čedomir: ***Lučki terminali***, Pomorski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2002., op. cit., p. 171.

⁶¹ Ibidem.

⁶² Ibidem.

terminala i vanjske prednje strane zida na koji se može nasloniti obalni kraj brodske rampe.

4.2. INFRASTRUKTURNI I ORGANIZACIJSKI ELEMENTI KOPNENOG SUSTAVA PRIJEVOZA

Sustav morskih autocesta kao jedan od dijela Intermodalnog prijevoza je složeni prijevoznički poduhvat koji uključuje i kopneni dio puta. Radi lakšeg razumijevanja složenosti nužno je opisati sve njegove dijelove.

4.2.1. Luke

Luka je prometno čvorište – vodeni i s vodom neposredno povezani kopneni prostor s izgrađenim i neizgrađenim obalama, lukobranima, uređajima, postrojenjima i drugim objektima namijenjenim pristajanju, sidrenju i zaštiti brodova i brodica, ukrcaju i iskrcaju putnika i robe, uskladištenju i drugom rukovanju robom, proizvodnji, oplemenjivanju i doradi robe, te ostalim gospodarskim djelatnostima, koje su s tim djelatnostima u međusobnoj ekonomskoj, prometnoj ili tehnološkoj vezi.⁶³

Luke se dijele prema mnogim osobinama (veličini, količini prometa, namjeni, zemljopisnom položaju, i sl.), ali u kontekstu *short sea shippinga* i pomorskih prometnica važno je spomenuti da se pretežno radi o višenamjenskim ili specijaliziranim lukama. Višenamjenske luke, ili njihovi dijelovi, izgrađene su i opremljene za više vrsta brodova i tereta, dok su specijalizirane luke (često nazivane i terminalima) izgrađene i namijenjene samo jednoj vrsti tereta, načinu prijevoza ili tehnologije. U tom kontekstu može se reći da se luke u sustavu *short sea shippinga* i pomorskih prometnica dijele na:

- višenamjenske,
- kontejnerske,
- RO-RO luke, i
- LASH⁶⁴ luke.

⁶³ Dundović, Čedomir; Kesić, Blanka: *Tehnologija i organizacija luka*, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci, 2001., op. cit., p. 17.

⁶⁴ Eng. *lighter aboard ship*

Sastavni dio svake luke ili terminala čine:⁶⁵

- lučka infrastruktura (podgradnja),
- lučka suprastruktura (nadgradnja), i
- lučka pokretna mehanizacija.

Svaki od ovih elementa lučkog sustava kada je prilagođen specijalizaciji za *short sea shipping* i pomorske prometnice ima svoje posebnosti. Karakteristika infrastrukture je veliko područje. Naime, bilo da se radi o višenamjenskom terminalu, kontejnerskom ili RO-RO, ovakve luke zahtijevaju veliko područje. U odnosu na konvencionalne tehnologije, kontejneri i prikolice ne zahtijevaju zatvorena skladišta, jer su i sami po sebi skladišni prostor za robu. Ali s obzirom na brzo rastuću zastupljenost i promet kontejnera te konstantno povećanje kapaciteta kontejnerskih bordova, osnovni preduvjet lučke infrastrukture je velika površina. Posebno je to izraženo kod *hub* luka koje moraju biti u stanju prihvatiti izrazito velike količine kontejnera u dolasku, te istovremeno gotovo jednake količine kontejnera spremnih za otpremu. Stoga su te luke smještene na nekoliko ključnih pozicija na europskom kopnu, gdje dubina mora i lučka infrastruktura u prostornom smislu nema ograničenja. Karakteristika suprastrukture je:

- minimalan broj zatvorenih objekata nužan za funkcioniranje lučke usluge (administracija, inspekcije, dodatne uslužne djelatnosti i sl.),
- izvrsna suprastruktura u smislu spoja prijevoznih grana (dostatan broj i karakteristike rampi za interakciju brod, cesta, željeznica).

Kod RO-RO terminala sve je podređeno cestovnom prijevozu. Lučke ceste svojim karakteristikama (brojnost, širina, signalizacija, i sl.) moraju omogućiti nesmetan i brz ukrcaj ili iskrcaj broda. Suprastruktura namijenjena inspekciji robe (carina, policije, itd.) mora biti prilagođena cestovnim vozilima i dopremi/otpremi na kotačima, odnosno neprihvatljivo je ukoliko se zbog pregleda roba (kontejner) mora dodatno izvlačiti s vozila i time stvarati dodatan trošak i gubitak vremena. Parkirališni prostor prije ulaska na terminal, jednako kao i na samom terminalu pri čekanju na ukrcaj, mora biti izrazitih karakteristika (kapacitet, signalizacija, sanitarije, itd.) kako se kod samog ukrcaja ne bi stvorila čekanja na kamione koji tek moraju ući u lučko područje jer nisu imali prostora unutar terminala. Ukrcaj kamiona mora biti

⁶⁵ O tome detaljnije cf.: Jolić, Natalija: **Lučki terminali**, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2003., p. 10.

maksimalne frekvencije i bez čekanja. Lučki pokretu mehanizaciju moguće je podijeliti na mehanizaciju za rukovanje kontejnerima i mehanizaciju za rukovanje vozilima.⁶⁶ Mehanizacija za rukovanje kontejnerima dijeli se na:

- mehanizaciju za ukrcaj/iskrcaj s ili na brod (pokretne i nepokretne dizalice za ukrcaj/iskrcaj kontejnera),
- mehanizaciju za rukovanje kontejnerima na terminalu (viličari, dizalice, hvatači, prijenosnici⁶⁷), i
- mehanizaciju za ukrcaj/iskrcaj na željeznicu (viličari, pokretne i nepokretne dizalice, hvatači, prijenosnici).

Mehanizacija za rukovanje vozilima dijeli se na:

- pokretnu mehanizaciju koja preuzima vozila i obavlja manipulaciju na terminalu i prilikom ukrcaja i ili iskrcaja sa ili na brod, i
- pokretnu mehanizaciju za slaganje izmjenjivih sanduka na terminalu ili brodu.

U svakom slučaju, s obzirom na osnovni preduvjet *short sea shippinga* i sustava morskih autocesta, a to je velika efikasnost odnosno protočnost robe, karakteristika ovih terminala je veliki broj mehanizacije kako bi se sve manipulacije na terminalu uradile što je moguće prije. Posebno je to važno kod *hub* luka zbog velikog broja kontejnera. Iz tog razloga posljednjih godina sve više se razvija i upotrebljava automatizirana prekrcajna mehanizacija koja ima veću frekvenciju i ostvaruje uštedu u vremenu i financijskim sredstvima.

S istim ciljem, a to je smanjivanje troška prijevoza, treba početi razmišljati o razvoju luka potpuno automatiziranih u procesu prekrcaja i manipulacija na terminalu, ili bez potrebe za lučkim pretovarnim radnicima. U Norveškoj je u tijeku razrada ideje „jednostavnih luka“ gdje se prekrcaj kontejnera obavlja brodskim dizalicama ili dizalicama na obali kojima upravlja posada s broda. Prekrcaj se radi direktno na kamione ili na vagone koji kasnije odlaze na inspekciju ukoliko je potrebna. Kada se radi o nacionalnom prometu, ili kada zaživi europsko jedinstveno područje (eng. *European space without the barriers*) u kojemu je pomorski promet izjednačen s kopnenim prometom, tada roba ne podliježe pregledu i u tom slučaju ovakav model funkcioniranja može učiniti značajne razlike. Kod RO-RO tehnologije, pogotovo kada

⁶⁶ O tome detaljnije cf.: Dundović, Čedomir: **Lučki terminali**, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet, Rijeka, 2002., op. cit., p. 52. i 174.

⁶⁷ O tome detaljnije cf.: Brnjac, Nikolina: **Intermodalni transportni sustavi**, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, 2012., p. 115.

se radi o vozilima s vlastitim pogonom i vozačem, pri ukrcaju i iskrcaju nema zapreke za uvođenjem ovakvom modela funkcioniranja. U slučajevima utovara ili istovara prikolica bez kamiona i vozača, jednako kao i kod kontejnera, manipulaciju može raditi posada broda, obučena za rad s prekrcajnom mehanizacijom. Vlasnici luka mogu biti brodari.

Intermodalni prijevoz podrazumijeva prijevoz uključujući dva ili više načina prijevoza. Luka je u tom smislu čvorište u kojem se spajaju tehnologije prijevoza (cesta, željeznica, brod, barža). Kako bi se osigurala konkurentnost intermodalnog sustava u odnosu na konvencionalni cestovni prijevoz, luka mora biti vrlo protočna. Najveće prijetnje su u pogledu kapaciteta, efikasnosti prekrcaja i interakcije s ostalim načinima prijevoza.⁶⁸ Za kapacitet je nužno osigurati veliki i funkcionalno uređen prostor. Efikasnost prekrcaja očituje se u optimizaciji procesa prekrcaja i velikog broja mehanizacije za sve vrste manipulacije na terminalu (ukrcaj/iskrcaj s ili na brod ili baržu, manipulacija na terminalu, ukrcaj ili iskrcaj s ili na vagon ili kamion). Dobra interakcija s ostalim načinima prijevoza odnosi se na postojanje:

- odgovarajuće željezničke infrastrukture u luci,
- odgovarajuće lučke cestovne mreže direktno spojene na glavnu mrežu autoputova,
- odgovarajuće infrastrukture za nastavak putovanja baržama unutarnjih plovni putova,
- odgovarajućih rampi za ukrcaj ili iskrcaj vozila na vagone.

4.2.2. Kopneni terminali

Kopneni terminali su prostori na kojima se obavlja najmanje jedna od sljedećih operacija:

- promjena načina prijevoza (interakcija cesta-željeznica),
- skupljanje i/ili distribucija standardiziranih prijevoznih jedinica,
- logističke operacije⁶⁹ poput skladištenje, popravak, carinjenje, špedicija, itd.

Kopneni terminali su prostori prilagođene infrastrukture i suprastrukture za nesmetan logistički proces i svojim karakteristikama moraju donositi korist, a ni u

⁶⁸ O tome detaljnije cf.: Jolić, Natalija: *Luke i ITS*, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008.

⁶⁹ O tome detaljnije cf.: Ibidem, p. 94.

kojem slučaju biti usko grlo servisa „od vrata – do vrata“. Nalaze se na sjecištima željezničkih i/ili cestovnih koridora, mogu se nalaziti u gravitacijskim područjima industrijskih središta, luka, gradova, regija ili u slučaju optimizacije prometa na koridoru ne moraju imati gravitacijsko područje, mogu biti nacionalnog, ali najčešće su regionalnog karaktera. S obzirom da zahtijevaju veće područje, grade se na prostorima manje tržišne vrijednosti, ali s dobrom prometnom povezanošću. Najčešće se u njihovoj blizini razvijaju mnoge gospodarske grane, poput proizvodnje, uslužnih djelatnosti itd.

4.2.3. Željeznički sustav prijevoza

Željeznički sustav sastoji se od:

- željezničke infrastrukture, i
- željezničke suprastrukture.

Infrastrukturu željezničkog prometa čine kolosiječni uređaji, donji i gornji stroj željezničkih pruga uključujući gornje vodove, mostovi, tuneli, signalni uređaji, telekomunikacijske veze s vodičima i uređajima za sporazumijevanje, zgrade i drugi objekti koji služe za smještaj signalnosigurnosne i telekomunikacijske tehnike kao i skladišta, zgrade, peroni i ostali objekti za primanje i otpremu putnika i robe te pristupne ceste i rampe za manipulaciju robom.⁷⁰

Željezničku suprastrukturu čine sve vrste vučnih i vučenih sredstava koja služe proizvodnji usluga u željezničkom prometu, kao što su: sve vrste lokomotiva (tj. sva vučna sredstva) i sve vrste teretnih i putničkih vagona (tj. vučena sredstva) te sve vrste pokretnih sredstava i uređaja za utovar, pretovar i istovar tereta u željezničkom prometu.⁷¹ Međunarodna željeznička unija⁷² podijelila je teretne vagone u 12 osnovnih serija oznaka: E, F, G, H, I, K, L, R, S, T, U i Z.⁷³ Željeznička suprastruktura, odnosno vagoni, koji se koristi kod servisa pomorskih prometnica, moguće je podijeliti na:

- vagone za prijevoz kontejnera i izmjenjivih sanduka, i

⁷⁰ Zelenika, Ratko: **Multimodalni prometni sustavi**, Sveučilište u Rijeci, Ekonomski fakultet u Rijeci, 2006., p. 155.

⁷¹ Ibidem, p. 157.

⁷² fr. Union international des Chemins de fer, eng. International Union of Railways, skr. UIC

⁷³ O tome detaljnije cf.: Zelenika, Ratko: **Multimodalni prometni sustavi**, Sveučilište u Rijeci, Ekonomski fakultet u Rijeci, 2006., op. cit., p. 158.

- vagone za prijevoz vozila.

Vagoni koji su u mogućnosti prevoziti kontejnere i izmjenjive sanduke su vagoni oznake H, K, R i S po UIC-u, dok su vagoni oznake K i L u mogućnosti prevoziti cestovna vozila. Tehnologija prijevoza cestovnih vozila željeznicom ima mnogo naziva: *Huckepack*, *piggy back*, *ferroustage*, *rail road transport*, itd. S obzirom na način prijevoza i različitost prevoženog vozila, ova tehnologija se dijeli na:

- tehnologiju A – prijevoz kompletnih cestovnih vozila (kamion i prikolica), skr. RO-LA⁷⁴,
- tehnologija B – prijevoz prikolica i sedlastih poluprikolica,
- tehnologiju C – prijevoz izmjenjivih sanduka, i
- tehnologiju D – bimodalna tehnologija – predstavlja tehnologiju prijevoza gdje se cestovna poluprikolica kreće željeznicom na način da koristi svoje željezničke kotače integrirane u konstrukciju ili se ispod oba kraja postavljaju specijalna željeznička dvoosovinska podvozja. Ova vrsta tehnologije razvija se s ciljem smanjenja ukupne težine, povećanja težinskog kapaciteta tovarnog prostora i zbog jednostavnosti promjene modaliteta prijevoza.

4.2.4. Cestovni sustav prijevoza

Cestovni sustav se sastoji od:

- cestovne infrastrukture, i
- cestovne suprastrukture.

Infrastrukturu cestovnog prometa čine sve vrste i kategorije cesta i putova uključivo i mostovi, vijadukti, tuneli, cestovne petlje i križišta s pripadajućom signalizacijom. i sl. Također i uređaji stalno fiksirani za određeno mjesto koji služe proizvodnji prometnih usluga, reguliranju i sigurnosti cestovnog prometa, kao i kamionski i autobusni kolodvori i distribucijski centri.⁷⁵ Prema veličini motornog prometa ceste se dijele na:⁷⁶

- cesta 1. razreda ili autocesta (prosječno godišnje opterećenje više od 15.000 vozila na dan, od toga više od 2.000 teretnih vozila),

⁷⁴ Njem. Rollende Landstrasse, Eng. rolling road, rolling highways.

⁷⁵ O tome detaljnije cf.: Zelenika, Ratko: **Multimodalni prometni sustavi**, Sveučilište u Rijeci, Ekonomski fakultet u Rijeci, 2006., op. cit., p. 167.

⁷⁶ O tome detaljnije cf.: Ibidem, op. cit., p. 168.

- cesta 2. razreda (prosječno 7.000 do 12.000 vozila dnevno u oba smjera),
- cesta 3. razreda (prosječno 3.000 do 7.000 vozila dnevno u oba smjera),
- cesta 4. razreda (prosječno 1.000 do 3.000 vozila dnevno u oba smjera) i
- cesta 5. razreda (prosječno manje od 1.000 vozila dnevno u oba smjera).

S obzirom na karakteristiku servisa pomorskih prometnica da su visokofrekventni i pouzdani, u pravilu cestovni prijevoz se mora što je više odvijati mrežom autoputova koji omogućuju veće brzine, protočnost, otporniji su na zakrčenja i manja je mogućnost nesreća. Cestovni prijevoz u sustavu morskih autocesta najčešće je na krajevima usluge „od vrata – do vrata“, odnosno, u funkciji sabiranja tereta i/ili završne dostave korisniku. Sustav morskih autocesta zamišljen je kao alternativa klasičnom cestovnom prijevozu te su stoga dionice cestovnog prijevoza maksimalno skraćene.

Suprastrukturu cestovnog prometa čine sve vrste transportnih sredstava i mehanizacije koja služe proizvodnji prometnih usluga u cestovnom prometu, reguliranju i sigurnosti prometa, kao što su sve vrste teretnih cestovnih vozila, autobusi i ostala cestovna vozila za prijevoz putnika (...), te sve vrste pokretnih pretovarnih sredstava (tj. mehanizacije), koja služe manipuliranjem teretom u cestovnom prometu.⁷⁷ U sustavu morskih autocesta, odnosno u intermodalnom prijevozu, za prijevoz kontejnera i izmjenjivih sanduka cestom, koriste se tri vrste vozila:

- kamioni bez prikolica,
- kamioni s prikolicama, i
- tegljači s poluprikolicama.⁷⁸

4.2.5. Prijevoz na unutarnjim plovnim putovima

Prometni sustav na unutarnjim plovnim putovima sastoji se od:

- prometne infrastrukture unutarnjih plovnih putova, i
- suprastrukture prometa na unutarnjim plovnih putova.

Infrastrukturu riječnog transporta, odnosno riječnog prometa, čine fiksirani objekti, uređaji i oprema koji omogućuju pomoću riječne suprastrukture proizvodnju

⁷⁷ O tome detaljnije cf.: Ibidem, p. 169.

⁷⁸ O tome detaljnije cf.: Brnjac, Nikolina: *Intermodalni transportni sustavi*, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, 2012., op. cit., p. 147.

prometnih usluga, reguliranje i sigurnost prometa.⁷⁹ U naravi to su svi riječni plovni putovi, prevodnice, plutače, svjetla, pera, itd. Plovidbeni putovi se klasificiraju prema plovnosti.

Suprastrukturu riječnog transporta, odnosno prometa čine sva prijevozna i prekrcajna (pretovarna) sredstva koja, koristeći riječnu infrastrukturu, služe proizvodnji usluga u riječnom prometu, kao što su riječni brodovi svih vrsta za prijevoz tereta i putnika, ali i sva druga riječna plovila, primjerice: potiskivači, ploveće dizalice, poveće radionice, itd.⁸⁰ Plovila koja se koriste za prijevoz standardiziranih prijevoznih jedinica mogu se podijeliti na:

- teglenice i potiskivači – pogonska plovila koja protišću ili tegle sastav maona (barži),
- samohodni brodovi – čija karakteristika je neovisnost, brzina i fleksibilnost u pružanju usluga no uz manji kapacitet,
- maone (barže) – plovni objekti na koje se smješta teret u standardiziranim prevozim jedinicama.

Kada se radi o servisima pomorskih prometnica, razvojem tehnologije plovidbenih sredstava, ali i održavanja plovnosti putova, udio korištenja unutarnjih plovni putova se povećava. Ograničavajući element je nepouzdanost plovnosti s obzirom na vremenske prilike (pojava leda, magle, visokog ili niskog vodostaja, itd.) i ograničenja slaganja u visinu zbog mostova. Dodatan problem je i usporavanje prijevoza zbog svladavanja visinske razlike sustavima prevodnica.

4.3. ANALIZA ADMINISTRATIVNIH DIONIKA I PROCEDURA

Intermodalni i održivi intermodalni prijevoz karakterizira sudjelovanje više sudionika u prijevoznom procesu. Moguće je izdvojiti osnovne sudionike:

- prijevoznik (cestovni, željeznički, brodari, avio prijevoznici),
- luke ili kopneni terminali,
- organizator prijevoza,
- administracija, i
- korisnik (vlasnik tereta).

⁷⁹ O tome detaljnije cf.: Ibidem, p. 196.

⁸⁰ O tome detaljnije cf.: Ibidem.

Prijevoznici su operateri koji, bilo da u svom vlasništvu imaju prijevozno sredstvo ili je ono u najmu, vrše prijevoz tereta ili ljudi. Intermodalni prijevoz prepoznaje cestovne, željezničke, pomorske, zračne i prijevoznike na unutarnjim plovnim putovima.

Luke ili kopneni terminali su sjecišta (čvorovi, spojevi) gdje se u intermodalnom prijevozničkom procesu obavljaju promjena načina prijevoza, administrativne obveze (carinske, sanitarne, fitosanitarne, i sl. kontrole i procedure) i ostale usluge (skladištenje, popravak, i sl.).

Organizator prijevoza je *špediter* koji obavlja uslugu organizacije prijevoza, odnosno međunarodne špedicije. Pod poslovima međunarodne špedicije razumijevaju se gospodarske usluge vanjskotrgovinskog prometa, odnosno poslovi: otpreme robe iz vlastite u strane zemlje (izvozna špedicija), dopreme robe iz stranih u vlastitu zemlju (uvozna špedicija) i provoza robe između stranih preko vlastite države (provozna ili tranzitna špedicija) koje obavljaju međunarodni špediteri te obavljanje drugih propisanih ili uobičajenih specijalnih (sporednih) poslova i radnji u vezi s otpremom, dopremom ili provozom (tranzitom) robe.⁸¹ Prema definiciji istog autora, međunarodni špediter je gospodarstvenik, pravna ili fizička osoba registrirana za obavljanje vanjskotrgovinskog prometa, koja isključivo i u obliku stalnoga zanimanja sklapa u svoje ime i za tuđi račun (kao komisionar), u tuđe ime i za tuđi račun (kao agent) i u svoje ime i za svoj račun (kao samostalni gospodarstvenik) ugovore potrebne pri organiziranju otpreme, dopreme i provoza (tranzita) robe svojih nalogodavatelja s pomoću vozara i obavlja druge propisne ili uobičajene poslove i radnje u vezi s otpremom, dopremom ili provozom robe.⁸² Osnovni zadatak špeditera je preuzeti sve poslove oko organizacije prijevoza robe, a prema nalogu nalogodavatelja te njega osloboditi napora i brige.

Osnovni poslovi koje špediter obavlja pri organiziranju otpreme, dopreme ili provoza robe i bez kojih se ne može zamisliti funkcioniranje trgovinskog, prometnog i špediterskog sustava. To su: stručni savjeti i sudjelovanje u pregovorima radi sklapanja ugovora o međunarodnoj kupoprodaji; instradacija (tj. izbor optimalnoga prijevoznog puta, izbor optimalnoga prijevoznog sredstva, izbor optimalne tehnologije transporta i izbor najpovoljnijeg vremena u kojemu treba robu otpremiti, dopremiti ili

⁸¹ Zelenika, Ratko: **Logistički sustavi**, Sveučilište u Rijeci, Ekonomski fakultet u Rijeci, 2005., p. 97.

⁸² Ibidem.

tranzitirati od otpremnog do odredišnog mjesta); dovoz robe; sklapanje ugovora o prijevozu robe na klasičan način – uporaba transportnog sredstva jedne prometne grane; sklapanje ugovora o multimodalnom transportu robe i organizacije robe „od vrata – do vrata“; prihvata robe radi otpreme; otprema, doprema i provoz robe u užem smislu; sklapanje ugovora o ukrcaju (utovaru), iskrcaju (istovaru) i prekrcaju (pretovaru) robe; sklapanje ugovora o transportnom osiguranju; sklapanje ugovora o uskladištenju i uskladištenje robe; ispostavljanje ili pribavljanje prijevoznih i drugih dokumenata; obavljanje poslova u carinskom postupku; kontrola ispravnosti dokumenata i obračuna vozarine, carine i drugih pristojbi i troškova te informiranje nalogodavatelja.⁸³

Specijalni poslovi koje obavlja povremeno, od slučaja do slučaja i kada pomoću njih upotpunjuje svoju uslugu „od vrata – do vrata“. To su: sklapanje ugovora o pakiranju i signiranju i obavljanje tih poslova; sklapanje ugovora o vaganju i sortiranju i obavljanje tih poslova; izdavanje jamčevnih špediterskih pisama; izdavanje špediterskih potvrda i drugih FIATA dokumenata; uzorkovanje robe; zastupanje nalogodavatelja u regresnom postupku prema trećim osobama; zastupanje nalogodavatelja u slučaju zajedničke (generalne) havarije; ugovorna kontrola kvalitete i kvantitete robe u međunarodnom prometu; hranjenje i pojenje životinja; doleđivanje robe; sajamski špediterski poslovi; lizing poslovi; konsignacijski poslovi; međunarodni pomorski prometnoagencijski poslovi; kreditiranje nalogodavatelja; otprema, doprema i provoz zbirnoga prometa te drugi propisani ili uobičajeni poslovi vezani s otpremom, dopremom ili proвозom robe.⁸⁴ Administraciju predstavljaju svi oni sudionici čiji poslovi su uvijek ili gotovo uvijek uključeni u procesu prijevoza intermodalnim načinom prijevoza. To su:

- pomorski agent,
- carinska služba,
- veterinarski inspektorat,
- sanitarni inspektorat,
- fitosanitarni inspektorat,
- tržišni inspektorat,
- policija,

⁸³ Ibidem, p. 98.

⁸⁴ Ibidem.

- Lučka kapetanija.

Pomorski agent obavlja agencijske poslove, odnosno zastupa, posreduje i pomaže, u ime, po nalogu i za račun broдача. Osim ovih aktivnosti, pomorski agent četo obavlja i specijalne poslove kao što je menadžment brodova, kvalitativno i kvantitativno utvrđivanje stanja tereta, i sl., ali u svoje ima i za tuđi račun.

Carinska služba je tijelo državne uprave koje obavlja carinjenje robe pri prijelazu robe preko državne granice. Carinska služba štiti interese države u nadzoru nad prometom roba u uvozu, izvozu ili tranzitu u skladu s carinskim zakonima, propisima i ostalim aktima pojedine države.⁸⁵

Veterinarski inspektorat obavlja veterinarske preglede pri prijevozu životinja i proizvoda životinjskog podrijetla preko državne granice. Pregled i kontrola provode se radi zaštite zdravlja ljudi i životinja te radi očuvanja ugroženih životinjskih vrsta.

Sanitarni inspektorat obavlja sanitarni nadzor nad osobama, njihovim stvarima i prijevoznim sredstvima u prometu preko državne granice, radi zaštite stanovništva od unošenja i širenja zaraznih bolesti; zdravstvenom ispravnosti namirnica i predmeta opće uporabe, te sirovina za njihovu proizvodnju u prometu preko državne granice; uvoz otrova i radioaktivnih tvari, nad prijevozom i proвозom otrovnih i radioaktivnih tvari preko državne granice te prijenosom umrlih osoba iz inozemstva u određenu državu. Sanitarni nadzor obuhvaća nadzor nad osobama i djelatnostima, građevinama, prostorijama, prostorima i uređajima koji mogu na bilo koji način štetno utjecati na zdravlje ljudi.⁸⁶

Fitosanitarni inspektorat obavlja zdravstvenu kontrolu bilja u prometu preko državne granice i izdaje svjedodžbe o zdravstvenom stanju pošiljaka bilja kada to traži država uvoznica preko koje se pošiljka provози; provjerava je li za sredstvo za zaštitu bilja koje se uvozi izdana dozvola ili rješenje kojim se dopušta uvoz; uzima uzorke bilja na propisan način bez naknade vrijednosti uzorka; kontrolira isprave pravnih i fizičkih osoba u vezi s provođenjem propisa o zaštiti bilja u prometu preko državne granice; zabranjuje ili ograničava uvoz ili proвоз pošiljke bilja ako se utvrdi da je pošiljka zaražena, itd. Njegov osnovni zadatak je sprečavanje unošenja i širenja

⁸⁵ Ibidem, p. 116.

⁸⁶ Ibidem, p. 118. i 119.

biljnih bolesti i štetočina i u tu svrhu propisuje mjere fitosanitarne kontrole pri uvozu, izvozu i provožu bilja na graničnom prijelazu.⁸⁷

Tržišni inspektorat uređuje načine i uvjete obavljanja gospodarskih djelatnosti na domaćem tržištu, vanjskotrgovinsko poslovanje, obavljanje obrta, zaštite potrošača, cijene proizvoda i usluga, naknade, pristojbe, preplate i druge slične naknade koje se zaračunavaju po propisu, kakvoću proizvoda, nadzor kakvoće proizvoda pri uvozu i izvozu, itd. U obavljanju inspekcijskog nadzora tržišni inspektorat ovlašten je pregledavati poslovne prostorije, proizvode, uređaje i opremu, poslovne knjige i evidencije, isprave i drugu poslovnu dokumentaciju što mu omogućuje uvid u poslovanje pravnih ili fizičkih osoba.⁸⁸

Policija provodi nadzor identiteta i valjanosti identifikacijskih isprava osoba, bilo da se radi o posadi ili putnicima, pri prelasku državne granice radi suzbijanja i sprečavanja kriminalnih radnji u društvu.

Lučke kapetanije su osnovna upravna tijela službe sigurnosti plovidbe, a obavljaju upravne, odnosno inspekcijske poslove sigurnosti plovidbe u okviru zakonskih prava i dužnosti. Lučke kapetanije obavljaju poslove nadzora plovidbe u unutarnjim morskim vodama i teritorijalnom moru, poslove traganja i spašavanja ljudskih života i imovine na moru, inspekcijske poslove sigurnosti plovidbe, inspekcijski nadzor nad pomorskim dobrom, poslove upisa i brisanja brodova (i ostalih pomorskih objekata) te vođenja upisnika brodova (pomorskih objekata), poslove utvrđivanja sposobnosti za plovidbu, baždarenje brodica, poslove upisa i brisanja brodica te vođenja očevidnika brodica, poslove izdavanja pomorskih knjižica, poslove utvrđivanja stručne osposobljenosti pomoraca za stjecanje zvanja u pomorstvu, izdavanje i vođenje očevidnika izdanih ovlaštenja za obavljanje službe na brodovima te druge upravne, stručne i tehničke poslove sigurnosti plovidbe na moru.⁸⁹

⁸⁷ Ibidem, p. 119.

⁸⁸ Ibidem, 120.

⁸⁹ **Zakon o lučkim kapetanijama**, Narodne Novine, no. 124/1997.

4.4. MODELI UPRAVLJANJA SUSTAVOM MORSKIH AUTOCESTA

U sustavu organizacije servisa pomorskih prometnica, a s aspekta organiziranja prijevozne usluge, moguće je podijeliti na:⁹⁰

- organiziranje cjelovite prijevozne usluge *od vrata – do luke*,
- organizaciju cjelovite prijevozne usluge *od luke – do vrata*,
- organizaciju cjelovite prijevozne usluge *od vrata – do vrata*,
- organizaciju pojedinačnih prijevoznih usluga od polazišta do odredišta.

Svaku od ovih kombinacija moguće se karakterizirati i opisati s obzirom na broj organizatora prijevoza i broj korištenih isprava o prijevozu tereta. U prva tri slučaja radi se o jednom organizatoru prijevoza (MTO) i jednoj ispravi o prijevozu tereta, dok se kod posljednjeg slučaja radi o više od jednog organizatora prijevoza i za svaku dionicu puta zasebna isprava o prijevozu tereta.

U sustavu organizacije servisa pomorskih prometnica, a s aspekta dokumenata o prijevozu, moguće je podijeliti na:⁹¹

- organizaciju prijevoza jedinstvenim ispravama o prijevozu tereta (jednougovorni multimodalni prijevoz), i
- organizaciju prijevoza pojedinačnim ispravama o prijevozu tereta (višeugovorni multimodalni prijevoz).

U sustavu organizacije servisa pomorskih prometnica, a s aspekta organizatora prijevoza, moguće je podijeliti na:⁹²

- organiziranje cjelovite prijevozne usluge od strane jedinstvenog organizatora prijevoza (operator multimodalnog prijevoza), i
- prijevoz organiziran po dionicama puta od strane pojedinačnih organizatora prijevoza.

Organizaciju sustava morskih autocesta na određenom koridoru obavlja operator multimodalnoga prijevoza (MTO), u praksi najčešće špediter, pomorski prijevoznik ili pomorski agent, ovisno o sklopljenom ugovoru o prijevozu i njegovim odredbama u smislu rješavanja problema osiguranja odgovornosti i drugih interesa operatera multimodalnoga prijevoza. Operator multimodalnoga prijevoza je svaka

⁹⁰ Žgaljić, Dražen: *Modeli pomorskih prometnica u funkciji razvoja intermodalnog prijevoza*, Rijeka, 2014. (Doktorski rad, neobjavljeno), op. cit., p. 60.

⁹¹ Ibidem.

⁹² Ibidem.

osoba koja u svoje ime ili putem druge osobe koja radi u njezino ime sklopi ugovor o multimodalnom transportu i djeluje kao nalogodavatelj, a ne kao agent, ili za račun pošiljatelja ili vozara koji sudjeluje u operacijama multimodalnoga prijevoza, i koja preuzima odgovornost za izvršenje ugovora (čl. 1., st. 2. Konvencije UN o međunarodnom multimodalnom prijevozu). Radi zaštite interesa korisnika prijevoza iz praktičnih razloga, u međunarodnome multimodalnom prijevozu u kojemu se pojavljuju brojni sudionici, teži se usmjeravanju odgovornosti na jednu osobu – operatora multimodalnog prijevoza. Osnovna funkcija takva operatora proizlazi iz kombinacije špeditorske i prijevoznike djelatnosti.⁹³ Operator multimodalnoga prijevoza preuzima odgovornost za cjelokupno izvršenje prijevoznog procesa od mjesta preuzimanja do mjesta predaje i stoga nije bitno koristi li se u izvršavanju prijevoznog procesa vlastitim prijevoznim sredstvima ili podugovara pojedine prijevoze.

Ugovor o multimodalnom prijevozu je ugovor kojim se operator multimodalnoga prijevoza obvezuje, uz naplatu vozarine, obaviti ili se pobrinuti za obavljanje multimodalnog prijevoza i o njemu pošiljatelju izdati ispravu o multimodalnom prijevozu koja dokazuje preuzetu obavezu da organizira i preda preuzetu robu u skladu s uvjetima ugovora. Konferencija UN za trgovinu i razvoj⁹⁴, Međunarodna trgovinska komora⁹⁵, Međunarodni savez špeditorskih udruženja⁹⁶, Europska komisija i druge međunarodne organizacije pokušavaju naći jedinstveno rješenje za korištenje standardiziranog i jedinstvenog dokumenta o prijevozu robe multimodalnim načinom prijevoza. Trenutno je u upotrebi nekoliko različitih dokumenata od kojih su najvažniji:⁹⁷

- *FIATA multimodal Bill of Lading* (skr. FBL. FIATA), teretnica za multimodalni prijevoz (teretnica za jednogovorni multimodalni prijevoz) – izdavatelj FIATA,
- *FWB non-negotiable FIATA multimodal transport Waybill* (skr. FWB), teretni list za multimodalni prijevoz (teretni list za jednogovorni multimodalni prijevoz) – izdavatelj FIATA,

⁹³ Zelenika, Ratko: **Multimodalni prometni sustavi**, Sveučilište u Rijeci, Ekonomski fakultet u Rijeci, 2006., op. cit., p. 294.

⁹⁴ United Nations Conference on Trade Development – UNCTAD, Ženeva.

⁹⁵ International Chamber of Commerce – ICC, Paris.

⁹⁶ Fédération Internationale des Associations des Transitaires et Associations – FIATA, Zürich.

⁹⁷ O tome detaljnije cf.: Zelenika, Ratko: **Multimodalni prometni sustavi**, Sveučilište u Rijeci, Ekonomski fakultet u Rijeci, 2006., op. cit., p. 258-278.

- *Multimodal Transport Bill of Lading* (skr. MULTIDOC), teretnica za multimodalni prijevoz (teretnica za jednogovorni multimodalni prijevoz) - izdavaatelj BIMCO⁹⁸,
- *Mutimodal Transport Waybill* (skr. MULTIWAYBILL), brodski teretni list za multimodalni prijevoz (brodski teretni list za jednogovorni multimodalni prijevoz) – izdavaatelj BIMCO,
- *Combined Transport Bill of Lading* (skr. COMBICONBILL, teretnica za kombinirani prijevoz (teretnica za višeugovorni multimodalni prijevoz) – izdavaatelj BIMCO,
- *Combined Transport Sea Waybill* (skr. COMBICONWAYBILL), brodski teretni list za kombinirani prijevoz (brodski teretni list za višeugovorni multimodalni prijevoz) – izdavaatelj BIMCO.

⁹⁸ The Baltic and International Maritime conference – BIMCO, Copenhagen.

5. DEFINIRANJE I ANALIZA MODELA ZA IMPLEMENTACIJU EKOLOŠKI ODRŽIVOG SUSTAVA MORSKIH AUTOCESTA NA PRIMJERU REPUBLIKE HRVATSKE

Sustav morskih autocesta je složeni prijevoznički sustav kojeg čine svi sudionici u prijevozničkom procesu te infrastrukturni i suprastrukturni elementi. Složenost sustava očituje se i u činjenici da se pri ostvarivanju prijevoza od polazišta do odredišta mogu koristiti svi načini prijevoza u svim postojećim kombinacijama uz obvezno korištenje pomorskog prijevoza kao najprihvatljivijeg sustava prijevoza u funkciji zaštite okoliša i smanjenja onečišćenja. Pomorski prijevoz ima najmanje vrijenosti emisija štetnih ispušnih plinova te ekološke i socio-ekonomske troškove po prevezenoj jedinici TEU. Mnogi elementi imaju veći ili manji utjecaj na odluku na koji način će se teret prevesti, kako će se organizirati prijevoz, koje će biti razine kvaliteta usluge te posljedično i koji će se prometni pravac bolje razvijati, međutim u ovoj disertaciji naglasak će biti na elementu ekološke održivosti kao glavnog elementa optimizacije prijevoza tereta i robnih tokova u odnosu na gravitirajuća tržišta. Odabir optimalnih ruta kroz određene morske luke u izravnoj je funkciji zaštite okoliša. Navedeno se ostvaruje ukupnim smanjenjem vrijenosti emisija štetnih ispušnih plinova te ekološke i socio-ekonomske troškove po prevezenoj jedinici TEU.

Također, poseban naglasak je i na optimizaciji postojećih infrastrukturnih kapaciteta, kako se ne bi islo na nove investicije koje su iznimno nepovoljne u ekološkom i ekonomskom pogledu. Veliki infrastrukturni zahvati poput izgradnje morskih terminala, jaružanje obale, izgradnje funkcionalne željezničke i cestovne mreže iziskuju iznimna financijska sredstva, rokovi izgradnje takvih objekata su iznimno dugi te u većini slučajeva ne budu ostvareni. Građevinski radovi su iznimno složeni te je nemoguće točno predvidjeti njihovo trajanje.

U tom procesu planiranja, odabir luke uvelike utječe na smanjenje onečišćenja okoliša emisijom štetnih ispušnih plinova te smanjenjem ekoloških i socio-ekonomskih troškova prijevoza na cjelokupnom pravcu u daljnjem prijevozu do odredišta. Pravac koji je konkurentniji, odnosno ekološki prihvatljiviji trebao bi privući veće količine tereta te samim time ostvariti i veći društveni i gospodarski učinak na određenom području. Obzirom na spomenuto te jasno određivanje i analizu modela implementacije održivog sustava morskih autocesta, nužno je obraditi sljedeće tematske jedinice: (1) Relevantna obilježja morskih luka od međunarodnoga interesa

za Republiku Hrvatsku, (2) Pregled i ocjena postojećeg stanja u lukama od međunarodnoga značenja za Republiku Hrvatsku, (3) Mogući modeli implementacije održivog sustava morskih autocesta u Republici Hrvatskoj u funkciji zaštite okoliša, 4) Usporedba i analiza predloženih modela implementacije ekološki održivog sustava morskih autocesta.

5.1. RELEVANTNA OBILJEŽJA MORSKIH LUKA OD MEĐUNARODNOGA INTERESA ZA REPUBLIKU HRVATSKU

Za potrebe ove disertacije najznačajnije su morske luke otvorenih za međunarodni javni promet odnosno morske luke od međunarodnoga interesa za Republiku Hrvatsku prema veličini i značenju. Obilježja promatranih luka imaju osobito značenje za ukupno modeliranje lučkog sustava u Republici Hrvatskoj, posebice prilikom implementacije novih i složenih sustava poput sustava morskih autocesta.

Upravljanje lukama od međunarodnoga (osobitoga) gospodarskog interesa za Republiku Hrvatsku obavlja se posredstvom lučke uprave i njezinih tijela. Osnivač lučke uprave za luke od međunarodnoga (gospodarskog) interesa za Republiku Hrvatsku je Vlada Republike Hrvatske. Lučke uprave osnovane su radi upravljanja, izgradnje i korištenja luka koje su prema veličini i značenju proglašene lukama od međunarodnoga (osobitoga) gospodarskog interesa za Republiku Hrvatsku. Tijela lučke uprave su upravno vijeće i ravnatelj. U upravnom vijeću prisutna su četiri predstavnika Vlade Republike Hrvatske, od kojih je jedan zaposlenik lučke kapetanije na čijem je području sjedište lučke uprave, a njih imenuje Vlada Republike Hrvatske. Uz predstavnika Vlade zastupljeni su i predstavnici županije (jedan predstavnik) i grada (jedan predstavnik) te predstavnik svih ovlaštenika koncesija koji obavljaju djelatnosti na području te lučke uprave. Na taj se način državi, županijskoj i lokalnoj upravi te gospodarskim subjektima koji djeluju u luci omogućuje participiranje u upravljanju lukom, što se pokazalo učinkovitim u razvijenim europskim pomorskim državama.

Lučko područje pod lučkom upravom određuje Vlada Republike Hrvatske u skladu s prostornim planom, pri čemu se lučko područje može nalaziti na području više općina, gradova i županija. Lučka uprava je dužna predložiti promjenu akta o lučkom području ako to zahtijevaju razvojni, gospodarski, administrativni ili drugi

razlozi. Iako lučka uprava upravlja lučkim područjem, njezina je uloga ponajprije kontrola fizičkih i pravnih osoba (koncesionara) koji obavljaju lučke djelatnosti na području određene lučke uprave. Na području luke pod jurisdikcijom lučke uprave može se obavljati više djelatnosti:⁹⁹

- privez i odvez brodova, jahti, ribarskih i drugih brodica i plutajućih objekata,
- ukrcaj, iskrcaj, prekrcaj, prijenos i skladištenje roba i drugih materijala,
- ukrcaj i iskrcaj putnika i vozila,
- ostale gospodarske djelatnosti koje su s ovim djelatnostima u neposrednoj gospodarskoj, prometnoj ili tehnološkoj svezi (npr. opskrba brodova, pružanje usluga putnicima, tegljenje, servisi lučke mehanizacije, lučko-agencijski poslovi i poslovi zastupanja u carinskom postupku, poslovi kontrole kakvoće robe i dr.).

Pravne ili fizičke osobe mogu obavljati navedene djelatnosti jedino na osnovi koncesije koju daje lučka uprava na temelju natječaja. Koncesija je pravo kojim se dio pomorskog dobra djelomično ili potpuno isključuje iz opće uporabe i daje na posebnu uporabu ili gospodarsko korištenje pravnim i fizičkim osobama registriranim za obavljanje obrta.¹⁰⁰ Koncesija se odobrava na osnovi ocjene plana i operativnog programa rada podnositelja zahtjeva za koncesiju. Pri dodjeli koncesija prioritet je poboljšanje kvalitete usluga i povećanje prometa. Koncesija se može davati samo za obavljanje jedne djelatnosti; ne može se dati koncesija jednom trgovačkom društvu za obavljanje svih djelatnosti. Time se nastoje stvoriti uvjeti zdrave konkurencije među poduzećima koja obavljaju istu djelatnost.¹⁰¹

5.2. MOGUĆI MODELI IMPLEMENTACIJE ODRŽIVOG SUSTAVA MORSKIH AUTOCESTA U REPUBLICI HRVATSKOJ U FUNKCIJI ZAŠTITE OKOLIŠA

Lučki sustav u Republici Hrvatskoj čini šest luka od državnog značenja otvorenih za međunarodni pomorski promet, luke posebne namjene te županijske lučke uprave. Implementacija sustava morskih autocesta moguća je u lukama od državnog značenja otvorenih za međunarodni pomorski promet, a to su Rijeka,

⁹⁹ O tome detaljnije cf.: *Zakon o pomorskom dobru i morskim lukama*, op. cit., čl. 6 i 7.

¹⁰⁰ Ibidem, čl. 16., st. 1.

¹⁰¹ O tome detaljnije cf.: Kesić, Blanka; Jugović, Alen: *Korištenje pomorskog dobra u gospodarskom razvoju pomorstva na Jadranu*, Pomorstvo, Journal of Maritime Studies, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci, 19., Rijeka, 2005., p. 125-136.

Zadar, Šibenik, Split, Ploče i Dubrovnik. Sve luke je osnovala Vlada Republike Hrvatske, i trenutno su u ravnopravnom međusobnom, ali konkurentskom odnosu te svaka zasebno pokušavaju ostvariti što je veći mogući tržišni udio. Pozitivno je to iz razloga povećanja razine usluge, no negativno jer se time ujedno slabi promet svake od njih imajući u vidu da je promet i onako vrlo mali. Istodobno, na tržištu kojem gravitiraju, imaju jaki direktni konkurentni odnos ostalih jadranskih luka jednakih ili približnih geostrateških karakteristika, te konkurenciju u smislu ostalih europskih luka koje ipak imaju nešto nepovoljniji geografski položaj čime se mogu ostvariti znatne ekološke koristi što će u budućnosti uvelike pridonijeti promociji pravca i same luke.

Mnoge su karakteristike koje određuju uspješnost, odnosno koje mogu biti generator razvoja. Između ostalog, jedna od karakteristika je udruživanje, racionaliziranje broja luka, optimizacija infrastrukturnih kapaciteta odnosno specijaliziranje luka za pojedinu vrstu usluga ili tereta. Svjetski primjeri ukazuju da, s obzirom da je nužan preduvjet sustava morskih autocesta efikasnost i pouzdanost, važno je besprijeckorno funkcioniranje luke i ne toleriraju se nedostaci u smislu zakrčenja, čekanja ili smanjenog kapaciteta. Samo protočni i besprijeckorni sustavi ostvaruju uspjeh.

Problem kapaciteta i razvijenosti naših i sličnih luka zemalja u okruženju Europske Unije prepoznala je Europska komisija koja je 7. srpnja 2011. godine usvojila Akcijski plan za prijevoz i susjedne zemlje, koji između ostaloga preporučuje:

- razviti intermodalni prijevoz roba baziran na pomorskom prijevozu veza EU i susjednih zemalja,
- promovirati regionalnu integraciju stvarajući bolju povezanost susjednih zemalja,
- daljnji razvoj pomorskih veza razvijajući sustave morskih autocesta.

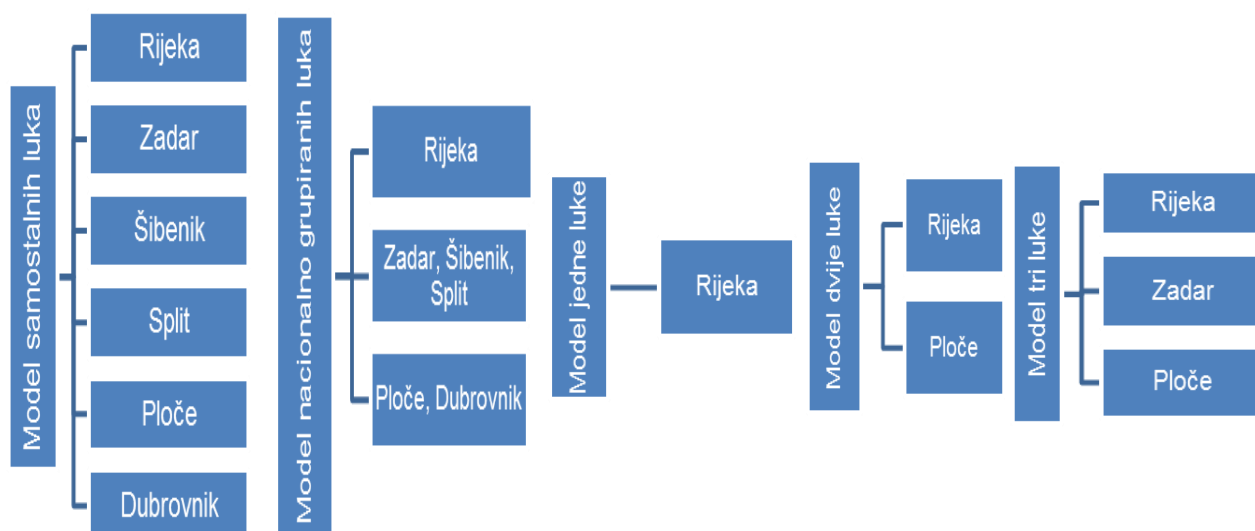
Akcijski plan je definirao glavne mjere i to:

- poboljšati kapacitete i efikasnost pomorskih luka,
- poboljšati pristupačnost lukama,
- poboljšati kopnenu povezanost i promovirati što je veći omjer količina prijevoza u korist željeznice, mora i unutarnjih plovni putova,
- razvoj komunikacijske infrastrukture.

U kojem će se pravcu razvijati, specijalizirati, udruživati ili ne luke na nekom području, teško je definirati bez sustavne analize i postavljenih kriterija za ostvarivanje uspješnih sustava morskih autocesta. Prema rezultatima istraživanja koja su obuhvatila analizu postojeće znanstvene i stručne literature, razgovora sa monogobrojnim stručnjacima te provedenim terenskim istraživanjem zaključeno je da je nacionalni lučki sustav moguće dizajnirati na sljedeće scenarije (dijagramom 1):

- model samostalnih luka – sustav u kojem luke samostalno djeluju,
- model nacionalno grupiranih luka – sustav u kojem su luke grupirane u nacionalne klastere,
- model jedne luke – sustav sa jednom lukom,
- model dvije luke – sustav sa dvije luke,
- model dvije luke – sustav sa tri luke.

Dijagram 1: Prikaz definiranih modela lučkih sustava



Izvor: Doktorand

Lučki sustav Republike Hrvatske idealan je za modeliranje i analizu prema postavljenim kriterijima iz više razloga, a ističu se njegove posebnosti:

- lučki sustav sastoji se od šest jednakih luka bez preferencija u trenutnom funkcioniranju i razvoju,
- sve luke su relativno slabo infrastrukturno i organizacijski razvijene te je moguć značajan pomak u smislu uspješnosti i učinkovitosti,
- lučki sustavi u okruženju imaju brojne i vrlo razvijene luke u više zemalja (Italija, Slovenija, Crna Gora, Albanija, Grčka),

- kroz neke od luka u okruženju prolaze uspješni servisi pomorskih prometnica i pozitivan su primjer uspješnosti u Europskoj Uniji,
- veći dio prometa kroz hrvatske luke ima odredište u zemljama Mađarske, Srbije, BiH te u samoj republici Hrvatskoj (ostala odredišta sudjeluju u iznimno malom postotnom udjelu stoga su zanemariva).

Modele razvijene i analizirane na području Republike Hrvatske moguće je primijeniti na bilo koje područje u svijetu s obzirom da su u analizu uzete sve kombinacije funkcioniranja te da će se analize provesti na temelju kriterija koji nemaju prostornu ovisnost.

5.3. ANALIZA I USPOREDBA PREDLOŽENIH MODELA IMPLEMENTACIJE EKOLOŠKI ODRŽIVOG SUSTAVA MORSKIH AUTOCESTA

Trenutno stanje tržišne potražnje, pripadajuća gravitacijska tržišta, promet po lukama i način funkcioniranja luka uzeti su u obzir kod modeliranja mogućih načina razvoja lučkih sustava u Republici Hrvatskoj u cilju implementacije sustava morskih autocesta u funkciji zaštite okoliša. Osim spomenutog, analizirane su sve morske luke Republike Hrvatske otvorene za javni promet od međunarodnoga značenja s ciljem procjene mogućnosti njihova nacionalnog povezivanja, te definicije trenutnog stanja i načina funkcioniranja promatranih luka. Usporedba se provodi na temelju geografskih položaja luka te infrastrukturnih i suprastrukturnih kapaciteta svake luke, funkcionalnosti veze s infrastrukturom kopnenog načina prijevoza u nastavku prijevoznog puta te načina funkcioniranja kontejnerskog i RO-RO sustava u promatranim lukama.

Izrađeno je pet modela funkcioniranja lučkih sustava u funkciji njihova daljnjeg ekološki održivog razvoja te je svaki od predloženih modela detaljno analiziran. Predloženi modeli odnose se na optimizaciju funkcioniranja i razvoja luka i lučkih sustava, međutim bitno je napomenuti kako predloženi modeli funkcioniranja direktno utječu na zaštitu okoliša i smanjenje onečišćenja okoliša na cjelokupnim promatranim pravcima, uključujući morski i kopneni dio. Predloženi modeli mogu biti uspješni i ekološki održivi i doprinjeti zaštiti okoliša ako koriste pravce kroz promatrane modele lučkih sustava. Optimalno postavljeni modeli lučkih sustava, razvijene lučka infrastruktura i suprastruktura, te spojna cestovna i željeznička infrastruktura u najvećem dijelu otklanjaju potencijalne probleme u funkcioniranju sustava morskih

autocesta te smanjuju onečišćenje okoliša kroz te promatrane prometne pravce. U daljnjoj analizi detaljno će se obraditi predložene modele: (1) model samostalnih luka, (2) model nacionalno grupiranih luka, (3) model jedne luke, (4) model dvije luke i (5) model tri luke.

5.3.1. Model samostalnih luka

Trenutni način funkcioniranja luka u Republici Hrvatskoj može biti shvaćen kako model samostalnih luka s obzirom da su svih šest luka samostalne i neovisne u svojem razvoju i funkcioniranju. Odnosi se to na donošenje planova razvoja, konstruiranja financijskih mehanizama za financiranje razvoja te redovitom financiranju poslovanja. Luke razvojno vode Lučke uprave koja su zadužene za upravljanje lučkim područjem. Razvoj se financira iz državnog proračuna i dijelom iz samostalnih prihoda (koncesije i sl.). Dakle, promatranih šest luka su potpuno neovisne i same konstruiraju svoje poslovanje i integraciju u prometne tokove RH i Europe. Pozitivno je to u smislu podizanja razine kvalitete s obzirom na konkurentni status, no svakako negativno kada se uzme u obzir da svaka luka mora imati funkcionalnu vezu visokog kapaciteta s kopnenim načinima prijevoza. Tada to može predstavljati veliki problem jer je kopnena infrastruktura vrlo skupa za izgradnju, a ujedno njenu izgradnju ne financiraju lučki sustavi već nadležna tijela (željeznica, ceste) koje su neovisna i često ne dijele iste prioritete.

Također, pošto luke djeluju samostalno na tržištu pokušavaju izboriti što više tereta neovisno o daljnjem pravcu kretanja tereta, odnosno ne promatraju cjelokupni transportni pravac u odnosu na gravitirajuća tržišta. Lukama je bitno ostvariti maksimalni mogući prekrcajni učinak neovisno o kretanju. Ovaj model predviđa neovisnost u izradi planova razvoja, odlučivanju o investicijama, funkcioniranju luke te samostalno djeluje na tržištu. U isto vrijeme, luka se u radu oslanja isključivo na svoje kapacitete i ostale lučke sustave smatra konkurencijom. Tih šest luka u Republici Hrvatskoj su luke:

- Rijeka,
- Zadar,
- Šibenik,
- Split,
- Ploče, i

- Dubrovnik.

Slika 3: Model samostalnih luka



Izvor: Doktorand

Ovakvim načinom luke ne dijele infrastrukturu, ne surađuju u smislu optimiziranja kapaciteta, ne nastupaju zajednički na tržištu i međusobno su u konkurentskom odnosu.

5.3.2. Model nacionalno grupiranih luka

Model nacionalno grupiranih luka predviđa podjelu hrvatskih luka u tri skupine bazirane prema geografskom položaju. To su:

- riječka luka koja je zasebna cjelina,
- luke srednjodalmatinskog područja, Zadar, Šibenik i Split,
- luke južnodalmatinskog područja, Ploče i Dubrovnik.

Grupiranje luka znači:

- zajednički nastup na tržištu,
- zajedničko korištenje infrastrukturnih i suprastrukturnih kapaciteta što omogućuje ponudu realno puno većeg kapaciteta nego što to svaka luka zasebno može,

- optimizaciju infrastrukturnih kapaciteta što omogućuje izbjegavanje zagušenja i eliminaciju uskih grla,
- zajednička ulaganja,
- optimizaciju investicija,
- smanjenje novih investicija optimizacijom postojećih kapaciteta,
- zajednički nastup u osiguravanju funkcionalne željezničke i cestovne mreže visokog kapaciteta,
- ukupno smanjenje emisija štetnih ispušnih plinova prijevoznih sustava,
- ukupno smanjenje eksternih troškova prijevoza.

Slika 4: Model nacionalno grupiranih luka



Izvor: Doktorand

Luke su grupirane prema svojem prostornom položaju, ali i prema zaleđu kojemu prirodno gravitiraju. Naime, riječka luka promet ostvaruje za potrebe sjeverne i zapadne Hrvatske te srednje i istočne Europe. S druge strane trenutno srednjodalmatinske luke služe gotovo isključivo kao luke okolnog područja Republike Hrvatske i vrlo malo tereta ostvaruju za potrebe tranzita ili drugih dijelova RH. Južnodalmatinske luke imaju dvojaku ulogu. Luka Dubrovnik isključivo služi za putnički promet, ali u prošlosti ta je luka ostvarivala i relativno značajne količine teretnog prometa. Dakle, svakako postoji potencijal. Luka Ploče većim dijelom služi kao luka Bosne i Hercegovine te gotovo da i nema tereta koji ima polazište ili

odredište u zemljama Europske Unije. No, luka Ploče nalazi se na najkraćem putu prema Budimpešti, Beogradu i tržištima koji gravitiraju tom području.

5.3.3. Model jedne luke

Modelom jedne luke predviđa se koncentriranje ukupnog tereta na pravac kroz jednu luku. To podrazumijeva specijalizaciju te luke te namjerno odustajanje ostalih luka Republike Hrvatske od razvoja i implementacije sustava morskih autocesta. Time se maksimalno pogoduje povećanju konkurentnosti te luke u odnosu na ostale luke u regiji. Veća količina ostvarenog tereta omogućava luci da se brže razvija, a s obzirom da su trenutne količine tereta koje prolaze kroz hrvatske luke ukupno manje od prometa tereta u konkurentskim susjednim lukama, logično je da nacionalne luke „udruže snage“ i usmjere ukupan teret na jednu luku i barem na taj način pomognu ostvariti pozitivan efekt. Na temelju analize stanja prometa u hrvatskim lukama, stanja lučke infrastrukture, stanja infrastrukture kopnenih veza, prostornog položaja, postojećih planova i stvarnog ulaganja u luke, doktorand je kod ovog modela odabrao luku Rijeka kao potencijalnu luku za ostvarivanje modela jedne luke.

Slika 5: Model jedne luke



Izvor: Doktorand

Prema ovom modelu, odabrana luka je prioritarna za Republiku Hrvatsku, njena specijalizacija ide prema kontejnerskom prometu (Lo-Lo) i Ro-Ro tehnologiji i nužna su ulaganja kako bi infrastruktura luke i spoja s kopnenim načinima prijevoza

besprijekorno funkcionirala. Prednost ovog modela je višestruko smanjivanje potrebnog infrastrukturnog ulaganja s obzirom da se radi o samo jednoj luci. No s druge strane, nedostatak je namjerno zanemarivanje ostalih luka od ovog tržišnog segmenta i potencijalna prijetnja u smislu njihove održivosti.

5.3.4. Model dvije luke

Slično kao i kod modela jedne luke, model dvije luke predviđa koncentriranje ukupnog tereta i potrebnog infrastrukturnog ulaganja na dva pravca, odnosno dvije luke. Ostale luke namjerno zanemaruju daljnji razvoj kontejnerskog i Ro-Ro teretnog prometa u korist ove dvije luke. Luke Rijeka i Ploče svoj daljnji razvoj podjednako podjednako usmjeravaju kontejnerskom i Ro-Ro prometu.

Slika 6: Model dvije luke



Izvor: Doktorand

Ovakav model može se koristiti kada je logična i potrebna podjela na geografska tržišta kako bi se smanjili štetni učinci prijevoznih sustavca, pritom misleći na emisije štetnih ispušnih plinova te ekoloških i socio-ekonomskih troškova prijevoza. Model omogućuje usku specijalizaciju tih luka (za kontejnerski i/ili Ro-Ro promet), usmjeravajući sve aktivnosti na razvoj infrastrukture i promociju te dvije tehnologije. Opredjeljenje države je jasno, razvija se sva povezujuća infrastruktura (cestovna i željeznička) na te dvije luke kako bi se omogućio nesmetani protok i

povećala pouzdanost. Analizom trenutnog stanja infrastrukture, planova i stvarnih ulaganja, te prostorne pozicije u smislu gravitacijskog područja spomenuto je posebice izraženo na primjeru Republike Hrvatske koji se razmatra u pogledu definicije modela dvije luke. Rijeka prirodno gravitira sjevernom Jadranu i zemljama u zaleđu i za ta tržišta je svakako najkraći i optimalni put, dok luka Ploče gravitira južnodalmatinskom i bosansko-hercegovačkom prostoru i tržištu s potencijalom opsluživanja zemalja jugoistočne Europe (Mađarska, Bugarska, Rumunjska, Srbija, itd.).

5.3.5. Model tri luke

U slučaju modela tri luke, luke su klasificirane obzirom na postojeće infrasturkturane kapacitete te prema logičnoj podjeli prema gravitirajućim tržištima. Luke koje čine model su: Rijeka, Zadar i Ploče.

Slika 7: Model tri luke



Izvor: Doktorand

U promatranom modelu dvije luke se specijaliziraju za kontejnerski promet; Rijeka i Ploče, a jedna za Ro-Ro promet; Zadar. Ovakvim modelm lučkog sustava minimiziraju se nove investicije, ostvaruje se znatna ušteda pri ulaganju u infrastrukturu, te smanjuje onečišćenje okoliša. Razlog tomu je što obje tehnologije zahtijevaju drugačiji pristup i različito planiranje luke. Klasična kontejnerska luka, osim velikog prostora za skladištenje i manipulaciju kontejnerima, zahtjeva i izvrsnu

željezničku i cestovnu komunikaciju, ali relativno mali operativni prostor za kamione, dok se specijalizirana Ro-Ro luka upravo oslanja na cestovni prijevoz i taj prostor mora biti bez fizičkih i operativnih ograničenja. U konačnici je izrazita razlika u planiranju prostora i financijskom ulaganju u infrastrukturu. Stoga je razumno razmišljati o odvajanju specijalizacija luka, stvoriti uštedu u infrastrukturnom ulaganju i ta financijska sredstva uložiti u organizacijsko usavršavanje budućih servisa (promocija, informatička podrška, interakcija s cestom i željeznicom, osigurana razina kvalitete i sl.).

Spomenuto je posebice izraženo na primjeru Republike Hrvatske koji se razmatra. Naime, luke Rijeka i Ploče imaju u odnosu na ostale hrvatske luke iznimno razvijenu i kvalitetnu lučku infrastrukturu u pogledu kontejnerskog prometa, dok luka Zadar na prostorima Gaženice ima novoizgrađenu visokofunkcionalnu infrastrukturu u pogledu Ro-Ro sustava prijevoza. S obzirom na prostornu blizinu spomenutih luka, može se zaključiti kako ni sa ekološke niti ekonomske strane nema smisla graditi novi kontejnerski terminal u luci Zadar, kao niti u luci Rijeka ili Ploče provoditi visoka infrastrukturna ulaganja u funkciji razvoja Ro-Ro sustava prijevoza. Obzirom na spomenuto može se zaključiti kako je optimizacija kapaciteta od iznimne važnosti, te jedino ispravno rješenje.

6. ANALIZA I OCJENA KRITERIJA ZA IMPLEMENTACIJU EKOLOŠKI ODRŽIVOG SUSTAVA MORSKIH AUTOCESTA

Održivost je karakteristika procesa ili stanja da bude na određenoj razini u nedogled. Ako se ta definicija primjeni na ljudsku zajednicu, to je mogućnost zadržavanja načina života u nedogled. Pojam održivost ima korijene u ekologiji kao sposobnost ekosistema da zadrži ekološke procese, funkcije, bioraznolikost i produktivnost u budućnosti. Održivost zahtjeva da se ljudske aktivnosti koriste samo onoliko koliko je priroda u stanju obnoviti. Posljednjih godina, javne rasprave dovele su do korištenja pojma održivosti u raznim područjima, međutim svugdje znači isto, mogućnost razvitka sistema koji može trajati zauvijek, respektirajući prirodu.

Odluku o odabiru pravca prijevoza tereta organizator prijevoza donosi na temelju više elemenata koji čine pojedini pravac konkurentnijim u odnosu na druge. U tom slučaju elementi su kriteriji koji doprinose ekološkoj zaštiti, smanjenju onečišćenja, te optimizaciji i funkcionalnosti postojećih infrastrukturnih kapaciteta određenog modela. Pod tom pretpostavkom moguće je identificirati kriterije koji čine konkurentnost pravca u funkciji zaštite okoliša i smanjenja onečišćenja te je moguća njihova usporedba u različitim scenarijima. Također, pri planiranju sustava morskih autocesta na promatranom području nužno je ispitati stupanj razvijenosti i uhodanosti postojeće prometne infrastrukture, te definirati područja koja ne mogu osigurati spomenute karakteristike. Luke s već osiguranom infrastrukturom biti će visoko ocijenjene, pošto nužnost gradnje novih infrastrukturnih kapaciteta iziskuje uz velika financijska ulaganja i novi pritisak na okoliš što nije u funkciji njegove zaštite i očuvanja.

Analizom dostupne literature, knjiga, studija, znanstvenih članaka, razgovorom s gospodarstvenicima (luke, prijevoznici, organizatori prijevoza), djelatnicima lučkih uprava te mnogih stručnjaka iz područja lučkog sektora i intermodalnosti može se zaključiti da ne postoji jedinstveni i cjeloviti popis ekoloških kriterija koji sustav morskih autocesta mora zadovoljiti kako bi se osigurala njegova ekološka učinkovitost i održivost.

Identificiranje i definiranje kriterija vrednovanja razvoja i ekološke održivosti sustava morskih autocesta nije moguće bez detaljnog izračuna i analize postavljenih modela luka u odnosu na gravitirajuća tržišta; emisija štetnih plinova koji se ispuštaju u atmosferu, analize ekoloških i socio-ekonomskih eksternih troškova koji nastaju

prijevozom. Također, u funkciji optimizacije i minimizacije novih infrastrukturnih investicija koje vrše nove negativne učinke po okoliš, potrebno je identificirati i definirati postojeće infrastrukturne kapacitete morskih luka. Provest će sustavna analize svakog podelementa postojećih infrastrukturnih kapaciteta pojedine luke te prateće infrastrukture, odnosno infrastrukturne povezanosti sa zaleđem (gravitirajućim tržištima). S obzirom na spomenuto te za jasno razumijevanje, određivanje i analizu kriterija za ekološko vrednovanje i implementaciju održivog sustava morskih autocesta nužno je obraditi sljedeće tematske jedinice: (1) analiza i definiranje kriterija emisija ispušnih plinova, (2) analiza i definiranje relevantnosti kriterija eksternih troškova prijevoza, i (3) analiza i definiranje relevantnosti kriterija postojećih infrastrukturnih kapaciteta.

6.1. ANALIZA I OCJENA KRITERIJA EMISIJE ISPUŠNIH PLINOVA

Promet velikim dijelom utječe na okoliš, na taj način da ga zagađuje zrak ispušnim plinovima. Svaka litra izgorjelog goriva, u vrlo općenitim okvirima, uzrokuje ispuštanje u atmosferu 100 g ugljičnog monoksida, 20 g hlapljivih organskih spojeva, 30 g dušikovih oksida, 2.5 kg ugljičnog dioksida te još niz drugih spojeva uključujući olovne spojeve, sumporne spojeve i krute čestice.¹⁰² Svaki od spomenutih ispušnih plinova je u nekoj mjeri vezan za zagađenje zraka, od kojih neki djeluju lokalno direktno na zdravlje ljudi, dok drugi djeluju globalno uzrokujući globalne promjene kao što je efekt staklenika. Kako bi se precizno utvrdile količine ispuštenih emisija štetnih plinova na definiranim relacijama u ovom dijelu rada prikazati će se proračuni pojedinih relacija, odnosno proračun emisija ispušnih plinova, obzirom na korištenje pojedinih sustava prijevoza.

6.1.1. Definicija podkriterija emisije ispušnih plinova

U ovom poglavlju analizirati će se štetni ispušni plinovi kao što su primjerice njihov kemijski sastav, koncentracije pojedinih štetnih komponenti u ispušnim plinovima te dopuštene koncentracije štetnih tvari u zraku naseljenih i industrijskih mjesta. U nastavku slijedi kratki opis pojedinih štetnih plinova (podtkriterija); 1) NO_x –

¹⁰² Medved, Saša: *Procjena emisije ispušnih plinova u cestovnom prometu korištenjem metode MEET*, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Diplomski rad (objavljeno), Zagreb, 2004., p. 1.

dušični oksidi, 2) SO_x – sumporni oksidi, 3) CO – ugljični monoksidi, 4) CO₂ – ugljični dioksidi, 5) NMHC – nemetanski ugljikovodici, 6) PM 10 – čestice, čađa.

6.1.1.1. NO_x – dušični oksidi

Dušični oksidi, koji nastaju izgaranjem goriva pri visokim temperaturama, su dušikov oksid (NO) i otrovan dušikov dioksid (NO₂) i ovisni su o faktoru zraka. Najveća je koncentracija u području blago siromašne, dok opada u području bogate ili siromašne smjese. Prvi se stvara NO, a zatim NO₂, koji brzo prodire u pluća gdje se spaja s hemoglobinom i proizvodi spojeve koji blokiraju njegovu normalnu funkciju. Posljedice su smanjenje funkcije dišnog sustava i smanjenje otpornosti na infekcije, a u prisutnosti CO ovaj plin izaziva i smrtna trovanja.¹⁰³

6.1.1.2. SO_x – sumporni oksidi

Sumpor (IV) oksid nalazi se u deset puta većoj koncentraciji kod dizelskih u odnosu na benzinske motore, zbog povećane količine sumpora u dizelskom gorivu. Ovaj plin nepovoljno djeluje na čovjeka i biljke te uzrokuje koroziju. Nastaloženi sulfati štetno djeluju na ljude, pošto ih čovjek udiše u obliku vrlo sitnih čestica koje pluća ne mogu iskašljati. Još se jedna opasnost očituje u tome što sumpor (IV) oksid u atmosferi oksidira u SO₃, koji u kontaktu s vodom prelazi u sulfatnu kiselinu, što rezultira nastankom „kiselih kiša“.¹⁰⁴

6.1.1.3. CO – ugljični monoksidi

Ugljik (II) oksid, kao produkt nepotpunog izgaranja, u najvećoj količini prisutan je u području bogate smjese, tj. što je smjesa bogatija to je njegova koncentracija viša. Minimalne vrijednosti CO postižu se za faktor zraka $\lambda=1$ (faktor zraka količnik je stvarno usisane i teoretski probne količine zraka), kada je usisana masa zraka jednaka teoretskoj. Ista količina propisana je i zakonom.

CO je otrovan plin bez boje i mirisa. Puno je brži u vezivanju za hemoglobin od kisika, čime smanjuje njegovu sposobnost prenošenja u krvi. Iz tog razloga, već i

¹⁰³ Golubić, Jasna: *Promet i okoliš*, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 1999., op. cit., p. 28.

¹⁰⁴ Ibidem, p. 30.

mala koncentracija CO izaziva gubitak svijesti i trovanje, čak i smrt. Zbog njegove velike otrovnosti, ne smije se dopustiti rad motora, odnosno emisija ispušnih plinova u zatvorenim prostorima. Osim negativnog utjecaja na ljudsko zdravlje, ovaj plin ima loš utjecaj i na okoliš, zbog čega mu se posvećuje i najveća pozornost.¹⁰⁵

6.1.2.4. CO₂ – ugljični dioksidi

Ugljični dioksid (CO₂) je bezbojan neotrovan plin, proizvod izgaranja ugljika i organskih spojeva uz dovoljnu prisutnost kisika te disanja ljudi i životinja, a zelene biljke ga troše i prerađuju u složene organske spojeve (fotosinteza). Od početka industrijske revolucije (potkraj 18. stoljeća) sveukupna koncentracija CO₂ u atmosferi povećana je za 30%. Devedeset posto plinova koji izazivaju „učinak staklenika“, dolazi iz najrazvijenijih zemalja Europe i SAD-a. Polovica toga ostane u atmosferi, a jedan dio se taloži u oceanima i vegetaciji. Učinak (efekt) staklenika (eng. green-house effect ili hotbed phenomenon, njem. Treibhauseffekt) je pojava povećanja temperature zemlje zbog različite propusnosti atmosfere za kratkovalno i dugovalno sunčevo zračenje (poput staklenika) te onečišćenja atmosfere (napose sa CO₂). Štetni plinovi, najviše CO₂ ne dopuštaju „prirodan“ povrat topline natrag u atmosferu. Odnosno, CO₂ propušta kratkovidno sunčevo zračenje na zemlju, ali ne propušta zemljino dugovalno zračenje u atmosferu, tako da ta toplina biva zadržana, čime se dodatno povećava temperatura zraka. Rezultat je taj – što se više CO₂ ispušta u atmosferu, to je nepropusnost veća, a zemljina klopka „staklenika“ sve čvršća. U stvaranju staklenika CO₂ sudjeluje sa 50%, metan 20%, flurokloro-vodici 17%. Ako usporedimo emisije CO₂ u cestovnom prometu s ostalim oblicima prometa, onda na cestovni promet otpada 80% onečišćenja ugljik (IV) oksidom, na zračni promet oko 11%, a na željeznički oko 4% i oko 5% na ostale oblike prometa. Čak 80% od ukupnog CO₂ u prometu emitiraju automobil stariji od 5 godina.¹⁰⁶

Ne postoji tehnologija koja bi omogućila uklanjanje CO₂ iz ispušnih plinova. Budući da izgaranjem fosilnih goriva (nafte, zemljinog plina, ugljena) nastaje CO₂ bit će potrebno smanjiti potrošnju fosilnih goriva razvojem automobila sa smanjenom potrošnjom goriva ili promjenom ponašanja u prometu, kao i uporabom alternativnih goriva. Nema sumnje da su današnja suvremena cestovna vozila znatno sigurnija,

¹⁰⁵ Ibidem, p, 24.

¹⁰⁶ Ibidem, p, 20.

komfortnija i štedljivija nego prijašnja, ali i ekološki povoljnija. Zahvaljujući smanjenju utroška energije, uklanjanju kloroflourovodika iz klimatskih uređaja, smanjenju emisija štetnih tvari leži „potencijal efekta staklenika „ jednog modernog vozila za 40 % niže u odnosu na vozila proizvedena 1983. godine.¹⁰⁷

6.1.1.5. NMHC – nemetanski ugljikovodici

Nemetanski ugljikovodici su, također, produkt nepotpunog izgaranja. Sastojeći su goriva, koje bi u potpunosti trebalo izgorjeti, ali se u realnim uvjetima izgaranja to nikada ne dogodi, pa se mogu u većoj ili manjoj količini naći u ispušnom plinu motornih vozila. Najmanja koncentracija HC postiže se u području blago siromašne smjese, a što je smjesa bogatija, to je njihova koncentracija (kao i kod CO) veća. Također, i u području naglašeno siromašne smjese njihova se koncentracija u ispušnim plinovima povećava. Pare ugljikovodika djeluju na središnji živčani sustav i imaju narkotičko djelovanje. Niskomolekularni ugljikovodici, koji se nalaze u ispušnim plinovima benzinskih motora, djeluju nadražujuće, dok su visokomolekularni ugljikovodici, koje nalazimo kod dizelskih motora, toksični. Ako se CH pri izgaranju ne oksidiraju, mogu nastati različiti aromatski spojevi, koji su toksični, a posebno treba izdvojiti najtoksičniji, benzen. On kod čovjeka može uzrokovati rak krvi i kostiju te tumore slezene, jetra i bubrega, ako se radi o prekoračenju dopuštenih koncentracija.¹⁰⁸

6.1.1.6. PM 10 – čestice, čađa

Čađa i dim javljaju se kao problem kod ispušnih plinova dizelskih motora. Čađa je filtrat ispušnih plinova, koji se sastoji od čestica ugljika, a nastaje uz manjak kisika i visoku temperaturu, zbog nepotpunog miješanja goriva i zraka. Ugljikovi spojevi u česticama čađe nisu sami po sebi štetni, ali na sebe vežu različite toksične tvari. Dim je bitno spomenuti zbog ometanja vidljivosti na prometnicama, čime se smanjuje sigurnost u prometu.¹⁰⁹

¹⁰⁷ Ibidem, p. 21.

¹⁰⁸ Ibidem, p. 27.

¹⁰⁹ Ibidem, p. 30.

6.1.2. Proračun emisija štetnih ispušnih plinova

Identificiranje i definiranje kriterije vrednovanja razvoja i održivosti sustava morskih autocesta nije moguće bez detaljnog proračuna i analize svakog podkriterija unutar grupe emisije ispušnih plinova. Ispušni plinovi proračunati su uz pomoć Ecotransit software-a¹¹⁰ kao službenog software-a europske komisije u svezi računanja emisija ispušnih plinova, te se izračuni nalaze u prilogu.

EcoTransIT Initiative (EWI) je neovisna platforma pokrenuta potrebama industrije, za prijevoznike, pružatelje logističkih usluga i brodare posvećena održavanju i razvijanju globalno priznatih alata i metodologije za određivanje količine ugljikovog dioksida i procjene utjecaja na okoliš u teretnom prometnom sektoru. U skladu sa svojom vizijom povećanja transparentnosti utjecaja prijevoza tereta na okoliš, te da pokaže kontinuirano poboljšanje EcoTransIT metodologije i EcoTransIT World (ETW) kalkulatora, članovi EWI su naručili od svojih znanstvenih i IT partnera pružanje ažurirani izvješća o metodologiji. Metodologija je već ugrađena u kalkulator; prati smjernice norme EN 16258 „Metodologija za izračun i izjave o emisijama potrošnje energije i stakleničkih plinova prijevoznih usluga“, te integrira najnovija raspoloživa istraživanja za onečišćujuće tvari u zraku.

EcoTransIT World znači Ecological Transport Information Tool – alat koji se koristi u cijelom svijetu (ETW). To je besplatna internet aplikacija, koja pokazuje utjecaj teretnog prometa na okoliš - za bilo koju rutu puta u svijetu i bilo način prijevoza. Osim što pokazuje utjecaj jedne pošiljke, aplikacija analizira i uspoređuje različite transportne lance međusobno, i tako daje rješenje koje ima najmanji utjecaj. Za profesionalne korisnike, ETW nudi posebne usluge koje omogućuju tvrtkama za izračun veliki broj pošiljki odjednom. Ona pruža prilagođeno sučelje temeljeno na operativnim podacima pojedinog kupca i odgovora na njegove potrebe i zahtjeve. Korporativna baza podataka može biti ispunjena sa svim informacijama potrebnim za dobivanje specifičnih izvješća o okolišu, regionalnih zaliha, uspostaviti izvještavanje o ugljikovom dioksidu ili dati njegove referentne vrijednosti. S tim ciljem na umu, EcoTransIT World se naročito služi:

- tvrtkama koje žele smanjiti štetan utjecaj svojih pošiljaka po okoliš;

¹¹⁰ <http://www.ecotransit.org/>

- prijevoznicima i pružateljima logističkih usluga koji se suočavaju s rastućim zahtjevima kupaca, kao i propisa kako bi pokazali svoju emisiju ugljičnog dioksida i poboljšati svoje logističke lance iz perspektive zaštite okoliša;
- donositeljima političkih odluka, potrošačima i nevladinim organizacijama koje su zainteresirane za temeljitu usporedbu okoliša logističkih koncepata, uključujući sve oblike prijevoza (kamioni, željeznički, brodski, avionski i kombinirani).

Obuhvaćeni parametri za zaštitu okoliša su potrošnja energije, ugljični dioksid (CO₂), zbroj svih stakleničkih plinova (mjerena kao ekvivalent CO₂) i zagađivača zraka, kao što su dušikovi oksidi (NO_x), sumporov dioksid (SO₂), nemetanski hidrogenkarbonati (NMHC) i sitne čestice (PM). Relevantni parametri kao što su obilježja rute i udaljenosti, faktor opterećenja i praznih putovanja, veličini vozila i tip motora su pojedinačno uzeti u obzir i mogu se mijenjati od strane korisnika.¹¹¹

U nastavku, u cilju jasnog razumijevanja izrade proračuna emisija štetnih ispušnih plinova obraditi će sljedeće tematske jedinice: (1) Proračun i analiza kopnenog dijela prijevoza, (2) Proračun i analiza pomorskog dijela prijevoza i (3) Analiza i usporedba kopnenih i pomorskih prijevoznih sustava.

6.1.2.1. Proračun i analiza kopnenog dijela prijevoza

Unutar ovoga poglavlja proračunati će se emisije ispušnih plinova za svaku luku pojedino prema pojedinoj relaciji u odnosu na identificirana gravitirajuća tržišta. Tako će se proračunati vrijednosti emisija ispušnih plinova na kopnenom dijelu prijevoza, cestovnom i željezničkom sustavu, prema sljedećim tržištima; Zagreb, Budimpešta, Beograd i Sarajevo.

Cestovni promet, obzirom na svoj obim (broj prevaljenih putničkih kilometara), potrošeno gorivo i zauzimanje prostora cestovnom infrastrukturom, te bukom kao komponentom opterećenja okoliša, najznačajnija je prometna grana kod onečišćavanja okoliša. Utječe na onečišćenje svih sastavnica: zraka, vode (i mora), tla, biljnog i životinjskog svijeta. Kako bi se smanjio njegov štetan utjecaj potrebno je optimizirati kapacitete, odnosno smanjiti cestovni dio puta unutar određenog sustava

¹¹¹ Knörr, Wolfram; Schmied, Martin; Anthes, Ralph; Seum, Stefan; Kutzner, Frank: EcoTransIT World Initiative - **Ecological Transport Information Tool for Worldwide Transports**, Berne – Hannover – Heidelberg, 2014., p. 5.

morskih autocesta jer su emisije štetnih ispušnih plinova najviše u promatranom sustavu prijevoza. Od štetnih tvari što pri izgaranju fosilnoga goriva u atmosferu bivaju ispuštene u većim količinama te predstavljaju izravnu opasnost po ljudski okoliš zastupljeni su sljedeći kemijski spojevi:

- ugljični dioksid (CO_2),
- ugljični monoksid (CO),
- ugljikovodici (CH),
- dušični oksidi (Nox),
- sumporni dioksid (SO_2),
- krute čestice, čađa i teški minerali.

Željeznički promet u odnosu na cestovni promet gotovo je neznatan onečišćivač okoliša. Onečišćenje zraka posljedica je ovdje emisija u zrak radi izgaranja fosilnih goriva kod proizvodnje električne energije za pogon električnih lokomotiva, te emisija u zrak od dieselskog goriva kod pogona dieselskih lokomotiva. Emisije se kao i kod cestovnog prometa sastoje iz tvari koje oštećuju ozonski omotač, stakleničkih plinova i čestica. Željeznička infrastruktura utječe na biljni i životinjski svijet i krajobraz slično utjecaju ceste, ali u manjem obimu, radi mnogo kraće dužine željezničkih pruga i bitno manje širine koridora željezničke pruge. (Autocesta: 32 m, željeznička pruga: 6,6 m). Kod otpada od željezničkog prometa na prvom su mjestu toksični drveni pragovi (puni su ulja, maziva, herbicida i dr.), a zatim razni ostali dijelovi lokomotiva i vagona. Utjecaj buke željezničkog prometa u ukupnosti manji je od jedne desetine predmetnog utjecaja kod cestovnog prometa.

Željeznički promet se odvija na posebno, umjetno izgrađenom putu - željezničkim kolosijecima ili tračnicama i posebno izgrađenim vučenim sredstvima koja su prikladna prometovati samo na željezničkoj mreži određene širine, a ima posebnu organizaciju. Željeznički, kao i cestovni transport "nosi" značajnu količinu tereta između bliskih zemalja, osobito u Europi, gdje su transportne rute kratke. Razlikovanje propisane veličine tračnica u različitim zemljama sprječava dalekosežnost željeznice. U usporedbi sa svojim najvećim konkurentom, cestom, te s drugim prometnim granama željeznički transport i promet ide u kategoriju manjih onečišćivača okoliša.

Osnovne pretpostavke za optimalno funkcioniranje željezničkoga prijevoza i željezničkoga prometa jesu: visok stupanj razvijenosti željezničke infrastrukture i

željezničke suprastrukture, primjerena organizacija rada, upravljanja i rukovođenja, primjerena uporaba suvremenih prijevoznih tehnologija (npr. paletizacije, kontejnerizacije, Huckepack i Bimodalnih transportnih tehnologija), tržišno poslovanje svih aktivnih sudionika u željezničkome prometnom sustavu, primjereno reguliranje pravnoekonomskih odnosa, tj. obveza, prava i odgovornosti sudionika u željezničkome prometnom sustavu, primjereno funkcioniranje integralnoga prometnog informacijskog sustava (maksimalna kompatibilnost hardvera, softvera i između aktivnih sudionika, ali i sudionika iz okružja). Posebno značajno mjesto pripada operativnim i kreativnim prometnim menadžerima.

Europske željeznice s 3% ukupno potrošene energije obavljaju 23% robnoga i 9% putničkoga prometa. Cestovni promet s 85% potrošene energije obavlja 61% robnoga i 84% putničkoga prometa, a zračni promet s 10% potrošene energije prevozi 7% putnika. U usporedbi s cestovnim prometom, željeznica nedvojbeno raspolaže prednostima dokazanima u pogledu prometne sigurnosti, energetske potrošnje i zaštite okoliša. Važno je napomenuti da se u Europi svake godine bez ikakvih ozbiljnijih incidenata željeznicom preveze 10 milijuna tona opasnih tvari. Od štetnih tvari koje pri izgaranju fosilnoga goriva u atmosferu bivaju ispuštene u većim količinama te predstavljaju izravnu opasnost po ljudski okoliš zastupljeni su sljedeći kemijski spojevi:

- ugljični dioksid (CO₂),
- ugljični monoksid (CO),
- ugljikovodici (CH),
- dušični oksidi (Nox),
- sumporni dioksid (SO₂),
- krute čestice, čađa i teški minerali.

Navedeni plinovi uz energetske potrošnje proračunat će se za svaku luku u odnosu na postavljena gravitirajuća tržišta; Zagreb, Budimpešta, Beograd, Sarajevo. Ispušni plinovi proračunati su uz pomoć Ecotransit software-a kao službenog software-a europske komisije u svezi računanja emisija ispušnih plinova. U nastavku će biti prikazane detaljne tablice (tablice 2, 3, 4 i 5) sa prikazanim proračunatim vrijednostima za sljedeće luke odnosno relacije prema pripadajućim gravitacijskim tržištima:

1. Zagreb (Hrvatska);

- Luka Rijeka,
- Luka Zadar,
- Luka Šibenik,
- Luka Split,
- Luka Ploče,
- Luka Dubrovnik.

2. Budimpešta (Mađarska);

- Luka Rijeka,
- Luka Zadar,
- Luka Šibenik,
- Luka Split,
- Luka Ploče,
- Luka Dubrovnik.

3. Beograd (Srbija);

- Luka Rijeka,
- Luka Zadar,
- Luka Šibenik,
- Luka Split,
- Luka Ploče,
- Luka Dubrovnik.

4. Sarajevo (BiH);

- Luka Rijeka,
- Luka Zadar,
- Luka Šibenik,
- Luka Split,
- Luka Ploče,
- Luka Dubrovnik.

Tablica 1: Izračun emisija ispušnih plinova cestovnog i željezničkog prijevoznog sustava na relaciji između morskih luka i gravitirajućeg tržišta; Zagreb

Relacija	Prijevozni sustav	Udaljenost [km]	Teret [t]	Potrošnja energije [megajoule]	Ugljični dioksid (CO ₂) [t]	Nemetanski ugljikovodik (NMHC) [kilogram]	Čestice, čađa (PM ₁₀) [kilogram]	Ugljični monoksid (CO) [t]	Dušični oksid (NO _x) [kilogram]	Sumporni oksid (SO _x) [kilogram]
Rijeka - Zagreb	Cestovni prijevoz	160,77	20	3.501,00	0,252	0,109	0,027	0,242	0,712	0,282
	Željeznički prijevoz	208,71	20	1.214,00	0,063	0,006	0,005	0,058	0,053	0,046
Zadar - Zagreb	Cestovni prijevoz	283,22	20	6.132,00	0,440	0,190	0,047	0,420	1,210	0,490
	Željeznički prijevoz	374,94	20	2.304,00	0,150	0,190	0,051	0,140	1,550	0,150
Šibenik - Zagreb	Cestovni prijevoz	333,25	20	7.207,00	0,520	0,220	0,055	0,500	1,410	0,580
	Željeznički prijevoz	354,09	20	2.172,00	0,140	0,170	0,047	0,130	1,420	0,140
Split - Zagreb	Cestovni prijevoz	402,93	20	8.718,00	0,630	0,270	0,066	0,600	1,710	0,700
	Željeznički prijevoz	378,39	20	2.325,00	0,150	0,190	0,051	0,150	1,570	0,160
Ploče - Zagreb	Cestovni prijevoz	506,75	20	10.967,00	0,790	0,339	0,084	0,760	2,160	0,880
	Željeznički prijevoz	624,53	20	3.632,00	0,190	0,018	0,014	0,170	0,160	0,140
Dubrovnik - Zagreb	Cestovni prijevoz	595,23	20	12.956,00	0,931	0,403	0,099	0,894	2,631	1,042
	Željeznički prijevoz	-	20	-	-	-	-	-	-	-

Izvor: Doktorand, modificirao prema EcotransIT.

Tablica 2: Prikaz usporedbe emisija ispušnih plinova cestovnog i željezničkog prijevoznog sustava na relaciji između morskih luka i gravitirajućeg tržišta; Budimpešta

Relacija	Prijevozni sustav	Udaljenost [km]	Teret [t]	Potrošnja energije [megajoule]	Ugljični dioksid (CO ₂) [t]	Nemetanski ugljikovodik (NMHC) [kilogram]	Čestice, čađa (PM ₁₀) [kilogram]	Ugljični monoksid (CO) [t]	Dušični oksid (NO _x) [kilogram]	Sumporni oksid (SO _x) [kilogram]
Rijeka - Budimpešta	Cestovni prijevoz	505,23	20	10.945,00	0,790	0,339	0,084	0,760	2,170	0,880
	Željeznički prijevoz	563,82	20	3.797,00	0,180	0,044	0,014	0,160	0,180	0,180
Zadar- Budimpešta	Cestovni prijevoz	627,68	20	13.575,00	0,980	0,420	0,103	0,940	2,660	1,090
	Željeznički prijevoz	730,05	20	4.887,00	0,270	0,220	0,060	0,250	1,670	0,290
Šibenik- Budimpešta	Cestovni prijevoz	677,70	20	14.651,00	1,050	0,450	0,112	1,010	2,870	1,180
	Željeznički prijevoz	709,19	20	4.755,00	0,260	0,210	0,056	0,240	1,550	0,280
Split- Budimpešta	Cestovni prijevoz	747,38	20	16.162,00	1,160	0,500	0,123	1,120	3,170	1,300
	Željeznički prijevoz	733,49	20	4.908,00	0,270	0,230	0,060	0,250	1,690	0,290
Ploče- Budimpešta	Cestovni prijevoz	851,21	20	18.410,00	1,320	0,569	0,140	1,270	3,610	1,480
	Željeznički prijevoz	875,45	20	5.422,00	0,270	0,043	0,021	0,250	0,250	0,230
Dubrovnik- Budimpešta	Cestovni prijevoz	936,14	20	20.286,00	1,464	0,628	0,156	1,407	4,022	1,631
	Željeznički prijevoz	-	20	-	-	-	-	-	-	-

Izvor: Doktorand, modificirao prema EcotransIT.

Tablica 3: Prikaz usporedbe emisija ispušnih plinova cestovnog i željezničkog prijevoznog sustava na relaciji između morskih luka i gravitirajućeg tržišta; Beograd

Relacija	Prijevozni sustav	Udaljenost [km]	Teret [t]	Potrošnja energije [megajoule]	Ugljični dioksid (CO ₂) [t]	Nemetanski ugljikovodik (NMHC) [kilogram]	Čestice, čađa (PM ₁₀) [kilogram]	Ugljični monoksid (CO) [t]	Dušični oksid (NO _x) [kilogram]	Sumporni oksid (SO _x) [kilogram]
Rijeka - Beograd	Cestovni prijevoz	553,16	20	11.978,00	0,860	0,371	0,091	0,830	2,360	0,960
	Željeznički prijevoz	621,95	20	3.617,00	0,190	0,018	0,014	0,170	0,160	0,140
Zadar - Beograd	Cestovni prijevoz	675,61	20	14.609,00	1,050	0,450	0,111	1,010	2,860	1,180
	Željeznički prijevoz	686,14	20	4.114,00	0,240	0,190	0,058	0,230	1,630	0,220
Šibenik - Beograd	Cestovni prijevoz	552,41	20	12.045,00	0,870	0,370	0,093	0,830	2,470	0,970
	Željeznički prijevoz	665,29	20	3.982,00	0,240	0,180	0,054	0,220	1,500	0,210
Split - Beograd	Cestovni prijevoz	542,18	20	11.820,00	0,850	0,370	0,091	0,820	2,420	0,950
	Željeznički prijevoz	689,59	20	4.135,00	0,250	0,200	0,059	0,230	1,650	0,230
Ploče - Beograd	Cestovni prijevoz	495,03	20	10.721,00	0,769	0,332	0,081	0,743	2,112	0,859
	Željeznički prijevoz	608,95	20	3.542,00	0,180	0,017	0,014	0,170	0,160	0,130
Dubrovnik - Beograd	Cestovni prijevoz	478,62	20	10.502,00	0,760	0,330	0,082	0,730	2,220	0,850
	Željeznički prijevoz	-	20	-	-	-	-	-	-	-

Izvor: Doktorand, modificirao prema EcotransIT.

Tablica 4: Prikaz usporedbe emisija ispušnih plinova cestovnog i željezničkog prijevoznog sustava na relaciji između morskih luka i gravitirajućeg tržišta; Sarajevo

Relacija	Prijevozni sustav	Udaljenost [km]	Teret [t]	Potrošnja energije [megajoule]	Ugljični dioksid (CO ₂) [t]	Nemetanski ugljikovodik (NMHC) [kilogram]	Čestice, čađa (PM ₁₀) [kilogram]	Ugljični monoksid (CO) [t]	Dušični oksid (NO _x) [kilogram]	Sumporni oksid (SO _x) [kilogram]
Rijeka - Sarajevo	Cestovni prijevoz	459,06	20	10.078,00	0,720	0,313	0,079	0,700	2,130	0,810
	Željeznički prijevoz	649,57	20	3.778,00	0,190	0,019	0,015	0,180	0,170	0,140
Zadar - Sarajevo	Cestovni prijevoz	359,98	20	7.871,00	0,570	0,240	0,061	0,540	1,630	0,630
	Željeznički prijevoz	598,84	20	3.606,00	0,220	0,190	0,056	0,210	1,600	0,200
Šibenik - Sarajevo	Cestovni prijevoz	287,66	20	6.303,00	0,450	0,200	0,049	0,440	1,320	0,510
	Željeznički prijevoz	577,99	20	3.474,00	0,210	0,180	0,052	0,200	1,480	0,190
Split - Sarajevo	Cestovni prijevoz	240,26	20	5.283,00	0,380	0,160	0,041	0,370	1,130	0,430
	Željeznički prijevoz	602,29	20	3.628,00	0,220	0,190	0,056	0,210	1,620	0,210
Ploče - Sarajevo	Cestovni prijevoz	194,37	20	4.258,00	0,304	0,132	0,033	0,296	0,901	0,342
	Željeznički prijevoz	181,21	20	1.054,00	0,054	0,005	0,004	0,050	0,046	0,040
Dubrovnik - Sarajevo	Cestovni prijevoz	231,00	20	5.079,00	0,370	0,160	0,040	0,350	1,080	0,410
	Željeznički prijevoz	-	20	-	-	-	-	-	-	-

Izvor: Doktorand, modificirao prema EcotransIT.

Proračunom dobivene (ulaznim parametrima uz pomoć EcotransIT software-a) prikazane vrijednosti u tablicama 2, 3, 4, i 5 koristiti će se u nastavku, kako bi se analizirale i definirale konačne vrijednosti ukupnih promatranih relacija odnosno pojedinih definiranih scenarija potrebne za postupak višekriterijskog odlučivanja.

6.1.2.2. Proračun pomorskog dijela prijevoza

Pomorski promet se odvija po moru, prirodnom i besplatnom putu raznim vrstama brodova i plovila, a zahtijeva umjetno izgrađene početne i završne točke - morske luke. Zbog velike udaljenosti ili zbog činjenice da voda razdvaja mnoge svjetske regije, pomorski promet je glavni način globalnoga transporta, te čini dvije trećine cjelokupnoga međunarodnog prometa. Temeljne vrste morskih luka: prometne, trgovačke i industrijske, predstavljaju stalni izvor onečišćenja ili opasnosti od onečišćenja (izljev ulja, nafte, fekalija, otrovnih tereta s brodova ili prilikom iskrcaja, prekrcaja, ukrcaja ili prijevoza tereta po naseljima s brodova ili do brodova smještenih u lukama). Luke su po pravilu mjesto izljeva gradskih i industrijskih otpadnih voda, zbog čega je lučki akvatorij i najonečišćeniji. Ako se tome pridodaju male luke, marine i turistički plovni objekti sve je očitije onečišćenje mora, zraka i plaža, a posebno kupaca zbog vožnje motornih plovila u zonama kupališta i preblizu obali.

Morski okoliš, to jest voda, zrak i obala, izložen je različitim štetnim utjecajima s brodova. Ekološki najrizičniji učinak uzrokuju štetne tvari (žive i nežive) koje se ispuštaju s brodova, zatim slijede toplina, buka i fizičko uništavanje flore i faune brodskim trupom ili različitom brodskom opremom. Štetne posljedice sve bržega tehnološkog i gospodarskog razvoja svijeta je onečišćenje okoliša koje je dostiglo toliko zabrinjavajuće razmjere da ga je teško tolerirati. Zato se na globalnoj razini sve više nameću ekološki i sigurnosni aspekti održivoga razvoja kao imperativi koji se moraju ugraditi u svaki rizičan sustav. Jedna od ekološki visoko rizičnih djelatnosti je morsko brodarstvo, stoga je od iznimne važnosti utvrditi opasnosti i štetne posljedice koje prijete morskom okolišu. Štetni učinci procjenjuju se prema tehničkim karakteristikama brodova, prema utjecaju štetnih tereta u pomorskom prometu, te prema ostalim štetnim posljedicama koje prijete od brodova u eksploataciji.

Najveća opasnost po morski okoliš prijeti od štetnih tvari koje se ispuštaju u more i atmosferu, međutim, niti ostala štetna djelovanja, poput topline ili buke nisu zanemariva. Štetne se tvari, klasificiraju se prema vrijedećim propisima i uobičajenoj pomorskoj praksi na dva načina, i to prema podrijetlu (izvoru onečišćenja) i prema agregatnom stanju. Pri sustavnoj analizi potrebno je za štetne tvari promatrati paralelno podrijetlo nastanka (čime se dobiva kemijski sastav tvari) i agregatna stanja (čime se dobivaju fizikalna svojstva tvari).

U atmosferu se s brodova ispuštaju plinovi i pare nastali kao posljedica izgaranja, isparavanja ili propuštanja različitih plinskih instalacija. Djelovanje plinova može biti toksično, eksplozivno i štetno za sastav atmosfere (efekt staklenika, uništavanje ozonskog omotača, itd.). Posljedice ispuštanja mogu biti izravne (neposredno onečišćenje) i neizravne (zapaljenje plinova i onečišćenje produktima izgaranja). Brodska goriva izgaranjem proizvode ispušne ili dimne plinove i oni se ispuštaju u atmosferu. Za potpuno izgaranje goriva potrebna je velika količina zraka, pa se on u fizikalno i kemijski promijenjenom obliku vraća u okoliš. Sastav ispušnih i dimnih plinova brodskih postrojenja najviše ovisi o vrsti goriva i kvaliteti izgaranja. Ekološki najrizičniji plinovi nastaju izgaranjem rezidualnih goriva u brodskim sporohodnim dizelskim motorima.

Plinovi koji nastaju kao posljedica izgaranja brodskih goriva najpogubniji su za okoliš, stoga je potrebno smanjiti, koliko je to moguće, njihov štetan utjecaj. Proizvođači brodskih dizelskih motora i znanstvenici istražuju mnoštvo tehnika kojima je osnovni cilj smanjenje dizelskih emisija u praktičnim okvirima, kao jednoga od segmenata globalnog onečišćenja. Razlog intenziviranja potrebe za rješenjem ovog problema jest sve veći porast onečišćenja atmosfere brodskim emisijama, i to zbog toga što je emisija stacionarnih proizvođača znatno smanjena donošenjem različitih ekoloških zakona. Sporohodni dizelski motori čine osnovu pogona većini velikih trgovačkih brodova. Kako bi se postigla što veća efikasnost brodskih dizelskih motora, skraćuje se vrijeme izgaranja goriva u cilindru, pa se motoru s dugim stapajem povećava kompresijski omjer. To dovodi do izgaranja goriva u cilindru pri višim temperaturama, što uzrokuje pojavu štetnih plinova.

Sumpor je jedan od sastojaka goriva sporohodnih dizelskih motora. Povećanje kvalitete goriva, tj. smanjenje udjela sumpora u gorivu, poskupljuje proizvodnju i time povisuje cijenu. Srednjohodni dizelski motori, kao i plinske turbine, rabe kvalitetnija

goriva, pa time smanjuju onečišćenje, ali imaju i manji stupanj iskoristivosti. Desumporizacija goriva na brodu ili „čišćenje” ispušnih plinova nakon izgaranja goriva zahtijeva dodatni prostor i manipulaciju ostatnim produktima. Ovakva ograničenja visoke iskoristivosti i povećanih ekoloških zahtjeva otvaraju, međutim, potrebu za razvojem novih pogonskih postrojenja. Putnički i ro-ro brodovi danas zato imaju prihvatljiviji elektromotorni pogon, intenzivno se radi i na razvoju nove generacije plinskih turbina, a i kombinirani pogonski sustavi nisu više iznimka. Istodobno veliki proizvođači dizelskih motora užurbano rade na novim rješenjima radi smanjenja štetnih emisija; formiraju se timovi stručnjaka čiji je jedini cilj razviti motor visoke iskoristivosti, rentabilnosti i ekološke prihvatljivosti. Emisija NO_x-a (dušikov oksid) prepoznata je kao najštetnija, pa se novi propisi odnose upravo na smanjenje te emisije, dok su propisi za smanjenje ostalih emisija tek u razvoju. Glavni onečišćivači atmosfere iz dizelskih i ostalih motora s unutrašnjim izgaranjem su:

- Dušikovi oksidi (NO_x) – njihova emisija utječe na stvaranje smoga i kiselih kiša. U atmosferi s hlapivim organskim spojevima i ostalim reaktivnim plinovima, a uz sunčevo zračenje, sudjeluje u stvaranju prizemnog ozona. Emisija dušikovih oksida neprestano raste kao rezultat povećanoga prometa; uglavnom nastaje kao posljedica izgaranja bilo kojega tekućeg goriva.
- Sumporni dioksid (SO₂) – poznat je kao „kisel” plin jer njegovom transformacijom nastaju kisel sastojci što se izdvajaju iz atmosfere u obliku kiselih kiša. Emisija SO₂ ovisi izravno o kvaliteti goriva, tj. o sadržaju sumpora u njemu.
- Ugljični monoksid (CO) – posljedica nepotpunog izgaranja goriva, utječe na stvaranje smoga i ozonskih rupa. Današnji motori imaju vrlo malu emisiju ugljičnog monoksida poradi visoke koncentracije kisika i efikasnoga procesa izgaranja.
- Ugljikovodici (HC) – sadržaj ugljikovodika u ispušnim plinovima ovisi o vrsti goriva, ugađanju i konstrukciji motora. Samo mali dio HC-a napustit će process neizgoren.
- Ugljični dioksid (CO₂) – iako nije otrovan, posvećuje mu se posebna pozornost kao osnovnom uzroku stvaranja efekta staklenika. Motori s visokim stupnjem iskoristivosti i uporaba goriva s niskim udjelom ugljika preduvjet su da se smanje te emisije.

Tablica 5: Prikaz izračuna emisija ispušnih plinova pomorskog prijevoznog sustava na relaciji između morskih luka i pozicije Otrantskih vrata

Relacija	Prijevozni sustav	Udaljenost [km]	Teret [t]	Potrošnja energije [megajoule]	Ugljični dioksid (CO ₂) [t]	Nemetanski ugljikovodik (NMHC) [kilogram]	Čestice, čađa (PM ₁₀) [kilogram]	Ugljični monoksid (CO) [t]	Dušični oksid (NO _x) [kilogram]	Sumporni oksid (SO _x) [kilogram]
Otrantska vrata - Rijeka	Pomorski prijevoz	703,76	20	1.630,000	0,126	0,159	0,134	0,125	3,036	0,825
Otrantska vrata - Zadar	Pomorski prijevoz	629,68	20	1.510,000	0,117	0,148	0,124	0,116	2,813	0,765
Otrantska vrata - Šibenik	Pomorski prijevoz	490,78	20	1.129,000	0,087	0,111	0,093	0,087	2,103	0,572
Otrantska vrata - Split	Pomorski prijevoz	435,22	20	1.107,000	0,086	0,108	0,091	0,085	2,062	0,561
Otrantska vrata - Ploče	Pomorski prijevoz	444,48	20	1.010,000	0,078	0,099	0,083	0,077	1,882	0,512
Otrantska vrata - Dubrovnik	Pomorski prijevoz	287,06	20	661,000	0,051	0,065	0,056	0,051	1,232	0,335

Izvor: Doktorand, modificirao prema EcotransIT.

6.1.2.3. Analiza i usporedba kopnenih i pomorskih prijevoznih sustava

Kako bi se analizirao te usporedio pojedini prometni pravac odnosno scenarij potrebno je proračunati prosječne vrijednosti emisija ispušnih plinova nastalih na pojedinom prometnom pravcu promatrajući prijevoz tereta od pozicije Otranskih vrata (ulaza u Jadransko more) do identificiranih gravitirajućeg tržišta kroz pojedinu morsku luku. Tako je primjerice prikazan proračun prosječnih vrijednosti promatranih emisija ispušnih plinova od pozicije Otranskih vrata do Zagreba za prometne pravce kroz svih šest identificiranih morskih luka koristeći pritom željeznički ili cestovni sustav prijevoza u kopnenom dijelu putovanja. Spomenuto je prikazano i za gravitacijska tržišta; Budimpešta, Beograd i Sarajevo. Svi proračunati parametri prikazani su u tablicama u nastavku. Također, u nastavku nakon tablica proračunate vrijednosti su grafički prikazane.

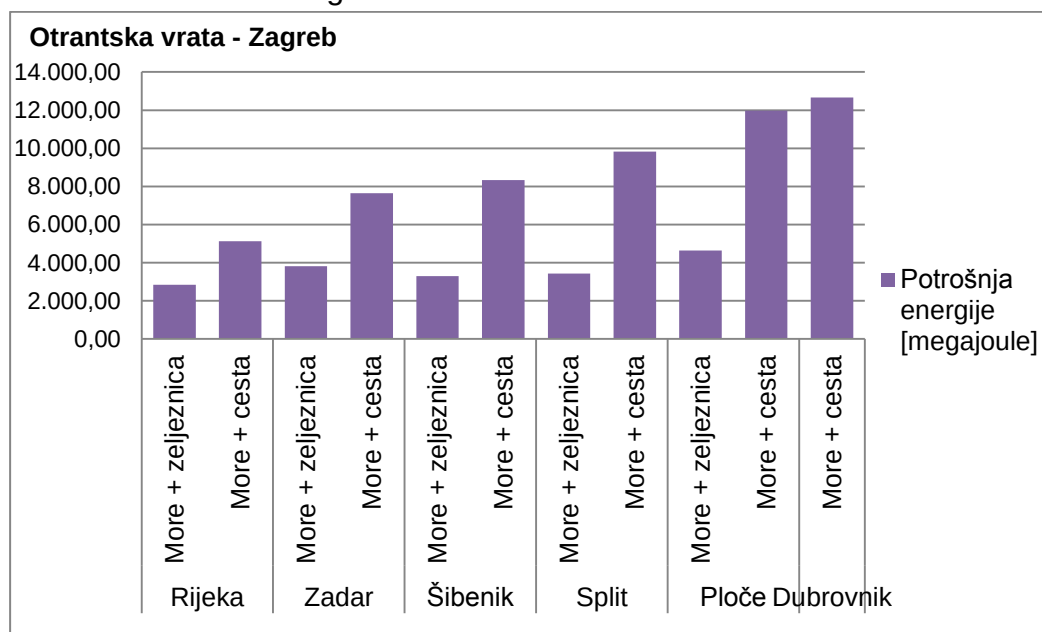
Tablica 6: Prikaz usporedbe emisija ispušnih plinova kombinacije cestovnog, željezničkog i pomorskog prijevoznog sustava na relaciji između morskih luka i gravitirajućeg tržišta; Zagreb

Relacija	Prijevozni sustav	Udaljenost [km]	Teret [t]	Potrošnja energije [megajoule]	Ugljični dioksid (CO ₂) [t]	Nemetanski ugljikovodik (NMHC) [kilogram]	Čestice, čađa (PM ₁₀) [kilogram]	Ugljični monoksid (CO) [t]	Dušični oksid (NO _x) [kilogram]	Sumporni oksid (SO _x) [kilogram]
Otrantska Vrata - Rijeka - Zagreb	Pomorski	703,76	20	1.630,00	0,126	0,159	0,134	0,125	3,036	0,825
	Željeznički	208,71	20	1.214,00	0,063	0,006	0,005	0,058	0,053	0,046
	Ukupno	912,47	20	2.844,00	0,189	0,165	0,139	0,183	3,089	0,871
	Pomorski	703,76	20	1.630,00	0,126	0,159	0,134	0,125	3,036	0,825
	Cestovni	160,77	20	3.501,00	0,252	0,109	0,027	0,242	0,712	0,282
	Ukupno	864,53	20	5.131,00	0,378	0,268	0,161	0,367	3,748	1,107
Otrantska Vrata - Zadar - Zagreb	Pomorski	629,68	20	1.510,00	0,117	0,148	0,124	0,116	2,813	0,765
	Željeznički	208,71	20	2.304,00	0,150	0,190	0,051	0,140	1,550	0,150
	Ukupno	838,39	20	3.814,00	0,267	0,338	0,175	0,256	4,363	0,915
	Pomorski	629,68	20	1.510,00	0,117	0,148	0,124	0,116	2,813	0,765
	Cestovni	283,22	20	6.132,00	0,440	0,190	0,047	0,420	1,210	0,490
	Ukupno	912,9	20	7.642,00	0,557	0,338	0,171	0,536	4,023	1,255
Otrantska Vrata - Šibenik - Zagreb	Pomorski	490,78	20	1.129,00	0,087	0,111	0,093	0,087	2,103	0,572
	Željeznički	354,09	20	2.172,00	0,140	0,170	0,047	0,130	1,420	0,140
	Ukupno	844,87	20	3.301,00	0,227	0,281	0,140	0,217	3,523	0,712
	Pomorski	490,78	20	1.129,00	0,087	0,111	0,093	0,087	2,103	0,572
	Cestovni	333,25	20	7.207,00	0,520	0,220	0,055	0,500	1,410	0,580

	Ukupno	824,03	20	8.336,00	0,607	0,331	0,148	0,587	3,513	1,152
Otrantska Vrata - Split - Zagreb	Pomorski	435,22	20	1.107,00	0,086	0,108	0,091	0,085	2,062	0,561
	Željeznički	378,39	20	2.325,00	0,150	0,190	0,051	0,150	1,570	0,160
	Ukupno	813,61	20	3.432,00	0,236	0,298	0,142	0,235	3,632	0,721
	Pomorski	435,22	20	1.107,00	0,086	0,108	0,091	0,085	2,062	0,561
	Cestovni	402,93	20	8.718,00	0,630	0,270	0,066	0,600	1,710	0,700
	Ukupno	838,15	20	9.825,00	0,716	0,378	0,157	0,685	3,772	1,261
Otrantska Vrata - Ploče - Zagreb	Pomorski	444,48	20	1.010,00	0,078	0,099	0,083	0,077	1,882	0,512
	Željeznički	624,53	20	3.632,00	0,190	0,018	0,014	0,170	0,160	0,140
	Ukupno	1069,01	20	4.642,00	0,268	0,117	0,097	0,247	2,042	0,652
	Pomorski	444,48	20	1.010,00	0,078	0,099	0,083	0,077	1,882	0,512
	Cestovni	506,75	20	10.967,00	0,790	0,339	0,084	0,760	2,160	0,880
	Ukupno	951,23	20	11.977,00	0,868	0,438	0,167	0,837	4,042	1,392
Otrantska Vrata - Dubrovnik - Zagreb	Pomorski	287,06	20	661,00	0,051	0,065	0,056	0,051	1,232	0,335
	Željeznički	-	20	-	-	-	-	-	-	-
	Ukupno	-	20	-	-	-	-	-	-	-
	Pomorski	287,06	20	661,00	0,051	0,065	0,056	0,051	1,232	0,335
	Cestovni	595,23	20	12.010,00	0,860	0,370	0,094	0,830	2,520	0,970
	Ukupno	835,17	20	12.671,00	0,911	0,435	0,150	0,881	3,752	1,305

Izvor: Doktorand, modificirao prema EcotransIT.

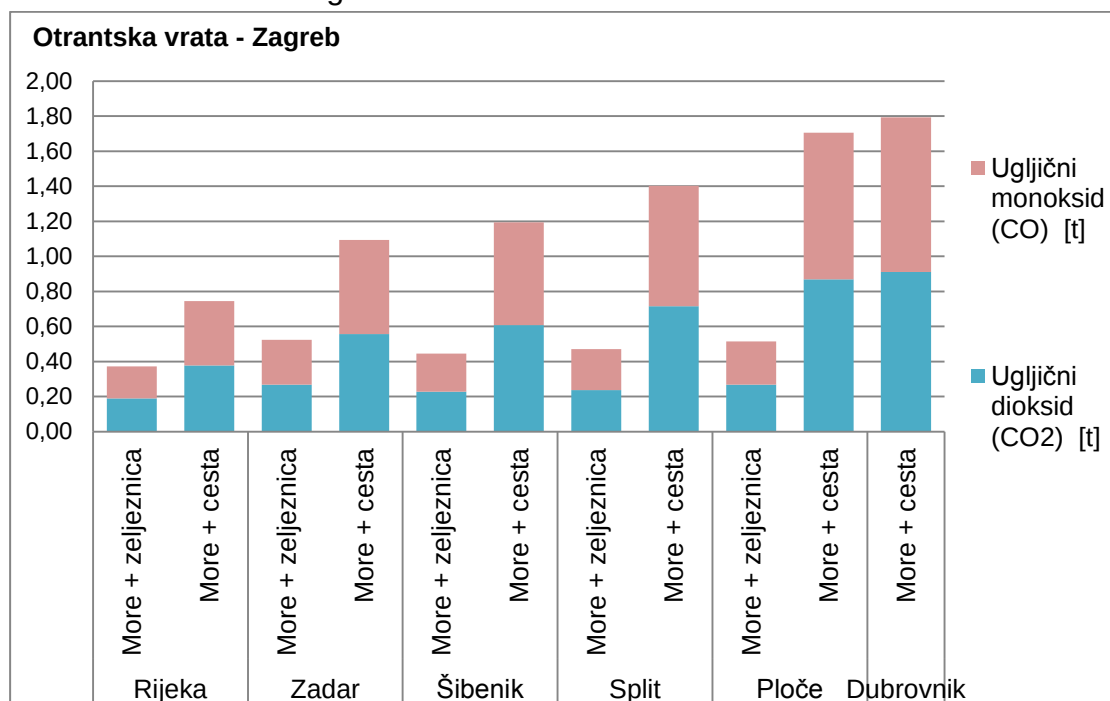
Grafikon 1: Usporedba potrošnje energije po jednom TEU (20 t) od pozicije Otrantskih vrata do Zagreba



Izvor: Doktorand

Iz tablice 6 i grafikona 1 vidljivo je kako je potrošnja na željezničkom sustavu prijevoza na svim prikazanim relacijama mnogo manja od cestovnog sustava prijevoza. Luka Dubrovnik uopće nema spoj sa željezničkom mrežom, stoga je u njezinom slučaju moguće promatrati samo energetske potrošnje cestovnog sustava prijevoza. Svakako je bitno i spomenuti kako je iz grafikona jasno vidljivo kako je potrošnja energije na relaciji od pozicije Otrantskih vrata do pozicije promatranog gravitacijskog tržišta, u ovome slučaju Zagreb, najmanja ukoliko se prijevoz vrši preko luke Rijeka željezničkim putem, a najviši ukoliko se prijevoz preko luke Dubrovnik cestovnim putem.

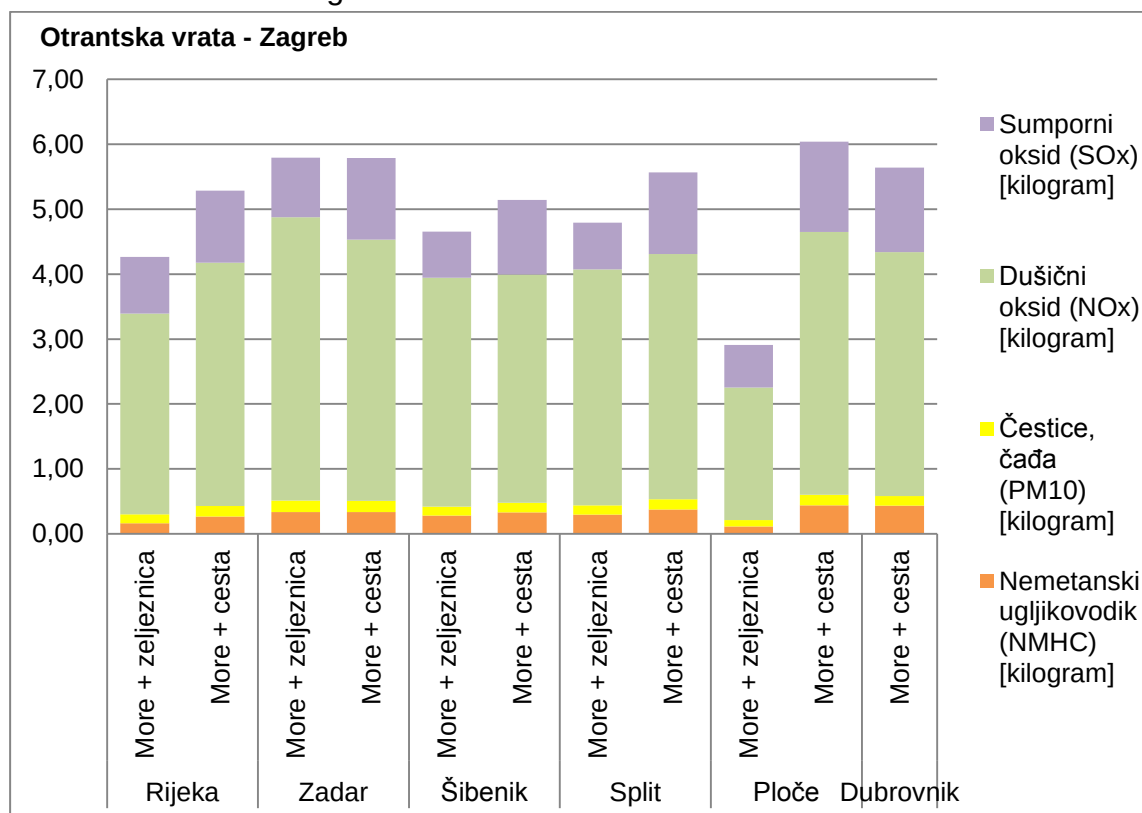
Grafikon 2: Usporedba emisija ispušnih plinova po jednom TEU (20 t) od pozicije Otrantskih vrata do Zagreba



Izvor: Doktorand

Iz tablice 6 i grafikona 2 vidljivo je kako su štetne emisije ispušnih plinova (Ugljični dioksid i Ugljični monoksid) na željezničkom sustavu prijevoza na svim prikazanim relacijama mnogo manje od cestovnog sustava prijevoza. Luka Dubrovnik uopće nema spoj sa željezničkom mrežom, stoga je u njezinom slučaju moguće promatrati emisije ispušnih plinova samo za cestovni sustav prijevoza. Bitno je i spomenuti kako je iz grafikona jasno vidljivo kako su emisije ispušnih na relaciji od pozicije Otrantskih vrata do pozicije promatranog gravitacijskog tržišta, u ovome slučaju Zagreb, najmanje ukoliko se prijevoz vrši preko luke Rijeka željezničkim sustavom, a najviši ukoliko se prijevoz vrši preko luke Dubrovnik cestovnim sustavom prijevoza.

Grafikon 3: Usporedba emisija ispušnih plinova po jednom TEU (20 t) od pozicije Otrantskih vrata do Zagreba



Izvor: Doktorand

Iz tablice 6 i grafikona 3 vidljivo je kako su promatrane (Sumporni oksidi, Dušični oksidi, Čestice/čađa, Ugljikovodici) štetne emisije ispušnih plinova na željezničkom sustavu prijevoza na svim prikazanim relacijama manje od cestovnog sustava prijevoza. Luka Dubrovnik uopće nema spoj sa željezničkom mrežom, stoga je u njezinom slučaju moguće promatrati emisije ispušnih plinova samo za cestovni sustav prijevoza. Svakako najzanimljivija činjenica vidljiva iz grafikona jest kako su emisije promatranih ispušnih plinova na relaciji od pozicije Otrantskih vrata do pozicije promatranog gravitacijskog tržišta, u ovome slučaju Zagreb, najmanja ukoliko se prijevoz vrši preko luke Ploče željezničkim sustavom, a najviši ukoliko se prijevoz vrši preko iste luke cestovnim sustavom prijevoza.

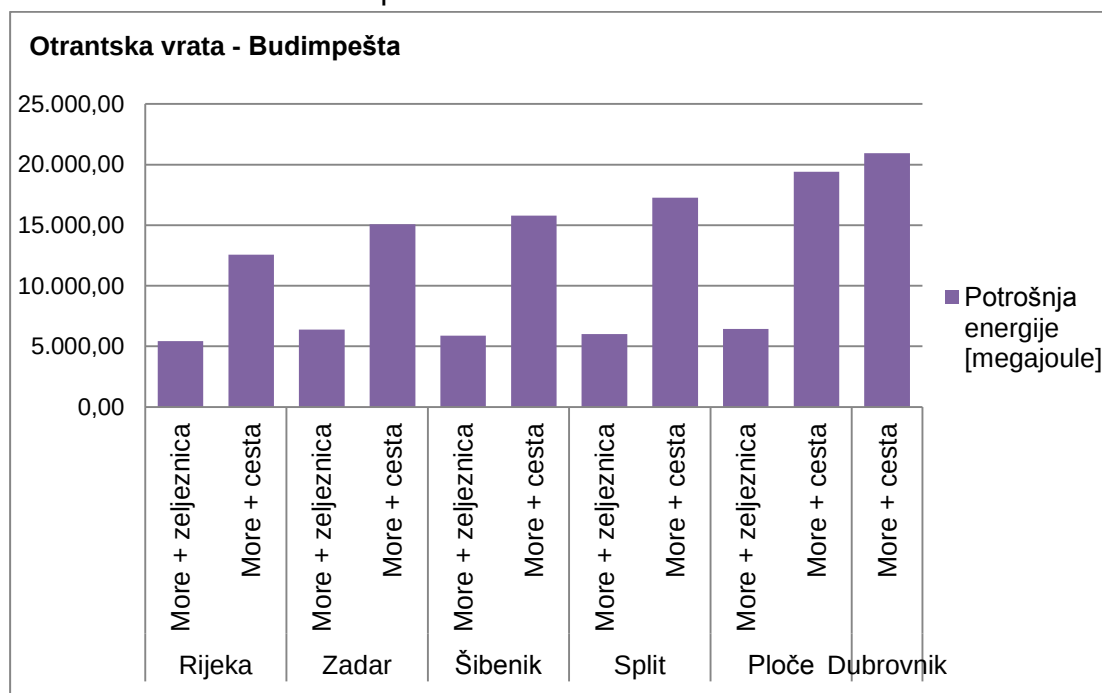
Tablica 7: Prikaz usporedbe emisija ispušnih plinova kombinacije cestovnog, željezničkog i pomorskog prijevoznog sustava na relaciji između morskih luka i gravitirajućeg tržišta; Budimpešta

Relacija	Prijevozni sustav	Udaljenost [km]	Teret [t]	Potrošnja energije [megajoule]	Ugljični dioksid (CO ₂) [t]	Nemetanski ugljikovodik (NMHC) [kilogram]	Čestice, čađa (PM ₁₀) [kilogram]	Ugljični monoksid (CO) [t]	Dušični oksid (NO _x) [kilogram]	Sumporni oksid (SO _x) [kilogram]
Otrantska Vrata - Rijeka - Budimpešta	Pomorski	703,76	20	1.630,00	0,126	0,159	0,134	0,125	3,036	0,825
	Željeznički	563,82	20	3.797,00	0,180	0,044	0,014	0,160	0,180	0,180
	Ukupno	1.267,58	20	5.427,00	0,306	0,203	0,148	0,285	3,216	1,005
	Pomorski	703,76	20	1.630,00	0,126	0,159	0,134	0,125	3,036	0,825
	Cestovni	505,23	20	10.945,00	0,790	0,339	0,084	0,760	2,170	0,880
	Ukupno	1.208,99	20	12.575,00	0,916	0,498	0,218	0,885	5,206	1,705
Otrantska Vrata - Zadar - Budimpešta	Pomorski	629,68	20	1.510,00	0,117	0,148	0,124	0,116	2,813	0,765
	Željeznički	563,82	20	4.887,00	0,270	0,220	0,060	0,250	1,670	0,290
	Ukupno	1.193,5	20	6.397,00	0,387	0,368	0,184	0,366	4,483	1,055
	Pomorski	629,68	20	1.510,00	0,117	0,148	0,124	0,116	2,813	0,765
	Cestovni	627,68	20	13.575,00	0,980	0,420	0,103	0,940	2,660	1,090
	Ukupno	1.257,36	20	15.085,00	1,097	0,568	0,227	1,056	5,473	1,855
Otrantska Vrata - Šibenik - Budimpešta	Pomorski	490,78	20	1.129,00	0,087	0,111	0,093	0,087	2,103	0,572
	Željeznički	709,19	20	4.755,00	0,260	0,210	0,056	0,240	1,550	0,280
	Ukupno	1.199,97	20	5.884,00	0,347	0,321	0,149	0,327	3,653	0,852
	Pomorski	490,78	20	1.129,00	0,087	0,111	0,093	0,087	2,103	0,572

	Cestovni	677,7	20	14.651,00	1,050	0,450	0,112	1,010	2,870	1,180
	Ukupno	1.168,48	20	15.780,00	1,137	0,561	0,205	1,097	4,973	1,752
Otrantska Vrata - Split - Budimpešta	Pomorski	435,22	20	1.107,00	0,086	0,108	0,091	0,085	2,062	0,561
	Željeznički	733,49	20	4.908,00	0,270	0,230	0,060	0,250	1,690	0,290
	Ukupno	1.168,71	20	6.015,00	0,356	0,338	0,151	0,335	3,752	0,851
	Pomorski	435,22	20	1.107,00	0,086	0,108	0,091	0,085	2,062	0,561
	Cestovni	747,38	20	16.162,00	1,160	0,500	0,123	1,120	3,170	1,300
	Ukupno	1.182,6	20	17.269,00	1,246	0,608	0,214	1,205	5,232	1,861
Otrantska Vrata - Ploče - Budimpešta	Pomorski	444,48	20	1.010,00	0,078	0,099	0,083	0,077	1,882	0,512
	Željeznički	875,45	20	5.422,00	0,270	0,043	0,021	0,250	0,250	0,230
	Ukupno	1.319,93	20	6.432,00	0,348	0,142	0,104	0,327	2,132	0,742
	Pomorski	444,48	20	1.010,00	0,078	0,099	0,083	0,077	1,882	0,512
	Cestovni	851,21	20	18.410,00	1,320	0,569	0,140	1,270	3,610	1,480
	Ukupno	1.295,69	20	19.420,00	1,398	0,668	0,223	1,347	5,492	1,992
Otrantska Vrata - Dubrovnik - Budimpešta	Pomorski	287,06	20	661,00	0,051	0,065	0,056	0,051	1,232	0,335
	Željeznički	-	20	-	-	-	-	-	-	-
	Ukupno	-	20	-	-	-	-	-	-	-
	Pomorski	287,06	20	661,00	0,051	0,065	0,056	0,051	1,232	0,335
	Cestovni	936,14	20	20.286,00	1,464	0,628	0,156	1,407	4,022	1,631
	Ukupno	1.036,98	20	20.947,00	1,515	0,693	0,212	1,458	5,254	1,966

Izvor: Doktorand, modificirao prema EcotransIT.

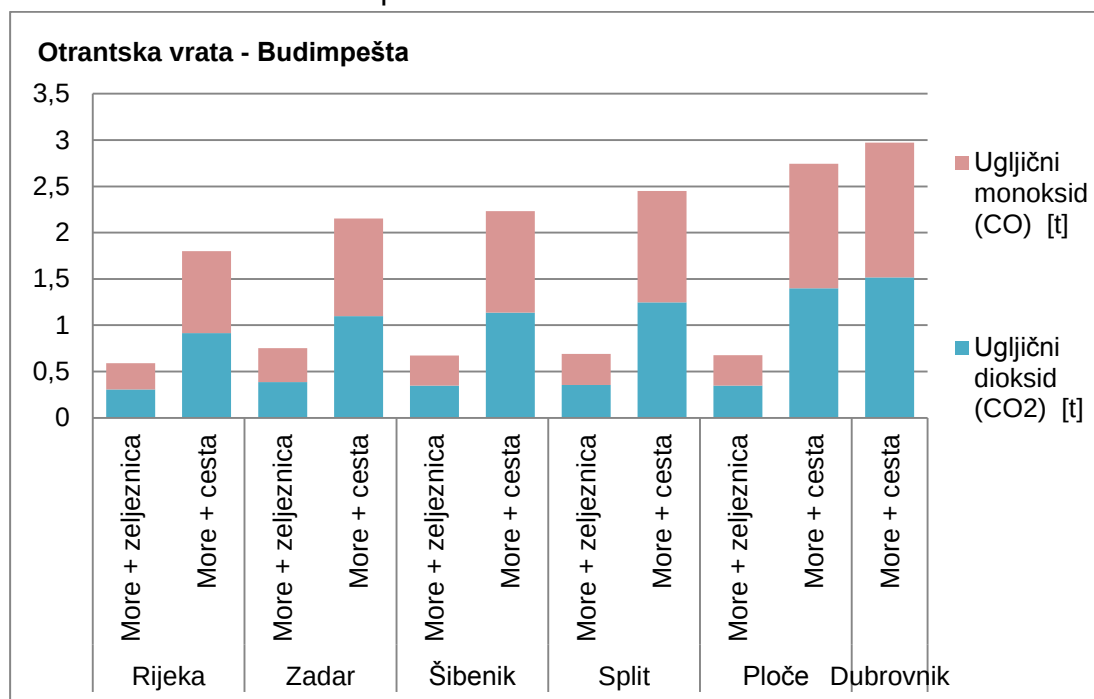
Grafikon 4: Usporedba potrošnje energije po jednom TEU (20 t) od pozicije Otrantskih vrata do Budimpešte



Izvor: Doktorand

Iz tablice 7 i grafikona 4 vidljivo je kako je potrošnja energije na željezničkom sustavu prijevoza na svim prikazanim relacijama mnogo manja od cestovnog sustava prijevoza. Luka Dubrovnik uopće nema spoj sa željezničkom mrežom, stoga je u njezinom slučaju moguće promatrati samo energetska potrošnja cestovnog sustava prijevoza. Svakako je bitno i spomenuti kako je iz grafikona jasno vidljivo kako je potrošnja energije na relaciji od pozicije Otrantskih vrata do pozicije promatranog gravitacijskog tržišta, u ovome slučaju Zagreb, najmanja ukoliko se prijevoz vrši preko luke Rijeka željezničkim putem, a najviša ukoliko se prijevoz vrši preko luke Dubrovnik koristeći cestovni sustav prijevoza u nastavku putovanja.

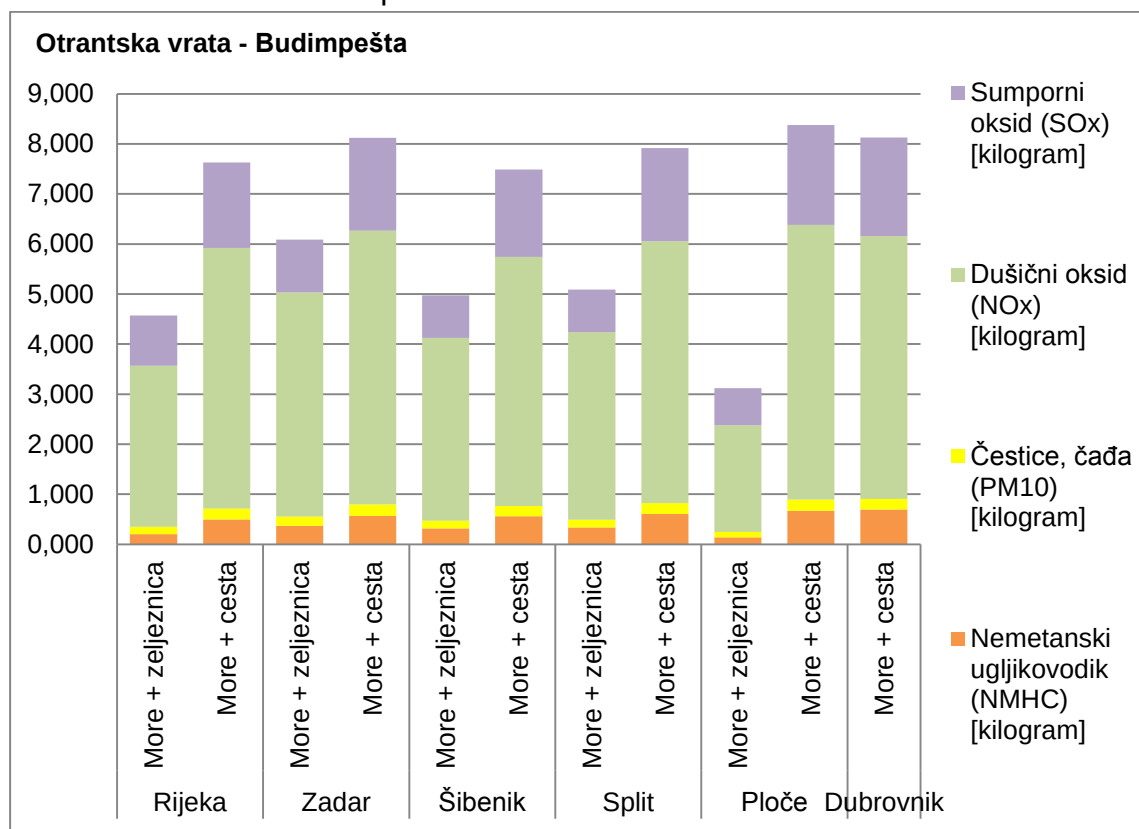
Grafikon 5: Usporedba emisija ispušnih plinova po jednom TEU (20 t) od pozicije Otrantskih vrata do Budimpešte



Izvor: Doktorand

Iz tablice 7 i grafikona 5 vidljivo je kako su promatrane emisije štetnih ispušnih plinova (Ugljični dioksidi i Ugljični monoksidi) na željezničkom sustavu prijevoza na svim prikazanim relacijama mnogo manje od cestovnog sustava prijevoza. Luka Dubrovnik uopće nema spoj sa željezničkom mrežom, stoga je u njezinom slučaju moguće promatrati emisije ispušnih plinova samo za cestovni sustav prijevoza. Bitno je i napomenuti kako je iz grafikona jasno vidljivo kako su emisije ispušnih na relaciji od pozicije Otrantskih vrata do pozicije promatranog gravitacijskog tržišta, u ovome slučaju Zagreb, najmanja ukoliko se prijevoz vrši preko luke Rijeka koristeći željeznički sustav, a najviši ukoliko se prijevoz vrši preko luke Dubrovnik koristeći cestovni sustav prijevoza u nastavku putovanja.

Grafikon 6: Usporedba emisija ispušnih plinova po jednom TEU (20 t) od pozicije Otrantskih vrata do Budimpešte



Izvor: Doktorand

Iz tablice 7 i grafikona 6 vidljivo je kako su promatrane (Sumporni oksidi, Dušični oksidi, Čestice/čađa, Ugljikovodici) štetne emisije ispušnih plinova na željezničkom sustavu prijevoza na svim prikazanim relacijama manje od cestovnog sustava prijevoza. Luka Dubrovnik uopće nema spoj sa željezničkom mrežom, stoga je u njezinom slučaju moguće promatrati emisije ispušnih plinova samo za cestovni sustav prijevoza. Najzanimljivija činjenica vidljiva iz grafikona jest kako su emisije promatranih ispušnih plinova na relaciji od pozicije Otrantskih vrata do pozicije promatranog gravitacijskog tržišta, u ovome slučaju Budimpešte, najmanja ukoliko se prijevoz vrši preko luke Ploče željezničkim sustavom, a najviši ukoliko se prijevoz vrši preko iste luke cestovnim sustavom prijevoza.

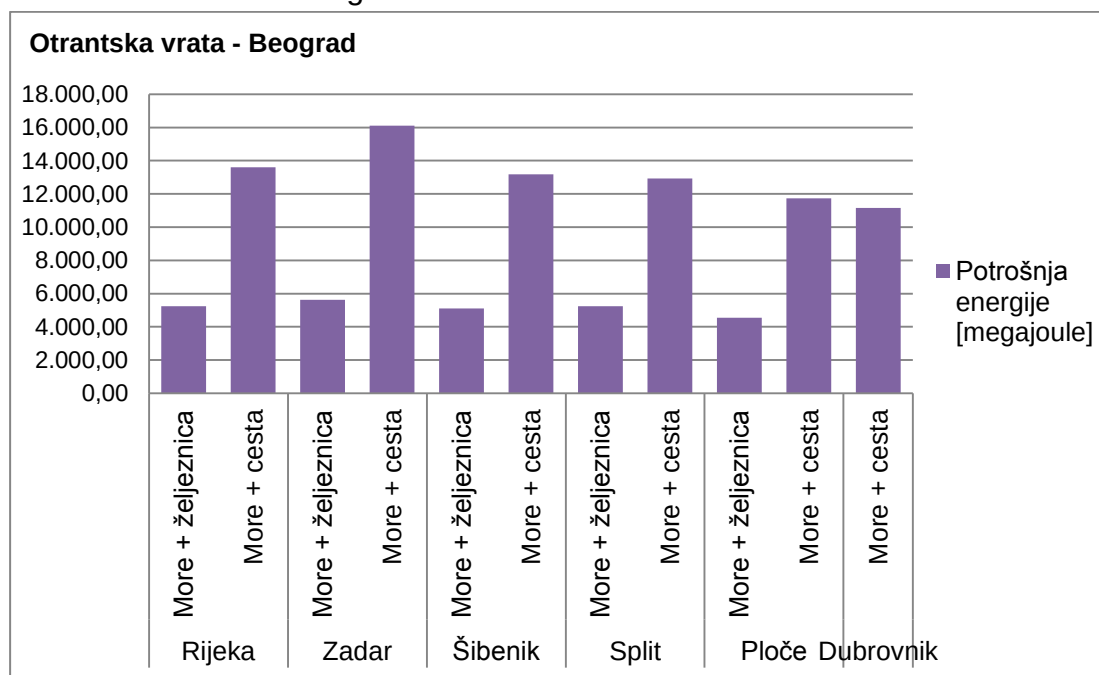
Tablica 8: Prikaz usporedbe emisija ispušnih plinova kombinacije cestovnog, željezničkog i pomorskog prijevoznog sustava na relaciji između morskih luka i gravitirajućeg tržišta; Beograd

Relacija	Prijevozni sustav	Udaljenost [km]	Teret [t]	Potrošnja energije [megajoule]	Ugljični dioksid (CO ₂) [t]	Nemetanski ugljikovodik (NMHC) [kilogram]	Čestice, čađa (PM ₁₀) [kilogram]	Ugljični monoksid (CO) [t]	Dušični oksid (NO _x) [kilogram]	Sumporni oksid (SO _x) [kilogram]
Otrantska Vrata – Rijeka – Beograd	Pomorski	703,76	20	1.630,000	0,126	0,159	0,134	0,125	3,036	0,825
	Željeznički	621,95	20	3.617,000	0,190	0,018	0,014	0,170	0,160	0,140
	Ukupno	1.325,71	20	5.247,000	0,316	0,177	0,148	0,295	3,196	0,965
	Pomorski	703,76	20	1.630,000	0,126	0,159	0,134	0,125	3,036	0,825
	Cestovni	553,16	20	11.978,000	0,860	0,371	0,091	0,830	2,360	0,960
	Ukupno	1.256,92	20	13.608,000	0,986	0,530	0,225	0,955	5,396	1,785
Otrantska Vrata – Zadar – Beograd	Pomorski	629,68	20	1.510,000	0,117	0,148	0,124	0,116	2,813	0,765
	Željeznički	621,95	20	4.114,000	0,240	0,190	0,058	0,230	1,630	0,220
	Ukupno	1.251,63	20	5.624,000	0,357	0,338	0,182	0,346	4,443	0,985
	Pomorski	629,68	20	1.510,000	0,117	0,148	0,124	0,116	2,813	0,765
	Cestovni	675,61	20	14.609,000	1,050	0,450	0,111	1,010	2,860	1,180
	Ukupno	1.305,29	20	16.119,000	1,167	0,598	0,235	1,126	5,673	1,945
Otrantska Vrata – Šibenik – Beograd	Pomorski	490,78	20	1.129,000	0,087	0,111	0,093	0,087	2,103	0,572
	Željeznički	665,29	20	3.982,000	0,240	0,180	0,054	0,220	1,500	0,210
	Ukupno	1.156,07	20	5.111,000	0,327	0,291	0,147	0,307	3,603	0,782
	Pomorski	490,78	20	1.129,000	0,087	0,111	0,093	0,087	2,103	0,572

	Cestovni	552,41	20	12.045,000	0,870	0,370	0,093	0,830	2,470	0,970
	Ukupno	1.043,19	20	13.174,000	0,957	0,481	0,186	0,917	4,573	1,542
Otrantska Vrata – Split - Beograd	Pomorski	435,22	20	1.107,000	0,086	0,108	0,091	0,085	2,062	0,561
	Željeznički	689,59	20	4.135,000	0,250	0,200	0,059	0,230	1,650	0,230
	Ukupno	1.124,81	20	5.242,000	0,336	0,308	0,150	0,315	3,712	0,791
	Pomorski	435,22	20	1.107,000	0,086	0,108	0,091	0,085	2,062	0,561
	Cestovni	542,18	20	11.820,000	0,850	0,370	0,091	0,820	2,420	0,950
	Ukupno	977,40	20	12.927,000	0,936	0,478	0,182	0,905	4,482	1,511
Otrantska Vrata – Ploče – Beograd	Pomorski	444,48	20	1.010,000	0,078	0,099	0,083	0,077	1,882	0,512
	Željeznički	608,95	20	3.542,000	0,180	0,017	0,014	0,170	0,160	0,130
	Ukupno	1.053,43	20	4.552,000	0,258	0,116	0,097	0,247	2,042	0,642
	Pomorski	444,48	20	1.010,000	0,078	0,099	0,083	0,077	1,882	0,512
	Cestovni	495,03	20	10.721,000	0,769	0,332	0,081	0,743	2,112	0,859
	Ukupno	1.002,76	20	11.731,000	0,847	0,431	0,164	0,820	3,994	1,371
Otrantska Vrata – Dubrovnik - Beograd	Pomorski	287,06	20	661,000	0,051	0,065	0,056	0,051	1,232	0,335
	Željeznički	-	20	-	-	-	-	-	-	-
	Ukupno	-	20	-	-	-	-	-	-	-
	Pomorski	287,06	20	661,000	0,051	0,065	0,056	0,051	1,232	0,335
	Cestovni	478,62	20	10.502,000	0,760	0,330	0,082	0,730	2,220	0,850
	Ukupno	765,68	20	11.163,000	0,811	0,395	0,138	0,781	3,452	1,185

Izvor: Doktorand, modificirao prema EcotransIT.

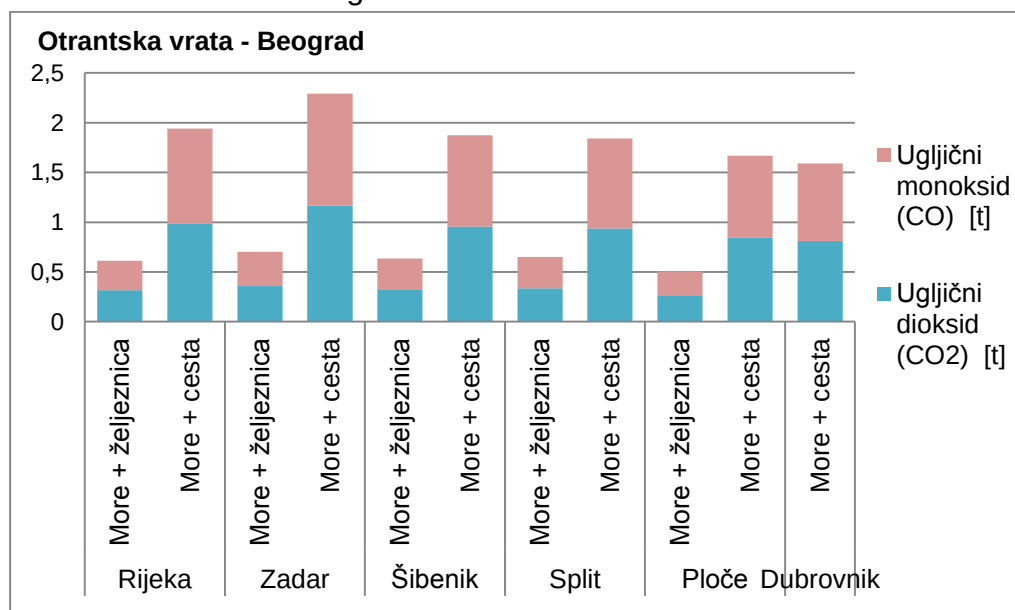
Grafikon 7: Usporedba potrošnje energije po jednom TEU (20 t) od pozicije Otrantskih vrata do Beograda



Izvor: Doktorand

Iz tablice 8 i grafikona 7 vidljivo je kako je potrošnja energije na željezničkom sustavu prijevoza na svim prikazanim relacijama mnogo manja od cestovnog sustava prijevoza. Luka Dubrovnik uopće nema spoj sa željezničkom mrežom, stoga je u njezinom slučaju moguće promatrati samo energetske potrošnje cestovnog sustava prijevoza. Bitno je i spomenuti kako je iz grafikona jasno vidljivo kako je potrošnja energije na relaciji od pozicije Otrantskih vrata do pozicije promatranog gravitacijskog tržišta, u ovome slučaju Zagreb, najmanja ukoliko se prijevoz vrši preko luke Ploče željezničkim putem, a najviša ukoliko se prijevoz vrši preko luke Zadar koristeći cestovni sustav prijevoza u nastavku putovanja.

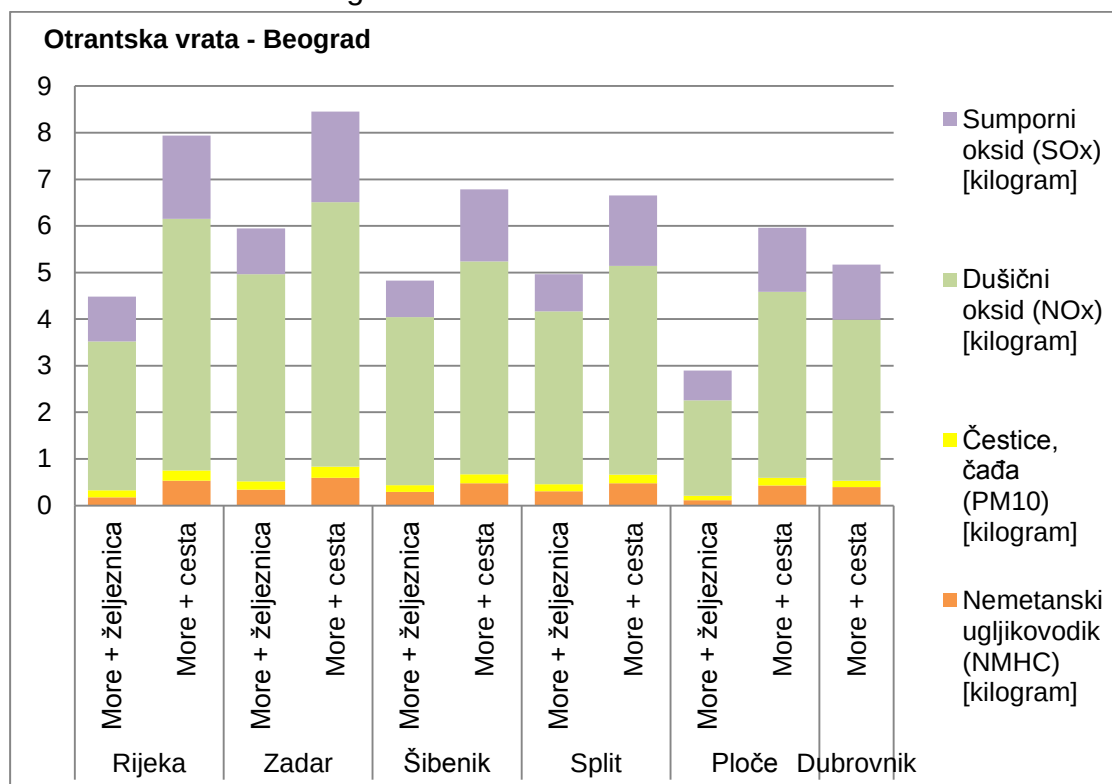
Grafikon 8: Usporedba emisija ispušnih plinova po jednom TEU (20 t) od pozicije Otrantskih vrata do Beograda



Izvor: Doktorand

Iz tablice 8 i grafikona 8 vidljivo je kako su emisije štetnih ispušnih plinova (Ugljični dioksid i Ugljični monoksid) na željezničkom sustavu prijevoza na svim prikazanim relacijama mnogo manje od cestovnog sustava prijevoza. Luka Dubrovnik uopće nema spoj sa željezničkom mrežom, stoga je u njezinom slučaju moguće promatrati emisije ispušnih plinova samo za cestovni sustav prijevoza. Svakako je bitno i spomenuti kako je iz grafikona jasno vidljivo kako su vrijednosti emisija ispušnih na relaciji od pozicije Otrantskih vrata do pozicije promatranog gravitacijskog tržišta, u ovome slučaju Zagreb, najmanje ukoliko se prijevoz vrši preko luke Ploče koristeći željeznički sustav, a najviše ukoliko se prijevoz vrši preko luke Zadar koristeći cestovni sustav prijevoza u nastavku putovanja.

Grafikon 9: Usporedba emisija ispušnih plinova po jednom TEU (20 t) od pozicije Otrantskih vrata do Beograda



Izvor: Doktorand

Iz tablice 8 i grafikona 9 vidljivo je kako su štetne emisije ispušnih plinova (Sumporni oksid, Dušični oksid, Čestice/čađa, Ugljikovodici) na željezničkom sustavu prijevoza na svim prikazanim relacijama mnogo manje od cestovnog sustava prijevoza. Luka Dubrovnik uopće nema spoj sa željezničkom mrežom, stoga je u njezinom slučaju moguće promatrati emisije ispušnih plinova samo za cestovni sustav prijevoza. Bitno je i spomenuti kako je iz grafikona jasno vidljivo kako su ukupne emisije štetnih ispušnih plinova na relaciji od pozicije Otrantskih vrata do pozicije promatranog gravitacijskog tržišta, u ovome slučaju Zagreb, najmanja ukoliko se prijevoz vrši preko luke Ploče koristeći željeznički sustav, a najviši ukoliko se prijevoz vrši preko luke Zadar koristeći cestovni sustav prijevoza u nastavku putovanja.

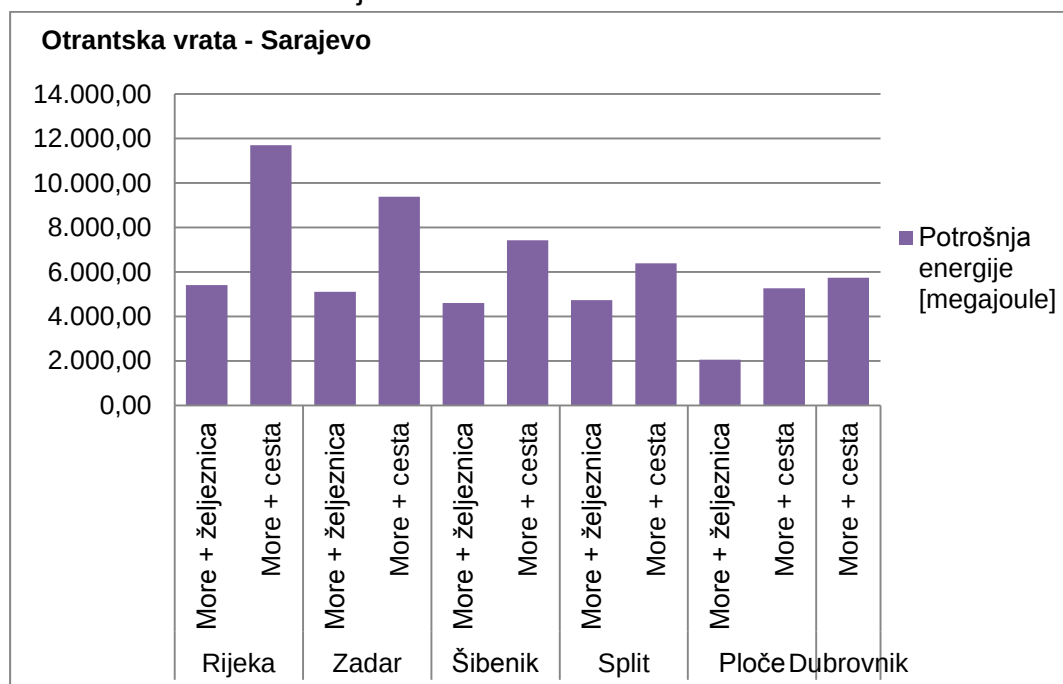
Tablica 9: Prikaz usporedbe emisija ispušnih plinova kombinacije cestovnog, željezničkog i pomorskog prijevoznog sustava na relaciji između morskih luka i gravitirajućeg tržišta; Sarajevo

Relacija	Prijevozni sustav	Udaljenost [km]	Teret [t]	Potrošnja energije [megajoule]	Ugljični dioksid (CO ₂) [t]	Nemetanski ugljikovodik (NMHC) [kilogram]	Čestice, čađa (PM ₁₀) [kilogram]	Ugljični monoksid (CO) [t]	Dušični oksid (NO _x) [kilogram]	Sumporni oksid (SO _x) [kilogram]
Otrantska Vrata - Rijeka - Sarajevo	Pomorski	703,76	20	1.630,00	0,126	0,159	0,134	0,125	3,036	0,825
	Željeznički	649,57	20	3.778,00	0,190	0,019	0,015	0,180	0,170	0,140
	Ukupno	1.353,33	20	5.408,00	0,316	0,178	0,149	0,305	3,206	0,965
	Pomorski	703,76	20	1.630,00	0,126	0,159	0,134	0,125	3,036	0,825
	Cestovni	459,06	20	10.078,00	0,720	0,313	0,079	0,700	2,130	0,810
	Ukupno	1.162,82	20	11.708,00	0,846	0,472	0,213	0,825	5,166	1,635
Otrantska Vrata - Zadar - Sarajevo	Pomorski	629,68	20	1.510,00	0,117	0,148	0,124	0,116	2,813	0,765
	Željeznički	649,57	20	3.606,00	0,220	0,190	0,056	0,210	1,600	0,200
	Ukupno	1.279,25	20	5.116,00	0,337	0,338	0,180	0,326	4,413	0,965
	Pomorski	629,68	20	1.510,00	0,117	0,148	0,124	0,116	2,813	0,765
	Cestovni	359,98	20	7.871,00	0,570	0,240	0,061	0,540	1,630	0,630
	Ukupno	989,66	20	9381	0,687	0,388	0,185	0,656	4,443	1,395
Otrantska Vrata - Šibenik - Sarajevo	Pomorski	490,78	20	1.129,00	0,087	0,111	0,093	0,087	2,103	0,572
	Željeznički	577,99	20	3.474,00	0,210	0,180	0,052	0,200	1,480	0,190
	Ukupno	1.068,77	20	4.603,00	0,297	0,291	0,145	0,287	3,583	0,762
	Pomorski	490,78	20	1.129,00	0,087	0,111	0,093	0,087	2,103	0,572

	Cestovni	287,66	20	6.303,00	0,450	0,200	0,049	0,440	1,320	0,510
	Ukupno	778,44	20	7432	0,537	0,311	0,142	0,527	3,423	1,082
Otrantska Vrata - Split - Sarajevo	Pomorski	435,22	20	1.107,00	0,086	0,108	0,091	0,085	2,062	0,561
	Željeznički	602,29	20	3.628,00	0,220	0,190	0,056	0,210	1,620	0,210
	Ukupno	1.037,51	20	4.735,00	0,306	0,298	0,147	0,295	3,682	0,771
	Pomorski	435,22	20	1.107,00	0,086	0,108	0,091	0,085	2,062	0,561
	Cestovni	240,26	20	5.283,00	0,380	0,160	0,041	0,370	1,130	0,430
	Ukupno	675,48	20	6390	0,466	0,268	0,132	0,455	3,192	0,991
Otrantska Vrata - Ploče - Sarajevo	Pomorski	444,48	20	1.010,00	0,078	0,099	0,083	0,077	1,882	0,512
	Željeznički	181,21	20	1.054,00	0,054	0,005	0,004	0,050	0,046	0,040
	Ukupno	625,69	20	2064	0,132	0,104	0,087	0,127	1,928	0,552
	Pomorski	444,48	20	1.010,00	0,078	0,099	0,083	0,077	1,882	0,512
	Cestovni	194,37	20	4.258,00	0,304	0,132	0,033	0,296	0,901	0,342
	Ukupno	721,57	20	5268	0,382	0,231	0,116	0,373	2,783	0,854
Otrantska Vrata - Dubrovnik - Sarajevo	Pomorski	287,06	20	661	0,051	0,065	0,056	0,051	1,232	0,335
	Željeznički	-	20	-	-	-	-	-	-	-
	Ukupno	-	20	-	-	-	-	-	-	-
	Pomorski	287,06	20	661	0,051	0,065	0,056	0,051	1,232	0,335
	Cestovni	231	20	5.079,00	0,370	0,160	0,040	0,350	1,080	0,410
	Ukupno	518,06	20	5740	0,421	0,225	0,096	0,401	2,312	0,745

Izvor: Doktorand, modificirao prema EcotransIT.

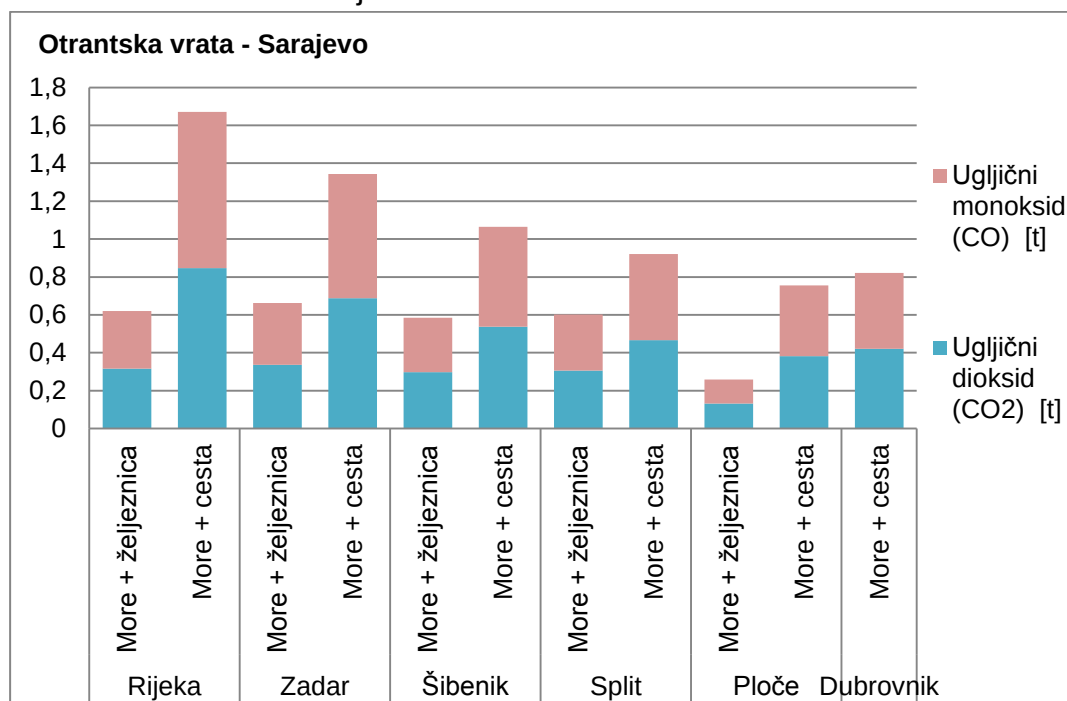
Grafikon 10: Usporedba emisija ispušnih plinova po jednom TEU (20 t) od pozicije Otrantskih vrata do Sarajeva



Izvor: Doktorand

Iz tablice 9 i grafikona 10 vidljivo je kako je potrošnja energije na željezničkom sustavu prijevoza na svim prikazanim relacijama mnogo manja od cestovnog sustava prijevoza. Luka Dubrovnik uopće nema spoj sa željezničkom mrežom, stoga je u njezinom slučaju moguće promatrati samo energetske potrošnje cestovnog sustava prijevoza. Bitno je i spomenuti kako je iz grafikona jasno vidljivo kako je potrošnja energije na relaciji od pozicije Otrantskih vrata do pozicije promatranog gravitacijskog tržišta, u ovome slučaju Zagreb, najmanja ukoliko se prijevoz vrši preko luke Ploče željezničkim putem, a najviša ukoliko se prijevoz vrši preko luke Rijeka koristeći cestovni sustav prijevoza u nastavku putovanja.

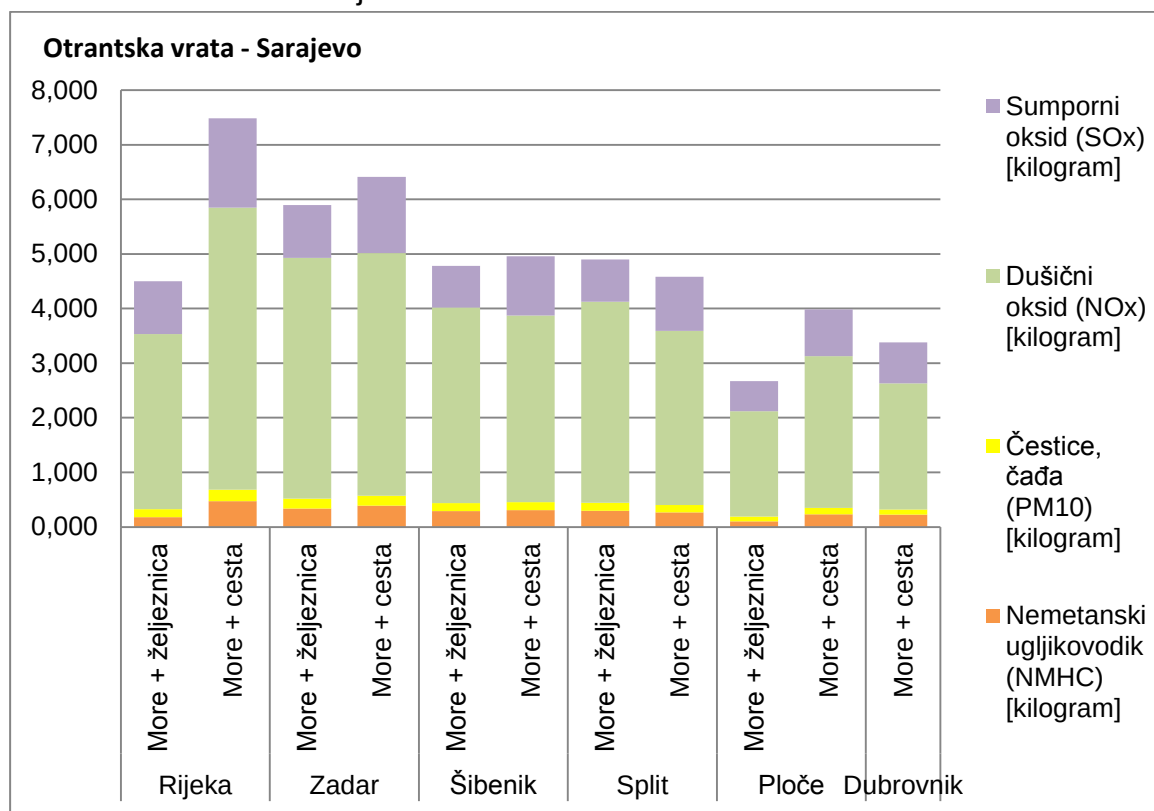
Grafikon 11: Usporedba emisija ispušnih plinova po jednom TEU (20 t) od pozicije Otrantskih vrata do Sarajeva



Izvor: Doktorand

Iz tablice 9 i grafikona 11 vidljivo je kako su promatrane emisije štetnih ispušnih plinova (Ugljični dioksid i Ugljični monoksid) na željezničkom sustavu prijevoza na svim prikazanim relacijama mnogo manje od cestovnog sustava prijevoza. Luka Dubrovnik uopće nema spoj sa željezničkom mrežom, stoga je u njezinom slučaju moguće promatrati emisije ispušnih plinova samo za cestovni sustav prijevoza. Bitno je i spomenuti kako je iz grafikona jasno vidljivo kako su vrijednosti emisija ispušnih na relaciji od pozicije Otrantskih vrata do pozicije promatranog gravitacijskog tržišta, u ovome slučaju Zagreb, najmanje ukoliko se prijevoz vrši preko luke Ploče koristeći željeznički sustav, a najviši ukoliko se prijevoz vrši preko luke Rijeka koristeći cestovni sustav prijevoza u nastavku putovanja.

Grafikon 12: Usporedba emisija ispušnih plinova po jednom TEU (20 t) od pozicije Otrantskih vrata do Sarajeva



Izvor: Doktorand

Iz tablice 9 i grafikona 12 vidljivo je kako su vrijednosti promatranih emisija štetnih ispušnih plinova (Sumporni oksid, Dušični oksid, Čestice/čađa, Ugljikovodici) na željezničkom sustavu prijevoza na svim prikazanim relacijama manje od cestovnog sustava prijevoza. Luka Dubrovnik uopće nema spoj sa željezničkom mrežom, stoga je u njezinom slučaju moguće promatrati emisije ispušnih plinova samo za cestovni sustav prijevoza. Bitno je i spomenuti kako je iz grafikona jasno vidljivo kako su ukupne emisije štetnih ispušnih plinova na relaciji od pozicije Otrantskih vrata do pozicije promatranog gravitacijskog tržišta, u ovome slučaju Zagreb, najmanja ukoliko se prijevoz vrši preko luke Ploče koristeći željeznički sustav, a najviši ukoliko se prijevoz vrši preko luke Rijeka koristeći cestovni sustav prijevoza u nastavku putovanja.

6.2. ANALIZA I DEFINICIJA KRITERIJA EKSTERNIH TROŠKOVA PRIJEVOZA

U temeljnim dokumentima EU vezanim za razvoj prometnog sustava te samom u prometnom sektoru često se susreće pojam eksternih troškova. Uzrok za tu činjenicu može se naći u zaokretu u koncepciji razvoja prometnog sustava. Pojam

eksterni troškovi, u pogledu prometnog sustava, označava troškove koje proizvede korisnik prometne usluge, a ne plati iste. Interni troškovi su troškovi koje snosi korisnik, tj. onaj koji ih je i proizveo. Tako primjerice cestovni tegljač/kamion koji se nalazi u gužvi proizvodi troškove kako sebi (izgubljeno vrijeme, dodatno potrošeni benzin – interni troškovi) tako i drugima (eksterni troškovi – jer ih korisnik ne pokriva). Eksterni troškovi često nisu novčani tako da ih je teško kvantificirati novčanim vrijednostima. Upravo to i je najveći problem prilikom računanja eksternih troškova u cilju njihove internalizacije. Pojam internalizacija eksternih troškova podrazumijeva uključivanje eksternih troškova u proces tržišnog odlučivanja preko instrumenata naplate i regulative.

Slijedeći koncepciju održivog razvoja dolazi se do zaključka da se mora stati na kraj stihijskom razvoju prometnih grana koje imaju štetni utjecaj na okoliš, prvenstveno cestovnom prometu. Eksterni troškovi te njihova naplata, ističu se kao potencijalno rješenje za pravičnu i efikasnu naplatu u prometnom sektoru čime bi se povećala konkurentnost prometnih grana te bi se tako prebacilo težište sa cestovnog prometa na druge, ekološki prihvatljivije grane prometa. Eksterni troškovi su vrlo kompleksno područje jer su nematerijalni troškovi te se prilikom njihove monetarizacije nailazi na mnoge probleme, pogotovo pri definiranju i određivanju ulaznih parametara. Potrebno je odrediti i udjele pojedinih prometnih grana u ukupnim troškovima kao i udjele pojedinih kategorija eksternih troškova u ukupnim troškovima, kako bi se jasnije vidjele sve pogodnosti, ali i nedostaci, koje pojedine prometne grane donose. Kvalitetan sustav razvoja pomorskih logističkih lanaca podrazumijeva kombiniranje pomorskog, cestovnog, željezničkog te prometa unutarnjim plovnim putovima s ciljem povećanja učinkovitosti prijevoza. Ovo uključuje smanjenje troškova prijevoza, kraće vrijeme putovanja roba prema konačnom odredištu te smanjenje onečišćenja okoliša.¹¹²

Negativni utjecaj prometa na čovjeka i okolinu izražen je kroz negativne eksterne efekte. Eksterni (vanjski) troškovi su troškovi okoliša koje uzrokuje neka aktivnost u okolišu i koji ne terete njeno poslovanje. Navedena definicija uvrštena je u odredbe hrvatskog Pravilnika o procjeni utjecaja na okoliš koje definiraju koristi i

¹¹² Jugović, Alen; Žanić Mikuličić, Jelena; Livija Maglić; Impact of external costs on the implementation of Motorways of the Sea system, Pomorstvo, 28., 17-21., 2014., op. cit., p. 3.

troškove koje ulaze u Cost Benefit analizu.¹¹³ Najvažnije kategorije eksternog troška u prometnom sektoru su troškovi¹¹⁴:

- zagušenja,
- izvanrednih događaja (prometnih nezgoda),
- onečišćenja zraka,
- buka,
- utjecaj na klimatske promjene,
- prirode i krajolika,
- onečišćenja vode i tla,
- zaštićenih (posebnih) područja,
- gradskih sredina,
- utjecaj prometni kapaciteta na okoliš,
- energetske ovisnosti.

Troškovi zagušenja reflektiraju se kroz: produljenje vremena putovanja, nemogućnost točne procjene vremena putovanja, povećanje potrošnje goriva, povećanje emisije ispušnih plinova, pojačano trošenje infrastrukture i prijevoznih sredstava, smanjenje razine usluge, povećanje stresa i prometnih nezgoda. Pod eksterne troškove uzrokovane zagađenjem zraka spadaju utjecaj na ljudsko zdravlje, utjecaj na građevine i materijale, gubitak usjeva i oštećenje šuma te utjecaj na bioraznolikost i ekosustave. Buka je također, jedan od negativnih efekata prometne aktivnosti. Njezina razina i intenzitet mogu se odrediti na temelju stupnja uznemiravanja stanovništva odnosno fizičkih i psihičkih posljedica na zdravlje. Troškovi uzrokovani klimatskim promjenama odnose se na: dodatnu zaštitu mora zbog podizanja morske razine (zakoni i konvencije) te na globalno zagrijavanje. Uzrok globalnog zagrijavanja je stvaranje tzv. efekta staklenika zbog prekomjernih emisija ugljičnog dioksida. Troškovi prometnih kapaciteta odnose se na utjecaj na okoliš uzrokovan proizvodnjom ili izgradnjom, održavanjem i raspolaganjem prijevoznih i infrastrukturnih kapaciteta. Troškovi u gradskim područjima dijele se na: učinke odvajanja pojedinih vrsta prometa (primjerice, pješačkog i motoriziranog od ostalog prometa) i problem oskudnosti raspoloživog prostora i naknade za

¹¹³ Rumenjak, Damir; **Problemi određivanja troškova u cost-benefit analizi**, Zbornik radova VII. Međunarodnog simpozija gospodarenja otpadom, Zagreb, 2004., p. 533.

¹¹⁴ Matczak, M.: **Maritime Safety in European Concept of the Internalization of External Costs of Transport**, International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, 3 (2), 2009., p. 207.

nedostatan prostor za nemotorizirani prostor (primjerice za bicikliste). Troškovi energetske ovisnosti rezultat su nejednakog udjela neto uvezene energije i transportnih mogućnosti.

Postoje razne studije o eksternim troškovima, međutim diskutabilno je koliko su one usporedive. Problemi nastaju zbog drugačije metodologije u izračunu eksternih troškova kao i zbog činjenice da neke studije uzimaju u obzir samo određene eksterne troškove ili samo određene prometne grane. U ovoj disertaciji eksterni troškovi izračunati su koristeći koeficijente propisane od strane europske komisije u svezi provedbe Marco Polo II programa. Koeficijenti su preuzeti iz reporta izdanog od strane Europske Komisije naslova: „External cost calculator for Marco Polo freight transport project proposals“, čiji su autori Martijn Brons i Panayotis Christidis, 2013. Koeficijenti koji će se koristiti za izračun kopnenog dijela prijevoza prikazani su u tablici 10, a koeficijenti relevantni za izračun pomorskog dijela prijevoza prikazani su u tablici 11.

Tablica 10: Koeficijenti eksternih troškova za cestovni i željeznički prijevoz

Trošak	Cestovni sustav prijevoza	Željeznički sustav prijevoza	
		Diesel	Elektrificirano
1. Zagađenje zraka	8,58	10,25	1,00
2. Klimatske promjene	3,92	1,90	1,46
3. Buka	1,93	1,88	1,49
4. Nesreće	0,64	0,54	0,33
5. Zagušenja	3,43	0,20	0,20
Ekološki (1+2+3)	14,43	14,04	3,95
Socio-ekonomski (4+5)	4,07	0,74	0,53
UKUPNO	18,50	14,77	4,48

Izvor: Autor prema; Brons, M., Christidis, P.: *External cost calculator for Marco Polo freight transport project proposals*, Europska Komisija, 2013., p. 13.

Tablica 11: Koeficijenti eksternih troškova za pomorski prijevoz

Trošak	Vrsta broda					
	Generalni, rasuti	Kontejnerski	Ro-Ro/ Ro-Pax < 17 čv	Ro-Ro/ Ro-Pax 17-20 čv	Ro-Ro/ Ro-Pax 20-23	Ro-Ro/ Ro-Pax >23
1.Zagađenje zraka	4,48	3,09	1,56	1,98	3,00	5,20
2. Klimatske promjene	0,21	0,40	2,94	5,65	8,47	11,29
TOTAL	4,70	3,49	4,50	7,63	11,47	16,50

Izvor: Autor prema; Brons, M., Christidis, P.: *External cost calculator for Marco Polo freight transport project proposals*, Europska Komisija, 2013., p. 13.

U ovoj disertaciji analiziraju se eksterni troškovi kao jedan od kriterija implementacije sustava morskih autocesta u funkciji zaštite okoliša sa pripadajućim podkriterijima: Eksterni troškovi prometnih nesreća, Eksterni troškovi uzrokovani bukom projevoznih sustava, Eksterni troškovi nastali zbog zagađenja zraka, Eksterni troškovi nastali zbog klimatskih promjena, Eksterni troškovi zagušenja. U nastavku će se provesti testiranje na konkretnim pomorskim i kopnenim rutama, odnosno prikazati će se detaljan proračun eksternih troškova na definiranim relacijama potreban za rangiranje modela lučkih sustava korištenjem postupka višekriterijske optimizacije.

6.2.1. Definicija podkriterija eksternih troškova prijevoza

U ovom poglavlju slijedi kratki opis pojedinih eksternih troškova odnosno podkriterija; (1) Eksterni troškovi prometnih nesreća, (2) Eksterni troškovi uzrokovani bukom projevoznih sustava, (3) Eksterni troškovi nastali zbog zagađenja zraka, (4) Eksterni troškovi nastali zbog klimatskih promjena, (5) Eksterni troškovi zagušenja.

6.2.1.1. Eksterni troškovi prometnih nesreća

S porastom prometa, vozači postaju nervozniji i uznemireniji pa se broj nesreća povećava više nego proporcionalno u odnosu na rast prometa. S druge strane, prosječna brzina se smanjuje povećanjem prometa, pa tako broj nesreća raste sporije nego povećanje prometa te se povećava broj lakših prometnih nesreća u odnosu na teške zbog smanjenja brzine. Troškovi nesreća su problematični za

računanje, a čine veliki udio u ukupnim troškovima. Tu spadaju troškovi rizika, gubitka produktivnosti zbog smrti, medicinske skrbi, administrativni troškovi i troškovi nastali oštećenjem na imovini. Najveći problem u računanju troškova nesreće čini činjenica da je potrebno iznijeti vrijednost ljudskog života. Ta vrijednost je korištena i u računanju troškova zagađenja, klimatskih promjena i troškova buke.

Nesreće ne uzrokuju samo bol i patnju već se kao posljedica javlja i skraćivanje života žrtava što je gubitak u prinosu žrtve te se kao takav može okarakterizirati kao eksterni trošak. Još se kao potkategorije troškova nesreća javljaju troškovi medicinske skrbi, administrativni troškovi te troškovi nastali oštećenjem imovine. Troškovi nastali oštećenjem imovine su internalizirani jer su pokriveni putem osiguranja pa se ne računaju u proračunima. Troškove medicinske skrbi čine troškovi liječenja sve do trenutka potpunog oporavka ili smrti ozlijeđenog. Ti su troškovi samo dijelom internalizirani preko isplata osiguranja, a dijelom su pokriveni iz zdravstvenog osiguranja te se kao takvi računaju kao eksterni troškovi. Administrativne troškove čine troškovi policije i pravosuđa te administrativni troškovi osiguravajućih kuća. Dio tih troškova je internaliziran, a ostatak bi se trebalo internalizirati. Troškovi nesreća su specifični zato što je dio troškova nesreća internaliziran, ili preko isplata od osiguranja onoga tko je skrivio nesreću ili preko isplata od osobnih životnih osiguranja stradalih, što nije česta praksa u drugim kategorijama prometom uzrokovanih eksternih troškova.

6.2.1.2. Eksterni troškovi uzrokovani bukom projevoznih sustava

Buka se javlja kao veliki problem u prometnom sektoru, te se nameće kao jedan od glavnih uzroka smanjenja kvalitete života, posebice u blizini cestovnih i željezničkih prometnica gdje je konstantno prisutna i utječe na mnoge aspekte svakodnevnog života. Povećane razine buke ponajprije negativno utječu na koncentraciju ljudi, izazivaju smetnje u komunikaciji, smetnje pri odmoru te druge fizičke i psihičke posljedice. Također, bitno je i spomenuti kako buka kao svakodnevni čimbenik okoliša djeluje stresogeno, te ljudski organizam nema sposobnosti privikavanja. Bukom se definira svaki neželjeni zvuk u sredini u kojoj ljudi borave i rade, a koji izaziva neugodan osjećaj ili može nepovoljno utjecati na zdravlje. Osjetljivost na buku ovise o karakteristikama buke (jakost, ritam, sadržaj), individualnim karakteristikama izložene osobe (stanje organa sluha, životna dob,

individualna osjetljivost na buku) te o duljini, vrsti i režimu izloženosti (položaj osobe prema izvoru buke, prisutnost ili neprisutnost buke u vrijeme odmora uzetog za radnog vremena te u slobodno vrijeme).¹¹⁵

Nepovoljan utjecaj buke na zdravlje može biti direktan (naglušost i gluhoća) ili indirektan te može izazivati umor, smanjenje radne sposobnosti te ometanje sporazumijevanja, koncentracije, odmora i sna a tu su i određene zdravstvene smetnje kao i pogoršanje postojećih. Napomenuto je kako su reakcije na buku individualne te ovisno o razini i frekvenciji buke te o vremenu izloženosti mogu biti od blagih i prolaznih do trajnih oštećenja. Izloženost intenzivnoj buci ima direktan utjecaj na zdravlje i izaziva oštećenje sluha (naglušost i gluhoća). Uredno osjetilo sluha čuje i raspoznaje zvukove koji predstavljaju ono frekvencijsko područje mehaničkog valovitog gibanja koje ljudsko uho može čuti. To su frekvencije od 16 do 20 000 Hz). Prag sluha uredno čujuće osobe je od 0 –25 dB(A) intenziteta.¹¹⁶ Tako primjerice buka od 85 dB može ostaviti posljedice na sluh dok manja razina buke, buka preko 60 dB, može proizvesti stres i nervozu, promjenu pulsa, povećanje krvnog tlaka te hormonalne poremećaje. Izlaganje pretjeranoj buci također povećava rizik od kardio-vaskularnih smetnji. Buka od 65 – 70 dB povećava rizike zastoja srca za 20 posto dok buka od 75 – 80 dB povećava rizik za 70 posto¹¹⁷. Osim kardio-vaskularnih smetnji, buci izloženi ljudi, posebno noću, imaju povećani rizik od želučano-crijevnih tegoba.

Indirektno buka utječe na vegetativni i endokrini sustav, koji su izraz promjena vezanih za trajnu simpatikotoniju. Kliničko očitovanje ove vrste učinaka buke naziva se neurovegetativnom distonijom, a intenzitet nepoželjnih simptoma u osnovi je uvijek isti bez obzira na duljinu vremena izloženosti buci, jer na vegetativnoj razini nema privikavanja na buku. Buka utječe i na psihomotoriku očitujući se razdražljivošću, dekoncentracijom, padom radnog učinka i porastom nesreća na radu. Buka objektivno remeti i san, što se ne svodi na objektivne pritužbe, već se

¹¹⁵ Resanović, B., Vranjković, M., Orsag, Z.: **Buka okoliša – Javnozdravstveni problem**, Služba za medicinu rada i sporta, Zavod za javno zdravstvo Grada Zagreba, Zagreb, 2006., (www.zmz.hr/download/buka-okolisa-javnozdravstveni-problem.pdf), p. 1.

¹¹⁶ Ibidem.

¹¹⁷ O tome detaljnije cf.: Korzhenevych, Artem; Dehnen, Nicola; Bröcker, Johannes; Holtkamp, Michael; Meier, Henning; Gibson, Gena; Varma, Adarsh; Cox, Victoria: **Update of the Handbook on External Costs of Transport**, European Commission – DG Mobility and Transport, MOVE/D3/2011/571, Ricardo-AEA, 2014., p. 49.

medicinski dokazuje elektronecefalografski. Za dobar san bilo bi poželjno da buka ne prelazi 30 dB(A), a pojedinačni zvučni podražaj 45 dB(A).

Smatra se da već buka preko 60 dB može neizravno utjecati na podraživanje simpatičkog dijela autonomnog živčanog sustava (dio središnjeg živčanog sustava koji ne ovisi o volji čovjeka, a upravlja važnim životnim funkcijama). Buka može izazvati podražaj simpatikusa koji opet izaziva ubrzani rad srca, porast krvnog tlaka, ubrzano disanje i znojenje. Reakcija može biti kratkotrajna, ali i kronična kada se najčešće očituje kao nesanica, povišen krvni tlak, poremećaj apetita i seksualnih funkcija, tjeskoba i depresija. Dugotrajna izloženost buci prometa intenziteta 60 - 70 dB može dovesti do navedenih zdravstvenih smetnji ili pogoršati postojeće bolesti: artritis, bronhitis, depresija dok se agresivno ponašanje javlja tek kod buke iznad 80 dB.

Tablica 12: Zvukovi iz okoliša i odgovarajuće razine zvuka (buke) u decibelima [dB]

VRSTA ZVUKA	RAZINA JAKOSTI ZVUKA [dB]
Prag čujnosti	0 – 25
Šapat	20
Govor	40
TV	55
Stan u prometnoj ulici, buka u velikom uredu	60
Prometna ulica, buka u kafiću	70
Automobil, fen za sušenje kose	70
Metro, velika gužva	80
Kamion, vrlo prometna križanja	90
Vlak u prolazu	95
Električna pila, bušilica	100
Pneumatski čekić	105
Glasna glazba	110
Rok koncert blizu zvučnika, grom	120
Prag bola	130-140
Poljetanje i slijetanje aviona	140

Izvor: Autor prema: Resanović, B., Vranjković, M., Orsag, Z.: Buka okoliša – Javnozdravstveni problem, Služba za medicinu rada i sporta, Zavod za javno zdravstvo Grada Zagreba, (www.zmz.hr/download/buka-okolisa-javnozdravstveni-problem.pdf), p. 3.

Izračun marginalnih troškova u svim kategorijama iznimno je kompliciran. Što se tiče računanja marginalnih eksternih troškova buke, potrebno je izračunati dodatne efekte proizvedene bukom jedne dodatne transportne jedinice. Prometna buka uvelike ovisi o međudjelovanju: broja izvora buke, emitiranoj zvučnoj energiji,

prostornom širenju buke i percepciji buke u uhu. Pri izračunu marginalnih troškova uzrokovanih bukom uzima se u obzir i broj stanovnika pogođenih bukom te njihov nivo osjetljivosti na buku koji je direktno zavisao o dobu dana i vrsti okoline.

Dok je određivanje marginalnih troškova uzrokovanih bukom u cestovnom i željezničkom prometu moguće putem definiranih koeficijenata, u pomorskom prometu tako nešto nije moguće jer koeficijenti, kao što se može vidjeti iz tablica nisu definirani, odnosno smatra se da brodovi, kao dio pomorskog sustava prijevoza ne zagađuju okoliš bukom, stoga je onečišćenje jednako nuli.

6.2.1.3. Eksterni troškovi nastali zbog zagađenja zraka

Zagađenje zraka je kategorija eksternih troškova koja u ukupnim troškovima sudjeluje sa velikim udjelom. Pod eksterne troškove uzrokovane zagađenjem zraka spadaju utjecaj na ljudsko zdravlje, utjecaj na materijale i građevine, gubitak usjeva i oštećenje šuma (koje se uzima u obzir samo u finim analizama u studiji iz 2000. godine). Najveći postotak od toga odlazi na troškove na ljudsko zdravlje o čemu postoji i najviše studija, dok o utjecaju na materijale i građevine gotovo da i ne postoje studije. Kao važni ulazni podaci za ovu skupinu troškova uzimaju se emisija NO_x koji uzrokuje pojavu kiselih kiša te količina PM₁₀ čestica. PM₁₀ čestice su fine, sitne čestice, dovoljno male da mogu biti udahnute u pluća, a koje su u promjeru manje od 10µm. Te čestice mogu uzrokovati kronične probleme respiratornog sustava i prijevremenu smrt. PM₁₀ čestice su samo manjim dijelom proizvedene ispuhom. Većina PM₁₀ čestica vezana je uz trošenje ceste, kvačila i guma, tako da prema statistikama samo oko 20 posto PM₁₀ čestica u cestovnom prometu dolazi od ispušnih plinova. Iz toga se da zaključiti da će ti troškovi u budućnosti, bez obzira na potencijalni trend smanjenja štetnih ispušnih plinova, uzimati sve veći udio u ukupnim troškovima. Troškovi trošenja, kao čija posljedica se javlja stvaranje PM₁₀ čestica je zanemariva u zračnom i vodnom prometu.

Za eksterne troškove, u vidu troškova na građevinama, uzima se vrijednost za popravak i čišćenje građevina koje su izložene velikom prometu, pri čemu se uspoređivalo stanje građevina izloženih velikom prometu sa građevinama izloženim malom prometu.

6.2.1.4. Eksterni troškovi nastali zbog klimatskih promjena

Kao što je već spomenuto u prošlom poglavlju, problem klimatskih promjena, i udio prometnog sektora u tome, je ogroman. Također su u prošlom poglavlju spomenuti učinci pojedinih plinova na staklenik efekt. Međutim u ovim studijama evaluirana je samo negativna komponenta CO₂ dok su ostali štetni plinovi zanemareni. I sami autori studije svjesni dodatnih negativnih učinaka zračnog prometa zbog činjenice da se odvija na velikim visinama gdje su negativne posljedice još izraženije, množe štetne učinke u odnosu na druge prometne grane sa dva. Procjena eksternih troškova klimatskih promjena, suočava se sa mnogim neodređenostima pa tako postoje tri pristupa procjeni troškova klimatskih promjena. Pristup određivanja eksternih troškova principom oštećenja zahtijeva procjenu budućih oštećenja izazvanih klimatskim promjenama. Troškove se tada kvantificira kao izdatke za popravak nanesenog oštećenja ili direktno kao ekonomski gubitak u obliku agrikulturne proizvodnje i povećanja gladovanja. Drugi pristup, principom izbjegavanja, podrazumijeva troškove kao izdatke potrebne za smanjenje štetnih plinova pri čemu se treba predvidjeti buduće tehnologije koje će omogućiti takvo smanjenje i troškove koji su za njih vezani. Treća metoda je, već prije spomenuta, WTP metoda. Pristup određivanja eksternih troškova principom oštećenja je problematičan budući da je teško procijeniti i monetarizirati rizike na globalnoj sceni. Zato se koristi metoda izbjegavanja kao metoda u procjeni eksternih troškova klimatskih promjena. Međutim i taj pristup ima više problema koji se trebaju definirati. Najveće pitanje koje se postavlja kod ovog pristupa je, koliko se želi smanjiti štetnost i u kojem periodu. Još se tu javljaju i druga pitanja kao npr. koja država treba smanjiti koliko te koliko transportni sektor treba sudjelovati u smanjenju. U ovoj studiji uzelo se za pretpostavku da će se smanjiti emisija CO₂ iz transportnog sektora za 50 posto do 2030. godine u odnosu na 1990. te se uz te pretpostavke došlo do iznosa od 135 eura/t CO₂, kao vrijednosti koja je za takvo smanjenje potrebna. U novijoj studiji iz 2004. godine uzimaju se dvije vrijednosti, vrijednost od 140 eura/t CO₂ uz iste pretpostavke kao i u studiji iz 2000. godine i vrijednost od 20 eura/t CO₂ za udovoljavanje Kyoto protokolu.

6.2.1.5. Eksterni troškovi zagušenja

Troškovi zagušenja su tretirani su odvojeno od ostalih kategorija troškova. Razlog za to leži u činjenici da su drugi eksterni troškovi nametnuti potpunom društvu uključujući i stanovnike koji ne sudjeluju u prometu dok zagušenje ima posljedice samo u transportnom sektoru. Korisnici infrastrukture međusobno si smetaju, zbog većeg prometa od prometa za koji je prometnica projektirana, ne uzrokujući tako dodatne troškove na ostatak društva. Izračun eksternih troškova uzrokovanih zagušenjem je kompliciran i svodi se na računanje izgubljenog vremena i goriva uslijed zagušenja. Važno je napomenuti da u troškove zagušenja u ovim studijama ulaze samo troškovi zagušenja u cestovnom i željezničkom prometu. Pomorski promet u ovoj kategoriji je izuzet, pošto se smatra kako brodovi kao dio pomorskog sustava prijevoza ne uzrokuju zagušenja u klasičnom smislu kao cestovni i željeznički sustav prijevoza.

6.2.2. Proračun eksternih troškova definiranih relacija

Identificiranje i definiranje kriterije vrednovanja razvoja i održivosti sustava pomorskih prometnica nije moguće bez detaljnog proračuna i analize svakog podkriterija unutar grupe eksternih troškova prijevoza. Stoga je za jasno razumijevanje nužno obraditi sljedeće tematske jedinice: (1) Proračun i analiza kopnenog dijela prijevoza, (2) Proračun i analiza pomorskog dijela prijevoza i (3) Analiza i usporedba kopnenih i pomorskih prijevoznih sustava.

6.2.2.1. Proračun i analiza kopnenog dijela prijevoza

Unutar ovoga poglavlja proračunati će se emisije ispušnih plinova za svaku luku pojedino prema pojedinoj relaciji odnosno tržištu. Tako će se primjerice proračunati ukupni iznosi ekoloških i socio-ekonomskih troškova prijevoza za cestovni i željeznički sustav s obzirom na identificirana gravitacijska tržišta.

Cestovni promet, obzirom na svoj obim (broj prevaljenih putničkih kilometara), potrošeno gorivo i zauzimanje prostora cestovnom infrastrukturom, te bukom kao komponentom opterećenja okoliša, najznačajnija je prometna grana kod onečišćavanja okoliša. Kako bi se smanjio njegov štetan utjecaj potrebno je

optimizirat kapacitete, odnosno smanjiti cestovni dio puta unutar određenog sustava morskih autocesta jer su ekološki i socio-ekonomski troškovi najviši u promatranom sustavu prijevoza. Najzastupljeniji su sljedeći eksterni troškovi:

- zagađenje zraka,
- klimatske promjene,
- onečišćenje bukom,
- nesreće, i
- zagušenja

Navedeni eksterni troškovi prijevoza proračunat će se za svaku luku u odnosu na postavljena gravitirajuća tržišta; Zagreb, Budimpešta, Beograd, Sarajevo. Eksterni troškovi prijevoza proračunati su koristeći koeficijente izdane od strane europske komisije u sklopu Marco Polo II programa.¹¹⁸ U nastavku će biti prikazane detaljne tabele te dijagrami sa proračunatim vrijednostima za sljedeće luke odnosno relacije prema pripadajućim gravitacijskim tržištima:

1. Zagreb (Hrvatska);

- Luka Rijeka,
- Luka Zadar,
- Luka Šibenik,
- Luka Split,
- Luka Ploče,
- Luka Dubrovnik.

2. Budimpešta (Mađarska);

- Luka Rijeka,
- Luka Zadar,
- Luka Šibenik,
- Luka Split,
- Luka Ploče,
- Luka Dubrovnik.

3. Beograd (Srbija);

- Luka Rijeka,

¹¹⁸ O tome detaljnije cf. Brons, M., Christidis, P.: *External cost calculator for Marco Polo freight transport project proposals*, Europska Komisija, 2013., op. cit., p. 13.

- Luka Zadar,
- Luka Šibenik,
- Luka Split,
- Luka Ploče,
- Luka Dubrovnik.

4. Sarajevo (BiH);

- Luka Rijeka,
- Luka Zadar,
- Luka Šibenik,
- Luka Split,
- Luka Ploče,
- Luka Dubrovnik.

Tablica 13: Prikaz izračuna eksternih troškova cestovnog i željezničkog prijevoznog sustava na relaciji između morskih luka i gravitirajućeg tržišta; Zagreb

Relacija	Prijevozni sustav	Udaljenost [km]	Teret [t]	Environmental			Socio-Economic		Ukupno		Ukupno (Ekološki + Socio-Ekonomski) [euro]
				Zagađenje zraka [euro]	Klimatske promjene [euro]	Buka [euro]	Nesreće [euro]	Zagušenje [euro]	Ekološki [euro]	Socio-Ekonomski [euro]	
Rijeka - Zagreb	Cestovni prijevoz	160,77	20	27,59	12,6	6,21	2,06	12,64	46,4	14,7	61,1
	Željeznički prijevoz	208,71	20	4,17	6,09	6,22	1,38	0,83	16,48	2,21	18,69
Zadar-Zagreb	Cestovni prijevoz	283,22	20	48,6	22,2	10,93	3,63	22,26	81,73	25,89	107,62
	Željeznički prijevoz	374,94	20	54	13,16	13,13	3,59	1,5	80,29	5,09	85,38
Šibenik-Zagreb	Cestovni prijevoz	333,25	20	57,19	26,13	12,86	4,27	26,19	96,18	30,46	126,64
	Željeznički prijevoz	354,09	20	49,73	12,37	12,35	3,36	1,41	74,45	4,77	79,22
Split-Zagreb	Cestovni prijevoz	402,93	20	69,14	31,59	15,55	5,16	31,67	116,28	36,83	153,11
	Željeznički prijevoz	378,39	20	54,71	13,29	13,26	3,62	1,51	81,26	5,13	82,77
Ploče-Zagreb	Cestovni prijevoz	506,75	20	86,96	39,73	19,56	6,49	39,83	146,25	46,32	192,57
	Željeznički prijevoz	624,53	20	12,49	18,24	18,61	4,12	2,5	49,34	6,62	55,96
Dubrovnik-Zagreb	Cestovni prijevoz	595,23	20	102,14	46,67	22,98	7,62	46,79	171,79	54,41	226,2
	Željeznički prijevoz	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-

Izvor: Doktorand prema; Brons, M., Christidis, P.: External cost calculator for Marco Polo freight transport project proposals, Europska Komisija, 2013., p. 13.

Tablica 14: Prikaz izračuna eksternih troškova cestovnog i željezničkog prijevoznog sustava na relaciji između morskih luka i gravitirajućeg tržišta; Budimpešta

Relacija	Prijevozni sustav	Udaljenost [km]	Teret [t]	Environmental			Socio-Economic		Ukupno		Ukupno (Ekološki + Socio-Ekonomska) [euro]
				Zagađenje zraka [euro]	Klimatske promjene [euro]	Buka [euro]	Nesreće [euro]	Zagušenje [euro]	Ekološki [euro]	Socio-Ekonomska [euro]	
Rijeka - Budimpešta	Cestovni prijevoz	505,23	20	86,7	39,61	19,5	6,47	39,71	145,81	46,18	191,99
	Željeznički prijevoz	563,82	20	11,28	16,46	16,8	3,72	2,26	44,54	5,98	50,52
Zadar - Budimpešta	Cestovni prijevoz	627,68	20	107,71	49,21	24,23	8,03	49,34	181,15	57,37	238,52
	Željeznički prijevoz	730,05	20	61,1	23,53	23,71	5,93	2,92	108,34	8,85	117,19
Šibenik - Budimpešta	Cestovni prijevoz	677,7	20	116,29	53,13	26,16	8,67	53,27	195,58	61,94	257,52
	Željeznički prijevoz	709,19	20	56,83	22,74	22,93	5,7	2,83	102,5	8,53	111,03
Split - Budimpešta	Cestovni prijevoz	747,38	20	128,25	58,59	28,85	9,57	58,74	215,69	68,31	284
	Željeznički prijevoz	733,49	20	61,81	23,66	23,84	5,96	2,93	109,31	8,89	112,24
Ploče - Budimpešta	Cestovni prijevoz	851,21	20	146,07	66,73	32,86	10,9	66,91	245,66	77,81	323,47
	Željeznički prijevoz	875,45	20	17,51	25,56	26,09	5,78	3,5	69,16	9,28	78,44
Dubrovnik - Budimpešta	Cestovni prijevoz	936,14	20	160,64	73,39	36,14	11,98	73,58	270,17	85,56	355,73
	Željeznički prijevoz	-	20	0	0	0	0	0	0	0	0

Izvor: Doktorand prema; Brons, M., Christidis, P.: External cost calculator for Marco Polo freight transport project proposals, Europska Komisija, 2013., p. 13.

Tablica 15: Prikaz izračuna eksternih troškova cestovnog i željezničkog prijevoznog sustava na relaciji između morskih luka i gravitirajućeg tržišta; Beograd

Relacija	Prijevozni sustav	Udaljenost [km]	Teret [t]	Environmental			Socio-Economic		Ukupno		Ukupno (Ekološki + Socio-Ekonomske) [euro]
				Zagađenje zraka [euro]	Klimatske promjene [euro]	Buka [euro]	Nesreće [euro]	Zagušenje [euro]	Ekološki [euro]	Socio-Ekonomske [euro]	
Rijeka - Beograd	Cestovni prijevoz	553,16	20	94,92	43,37	21,35	7,08	43,48	159,64	50,56	210,2
	Željeznički prijevoz	621,95	20	12,44	18,16	18,53	4,1	2,49	49,13	6,59	55,72
Zadar-Beograd	Cestovni prijevoz	675,61	20	115,93	52,97	26,08	8,65	53,1	194,98	61,75	256,73
	Željeznički prijevoz	686,14	20	60,23	22,25	22,41	5,64	2,75	104,89	8,39	113,28
Šibenik-Beograd	Cestovni prijevoz	552,41	20	94,79	43,31	21,32	7,07	43,42	159,42	50,49	209,91
	Željeznički prijevoz	665,29	20	55,96	21,46	21,63	5,41	2,66	99,05	8,07	107,12
Split-Beograd	Cestovni prijevoz	542,18	20	93,04	42,51	20,93	6,94	42,62	156,48	49,56	206,04
	Željeznički prijevoz	689,59	20	61,81	23,66	23,84	5,96	2,93	109,31	8,89	112,24
Ploče-Beograd	Cestovni prijevoz	495,03	20	84,95	38,81	19,11	6,34	38,91	142,87	45,25	188,12
	Željeznički prijevoz	608,95	20	12,18	17,78	18,15	4,02	2,44	48,11	6,46	54,57
Dubrovnik-Beograd	Cestovni prijevoz	478,62	20	82,13	37,52	18,47	6,13	37,62	138,12	43,75	181,87
	Željeznički prijevoz	-	20	0	0	0	0	0	0	0	0

Izvor: Doktorand prema; Brons, M., Christidis, P.: External cost calculator for Marco Polo freight transport project proposals, Europska Komisija, 2013., p. 13.

Tablica 16: Prikaz izračuna eksternih troškova cestovnog i željezničkog prijevoznog sustava na relaciji između morskih luka i gravitirajućeg tržišta; Sarajevo

Relacija	Prijevozni sustav	Udaljenost [km]	Teret [t]	Environmental			Socio-Economic		Ukupno		Ukupno (Ekološki + Socio-Ekonomski) [euro]
				Zagađenje zraka [euro]	Klimatske promjene [euro]	Buka [euro]	Nesreće [euro]	Zagušenje [euro]	Ekološki [euro]	Socio-Ekonomski [euro]	
Rijeka - Sarajevo	Cestovni prijevoz	459,06	20	78,77	35,99	17,72	5,88	36,08	132,48	41,96	174,44
	Željeznički prijevoz	649,57	20	12,99	18,97	19,36	4,29	2,6	51,32	6,89	58,21
Zadar- Sarajevo	Cestovni prijevoz	359,98	20	61,77	28,22	13,9	4,61	28,29	103,89	32,9	136,79
	Željeznički prijevoz	598,84	20	58,48	19,7	19,8	5,06	2,4	97,98	7,46	105,44
Šibenik- Sarajevo	Cestovni prijevoz	287,66	20	49,36	22,55	11,1	3,68	22,61	83,01	26,29	109,3
	Željeznički prijevoz	577,99	20	54,21	18,91	19,02	4,83	2,31	92,14	7,14	99,28
Split- Sarajevo	Cestovni prijevoz	240,26	20	41,23	18,84	9,27	3,08	18,88	69,34	21,96	91,3
	Željeznički prijevoz	602,29	20	59,19	19,83	19,93	5,09	2,41	98,95	7,5	101,36
Ploče- Sarajevo	Cestovni prijevoz	194,37	20	33,35	15,24	7,5	2,49	15,28	56,09	17,77	73,86
	Željeznički prijevoz	181,21	20	3,62	5,29	5,4	1,2	0,72	14,31	1,92	16,23
Dubrovnik - Sarajevo	Cestovni prijevoz	231,00	20	39,64	18,11	8,92	2,96	18,16	66,67	21,12	87,79
	Željeznički prijevoz	-	20	0	0	0	0	0	0	0	0

Izvor: Doktorand prema; Brons, M., Christidis, P.: External cost calculator for Marco Polo freight transport project proposals, Europska Komisija, 2013., p. 13.

Proračunom dobivene (uz pomoć koeficijenata definiranih od strane EU komisije) prikazane vrijednosti u tablicama 13, 14, 15, i 16 koristiti će se u nastavku, kako bi se analizirale i definirale i konačne vrijednosti ukupnih promatranih relacija odnosno pojedinih definiranih scenarija.

6.2.2.2. Proračun i analiza pomorskog dijela prijevoza

Eksterni troškovi koji nastaju prilikom pomorskog prijevoza odnose se na:

- zagađenje zraka, i
- klimatske promjene.

Naime, pomorski sustav prijevoza za razliku od cestovnog i željezničkog uzrokuje minimalne troškove buke, zagušenja i nesreća stoga se prilikom izračuna njihov utjecaj zanemaruje. Navedeni eksterni troškovi prijevoza proračunat će se za svaku luku u odnosu na poziciju Otrantskih vrata (ulaza u jadransko more). Eksterni troškovi prijevoza proračunati su koristeći koeficijente izdane od strane europske komisije u sklopu Marco Polo II programa.¹¹⁹ U nastavku će biti prikazane detaljne tabele te dijagrami sa proračunatim vrijednostima za sljedeće luke odnosno relacije prema pripadajućim gravitacijskim tržištima.

¹¹⁹ O tome detaljnije cf. Ibidem.

Tablica 17: Prikaz izračuna eksternih troškova pomorskog prijevoznog sustava na relaciji između morskih luka i pozicije Otrantskih vrata

Relacija	Prijevozni sustav	Udaljenost [km]	Teret [t]	Ekološki			Socio-ekonomski		Ukupno		Ukupno Ekološki + Socio-Ekonomska [euro]
				Zagađenje zraka [euro]	Klimatske promjene [euro]	Buka [euro]	Nesreće [euro]	Zagušenje [euro]	Ekološki [euro]	Socio-Ekonomska [euro]	
Otrantska Vrata - Rijeka	Pomorski prijevoz	703,76	20	43,49	5,63	0,00	0,00	0,00	49,12	0,00	49,12
Otrantska Vrata - Zadar	Pomorski prijevoz	629,68	20	38,91	5,04	0,00	0,00	0,00	43,95	0,00	43,95
Otrantska Vrata - Šibenik	Pomorski prijevoz	490,78	20	30,33	3,93	0,00	0,00	0,00	34,26	0,00	34,26
Otrantska Vrata - Split	Pomorski prijevoz	435,22	20	26,90	3,48	0,00	0,00	0,00	30,38	0,00	30,38
Otrantska Vrata - Ploče	Pomorski prijevoz	444,48	20	27,47	3,56	0,00	0,00	0,00	31,02	0,00	31,02
Otrantska Vrata - Dubrovnik	Pomorski prijevoz	287,06	20	17,74	2,30	0,00	0,00	0,00	20,04	0,00	20,04

Izvor: Doktorand prema; Brons, M., Christidis, P.: External cost calculator for Marco Polo freight transport project proposals, Europska Komisija, 2013., p. 13.

6.2.2.3. Analiza i usporedba kopnenih i pomorskih prijevoznih sustava

Kako bi se analizirao te usporedio pojedini prometni pravac odnosno scenarij potrebno je proračunati prosječne vrijednosti ekoloških i socio-ekonomskih troškova nastalih na pojedinom prometnom pravcu promatrajući prijevoz tereta od pozicije Otranskih vrata (ulaza u Jadransko more) do identificiranih gravitirajućeg tržišta kroz pojedinu morsku luku. Tako je primjerice prikazan proračun prosječnih vrijednosti promatranih troškova od pozicije Otranskih vrata do Zagreba za prometne pravce kroz svih šest identificiranih morskih luka koristeći pritom željeznički ili cestovni sustav prijevoza u kopnenom dijelu putovanja. Spomenuto je prikazano i za gravitacijske tržišta; Budimpešta, Beograd i Sarajevo. Detaljni tablični prikazi vrijednosti eksternih troškova prijevoza pojedinih gravitacijskih tržišta te njihov grafički prikaz slijede u nastavku.

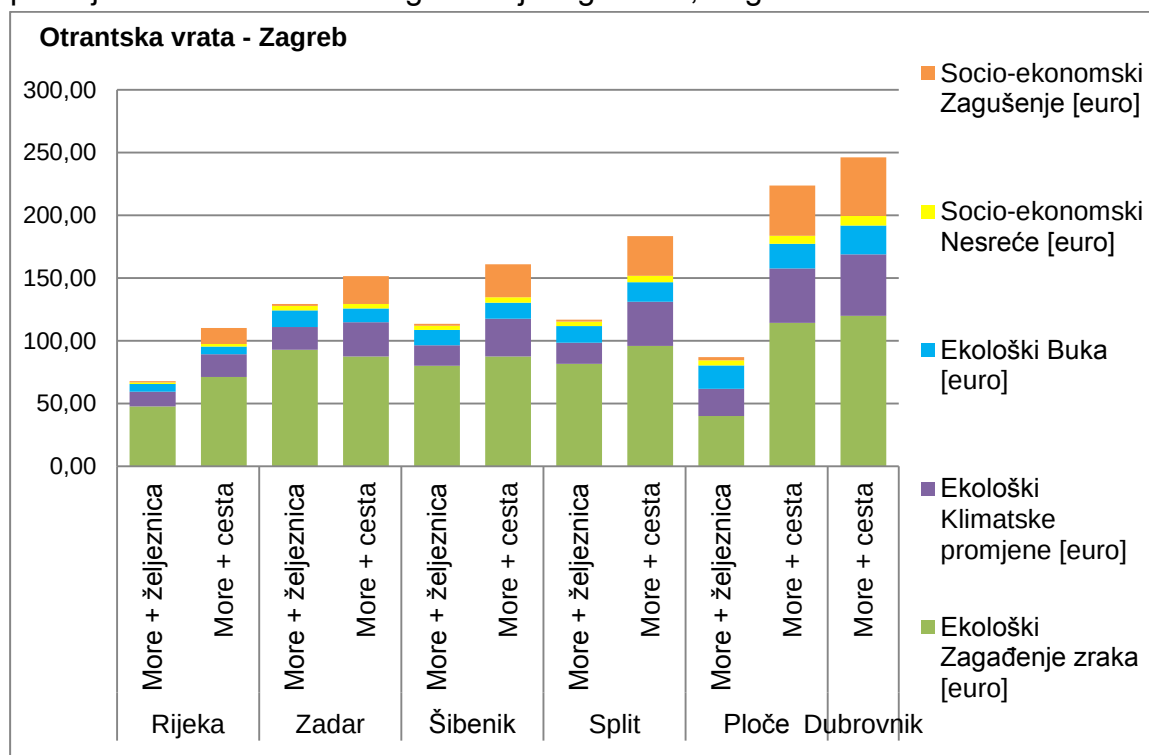
Tablica 18: Prikaz usporedbe eksternih troškova prijevoza pri kombinaciji cestovnog, željezničkog i pomorskog prijevoznog sustava na relaciji prema gravitirajućem tržištu; Zagreb

Relacija	Prijevozni sustav	Udaljenost [km]	Teret [t]	Ekološki			Socio-ekonomski		Ukupno		Ukupno Ekološki + Socio-Ekonomski [euro]
				Zagađenje zraka [euro]	Klimatske promjene [euro]	Buka [euro]	Nesreće [euro]	Zagušenje [euro]	Ekološki [euro]	Socio-Ekonomski [euro]	
Otrantska Vrata - Rijeka - Zagreb	Pomorski	703,76	20	43,49	5,63	0	0	0	49,12	0	49,12
	Željeznički	208,71	20	4,17	6,09	6,22	1,38	0,83	16,48	2,21	18,69
	Ukupno	912,47	40	47,66	11,72	6,22	1,38	0,83	65,6	2,21	67,81
	Pomorski	703,76	20	43,49	5,63	0	0	0	49,12	0	49,12
	Cestovni	160,77	20	27,59	12,6	6,21	2,06	12,64	46,4	14,7	61,1
	Ukupno	864,53	40	71,08	18,23	6,21	2,06	12,64	95,52	14,7	110,22
Otrantska Vrata - Zadar - Zagreb	Pomorski	629,68	20	38,91	5,04	0	0	0	43,95	0	43,95
	Željeznički	374,94	20	54	13,16	13,13	3,59	1,5	80,29	5,09	85,38
	Ukupno	1004,62	40	92,91	18,2	13,13	3,59	1,5	124,24	5,09	129,33
	Pomorski	629,68	20	38,91	5,04	0	0	0	43,95	0	43,95
	Cestovni	283,22	20	48,6	22,2	10,93	3,63	22,26	81,73	25,89	107,62
	Ukupno	912,9	40	87,51	27,24	10,93	3,63	22,26	125,68	25,89	151,57
Otrantska Vrata - Šibenik - Zagreb	Pomorski	490,78	20	30,33	3,93	0	0	0	34,26	0	34,26
	Željeznički	354,09	20	49,73	12,37	12,35	3,36	1,41	74,45	4,77	79,22
	Ukupno	844,87	40	80,06	16,3	12,35	3,36	1,41	108,71	4,77	113,48
	Pomorski	490,78	20	30,33	3,93	0	0	0	34,26	0	34,26
	Cestovni prijevoz	333,25	20	57,19	26,13	12,86	4,27	26,19	96,18	30,46	126,64

	Ukupno	824,03	40	87,52	30,06	12,86	4,27	26,19	130,44	30,46	160,9
Otrantska Vrata - Split - Zagreb	Pomorski	435,22	20	26,9	3,48	0	0	0	30,38	0	30,38
	Željeznički	378,39	20	54,71	13,29	13,26	3,62	1,51	81,26	5,13	82,77
	Ukupno	813,61	40	81,61	16,77	13,26	3,62	1,51	111,64	5,13	113,15
	Pomorski	435,22	20	26,9	3,48	0	0	0	30,38	0	30,38
	Cestovni	402,93	20	69,14	31,59	15,55	5,16	31,67	116,28	36,83	153,11
	Ukupno	838,15	40	96,04	35,07	15,55	5,16	31,67	146,66	36,83	183,49
Otrantska Vrata - Ploče - Zagreb	Pomorski	444,48	20	27,47	3,56	0	0	0	31,02	0	31,02
	Željeznički	624,53	20	12,49	18,24	18,61	4,12	2,5	49,34	6,62	55,96
	Ukupno	1069,01	40	39,96	21,8	18,61	4,12	2,5	80,36	6,62	86,98
	Pomorski	444,48	20	27,47	3,56	0	0	0	31,02	0	31,02
	Cestovni	506,75	20	86,96	39,73	19,56	6,49	39,83	146,25	46,32	192,57
	Ukupno	951,23	40	114,43	43,29	19,56	6,49	39,83	177,27	46,32	223,59
Otrantska Vrata - Dubrovnik - Zagreb	Pomorski	287,06	20	17,74	2,3	0	0	0	20,04	0	20,04
	Željeznički	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ukupno	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pomorski	287,06	20	17,74	2,3	0	0	0	20,04	0	20,04
	Cestovni	595,23	20	102,14	46,67	22,98	7,62	46,79	171,79	54,41	226,2
	Ukupno	882,29	40	119,88	48,97	22,98	7,62	46,79	191,83	54,41	246,24

Izvor: Doktorand prema; Brons, M., Christidis, P.: External cost calculator for Marco Polo freight transport project proposals, Europska Komisija, 2013., p. 13.

Grafikon 13: Usporedba eksternih troškova prijevoza po jednom TEU (20t) od pozicije Otrantskih vrata do gravitirajućeg tržišta; Zagreb



Izvor: Doktorand

Iz tablice 18 i grafikona 13 vidljivo je kako su ekološki i socio-ekonomski troškovi na željezničkom sustavu prijevoza na svim prikazanim relacijama manji od cestovnog sustava prijevoza. Razlika je posebice izražena na primjeru luke Ploče i Rijeka gdje je željeznica 100% elektrificirana prema promatranom gravitacijskom tržištu pa su i eksterni troškovi znatno niži. Ostale morske luke na relaciji prema promatranom gravitacijskom tržištu nemaju u 100% udjelu elektrificiranu željezničku infrastrukturu, stoga su i eksterni troškovi po prijađenom tonskom kilometru veći. Luka Dubrovnik uopće nema spoj sa željezničkom mrežom, stoga je u njezinom slučaju moguće promatrati samo eksterne troškove cestovnog sustava prijevoza. Svakako je bitno i spomenuti kako je iz grafikona jasno vidljivo kako su ekološki i socio-ekonomski troškovi prijevoza od pozicije Otrantskih vrata do pozicije promatranog gravitacijskog tržišta, u ovome slučaju Zagreb, najmanji ukoliko se prijevoz vrši preko luke Rijeka koristeći željeznički sustav prijevoza, a najviši ukoliko se prijevoz preko luke Dubrovnik koristeći cestovni sustav prijevoza.

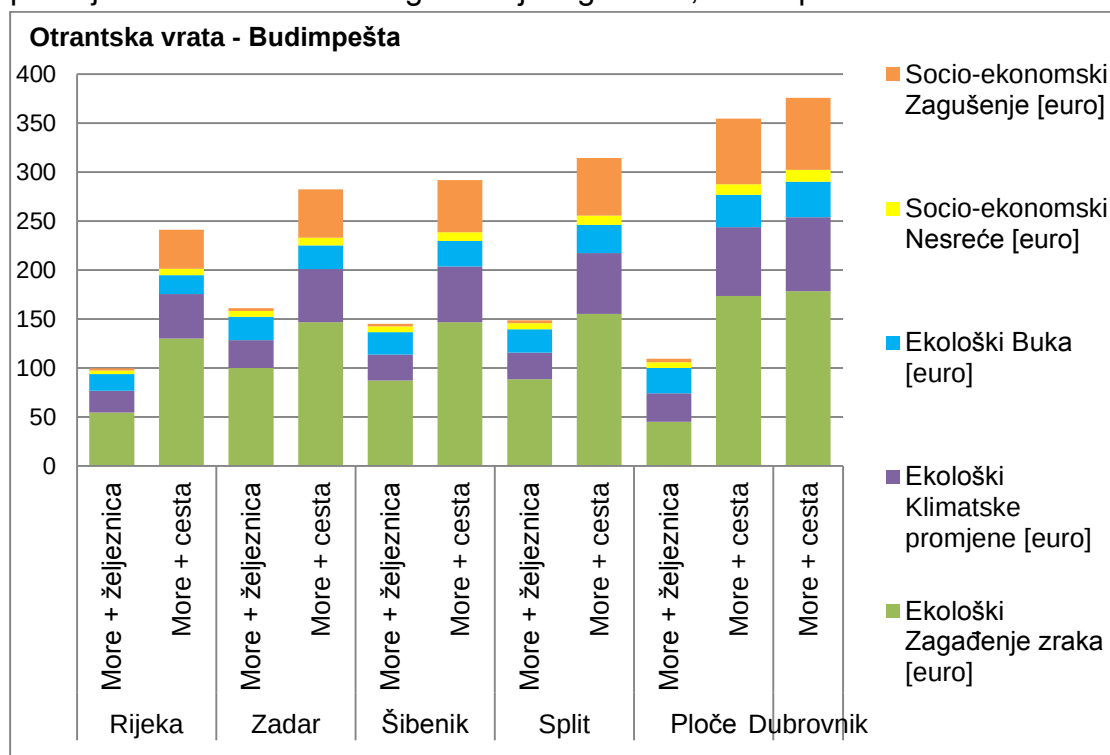
Tablica 19: Usporedba eksternih troškova prijevoza pri kombinaciji cestovnog, željezničkog i pomorskog prijevoznog sustava na relaciji prema gravitirajućem tržištu; Budimpešta

Relacija	Prijevozni sustav	Udaljenost [km]	Teret [t]	Ekološki			Socio-ekonomski		Ukupno		Ukupno Ekološki + Socio-Ekonomski [euro]
				Zagađenje zraka [euro]	Klimatske promjene [euro]	Buka [euro]	Nesreće [euro]	Zagušenje [euro]	Ekološki [euro]	Socio-Ekonomski [euro]	
Otrantska Vrata - Rijeka - Budimpešta	Pomorski	703,76	20	43,49	5,63	0	0	0	49,12	0	49,12
	Željeznički	563,82	20	11,28	16,46	16,8	3,72	2,26	44,54	5,98	50,52
	Ukupno	1267,58	20	54,77	22,09	16,8	3,72	2,26	93,66	5,98	99,64
	Pomorski	703,76	20	43,49	5,63	0	0	0	49,12	0	49,12
	Cestovni	505,23	20	86,7	39,61	19,5	6,47	39,71	145,81	46,18	191,99
	Ukupno	1208,99	20	130,19	45,24	19,5	6,47	39,71	194,93	46,18	241,11
Otrantska Vrata - Zadar - Budimpešta	Pomorski	629,68	20	38,91	5,04	0	0	0	43,95	0	43,95
	Željeznički	730,05	20	61,1	23,53	23,71	5,93	2,92	108,34	8,85	117,19
	Ukupno	1359,73	20	100,01	28,57	23,71	5,93	2,92	152,29	8,85	161,14
	Pomorski	629,68	20	38,91	5,04	0	0	0	43,95	0	43,95
	Cestovni	627,68	20	107,71	49,21	24,23	8,03	49,34	181,15	57,37	238,52
	Ukupno	1257,36	20	146,62	54,25	24,23	8,03	49,34	225,1	57,37	282,47
Otrantska Vrata - Šibenik - Budimpešta	Pomorski	490,78	20	30,33	3,93	0	0	0	34,26	0	34,26
	Željeznički	709,19	20	56,83	22,74	22,93	5,7	2,83	102,5	8,53	111,03
	Ukupno	1199,97	20	87,16	26,67	22,93	5,7	2,83	136,76	8,53	145,29
	Pomorski	490,78	20	30,33	3,93	0	0	0	34,26	0	34,26
	Cestovni prijevoz	677,7	20	116,29	53,13	26,16	8,67	53,27	195,58	61,94	257,52

	Ukupno	1168,48	20	146,62	57,06	26,16	8,67	53,27	229,84	61,94	291,78
Otrantska Vrata - Split- Budimpešta	Pomorski	435,22	20	26,9	3,48	0	0	0	30,38	0	30,38
	Željeznički	733,49	20	61,81	23,66	23,84	5,96	2,93	109,31	8,89	112,24
	Ukupno	1168,71	20	88,71	27,14	23,84	5,96	2,93	139,69	8,89	142,62
	Pomorski	435,22	20	26,9	3,48	0	0	0	30,38	0	30,38
	Cestovni	747,38	20	128,25	58,59	28,85	9,57	58,74	215,69	68,31	284
	Ukupno	1182,6	20	155,15	62,07	28,85	9,57	58,74	246,07	68,31	314,38
Otrantska Vrata - Ploče - Budimpešta	Pomorski	444,48	20	27,47	3,56	0	0	0	31,02	0	31,02
	Željeznički	875,45	20	17,51	25,56	26,09	5,78	3,5	69,16	9,28	78,44
	Ukupno	1319,93	20	44,98	29,12	26,09	5,78	3,5	100,18	9,28	109,46
	Pomorski	444,48	20	27,47	3,56	0	0	0	31,02	0	31,02
	Cestovni	851,21	20	146,07	66,73	32,86	10,9	66,91	245,66	77,81	323,47
	Ukupno	1295,69	20	173,54	70,29	32,86	10,9	66,91	276,68	77,81	354,49
Otrantska Vrata - Dubrovnik - Budimpešta	Pomorski	287,06	20	17,74	2,3	0	0	0	20,04	0	20,04
	Željeznički	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-
	Ukupno	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pomorski	287,06	20	17,74	2,3	0	0	0	20,04	0	20,04
	Cestovni	936,14	20	160,64	73,39	36,14	11,98	73,58	270,17	85,56	355,73
	Ukupno	1223,2	20	178,38	75,69	36,14	11,98	73,58	290,21	85,56	375,77

Izvor: Doktorand prema; Brons, M., Christidis, P.: External cost calculator for Marco Polo freight transport project proposals, Europska Komisija, 2013., p. 13.

Grafikon 14: Usporedba eksternih troškova prijevoza po jednom TEU (20t) od pozicije Otrantskih vrata do gravitirajućeg tržišta; Budimpešta



Izvor: Doktorand

Iz tablice 19 i grafikona 14 vidljivo je kako su ekološki i socio-ekonomski troškovi na željezničkom sustavu prijevoza na svim prikazanim relacijama mnogo manji od cestovnog sustava prijevoza. Razlika je posebice izražena na primjeru luke Ploče i Rijeka gdje je željeznička infrastruktura 100% elektrificirana prema promatranom gravitacijskom tržištu pa su i eksterni troškovi znatno niži. Ostale morske luke na relaciji prema promatranom gravitacijskom tržištu nemaju u 100% udjelu elektrificiranu željezničku infrastrukturu, stoga su i eksterni troškovi po prijeđenom tonskom kilometru veći. Luka Dubrovnik uopće nema spoj sa željezničkom mrežom, stoga je u njezinom slučaju moguće promatrati samo eksterne troškove cestovnog sustava prijevoza. Svakako je bitno i spomenuti kako je iz grafikona jasno vidljivo kako su ekološki i socio-ekonomski troškovi prijevoza od pozicije Otrantskih vrata do pozicije promatranog gravitacijskog tržišta, u ovome slučaju Budimpešta, najmanji ukoliko se prijevoz vrši preko luke Rijeka ili neznatno veći preko luke Ploče koristeći željeznički sustav, a najviši ukoliko se prijevoz vrši preko luke Dubrovnik koristeći cestovni sustav prijevoza u nastavku putovanja.

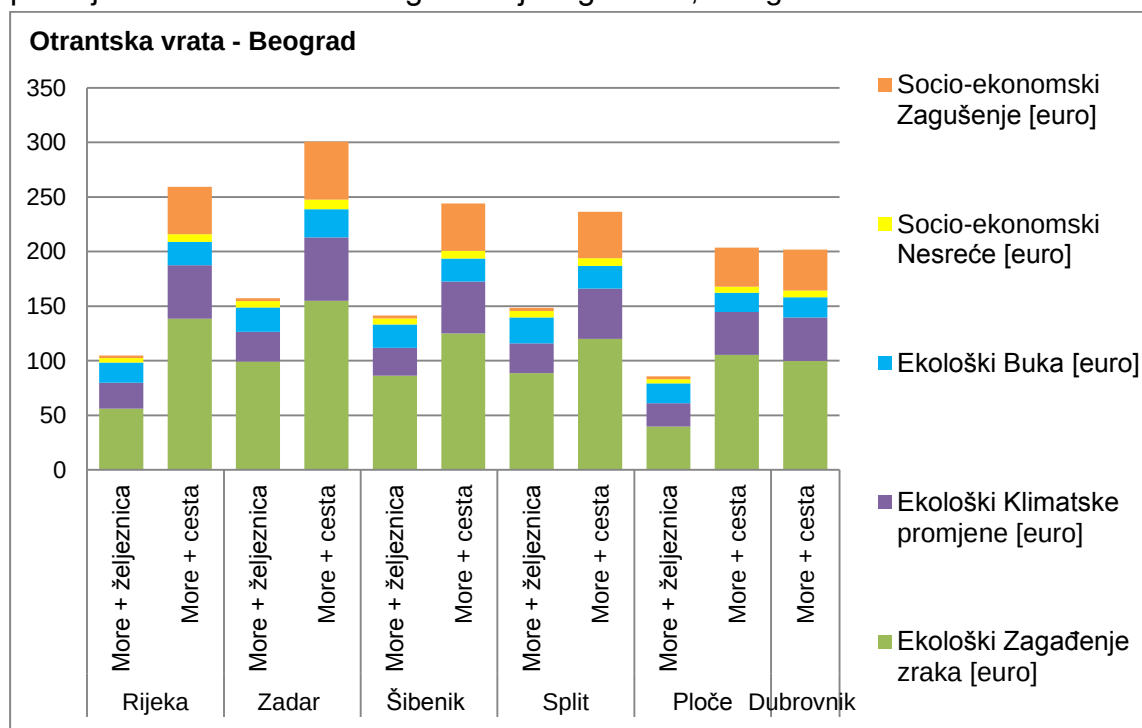
Tablica 20: Usporedba eksternih troškova prijevoza pri kombinaciji cestovnog, željezničkog i pomorskog prijevoznog sustava na relaciji prema gravitirajućem tržištu; Beograd

Relacija	Prijevozni sustav	Udaljenost [km]	Teret [t]	Ekološki			Socio-ekonomski		Ukupno		Ukupno Ekološki + Socio-Ekonomski [euro]
				Zagađenje zraka [euro]	Klimatske promjene [euro]	Buka [euro]	Nesreće [euro]	Zagušenje [euro]	Ekološki [euro]	Socio-Ekonomski [euro]	
Otrantska Vrata - Rijeka - Beograd	Pomorski	703,76	20	43,49	5,63	0	0	0	49,12	0	49,12
	Željeznički	621,95	20	12,44	18,16	18,53	4,1	2,49	49,13	6,59	55,72
	Ukupno	1325,71	40	55,93	23,79	18,53	4,1	2,49	98,25	6,59	104,84
	Pomorski	703,76	20	43,49	5,63	0	0	0	49,12	0	49,12
	Cestovni	553,16	20	94,92	43,37	21,35	7,08	43,48	159,64	50,56	210,2
	Ukupno	1256,92	40	138,41	49	21,35	7,08	43,48	208,76	50,56	259,32
Otrantska Vrata - Zadar - Beograd	Pomorski	629,68	20	38,91	5,04	0	0	0	43,95	0	43,95
	Željeznički	686,14	20	60,23	22,25	22,41	5,64	2,75	104,89	8,39	113,28
	Ukupno	1315,82	40	99,14	27,29	22,41	5,64	2,75	148,84	8,39	157,23
	Pomorski	629,68	20	38,91	5,04	0	0	0	43,95	0	43,95
	Cestovni	675,61	20	115,93	52,97	26,08	8,65	53,1	194,98	61,75	256,73
	Ukupno	1305,29	40	154,84	58,01	26,08	8,65	53,1	238,93	61,75	300,68
Otrantska Vrata - Šibenik - Beograd	Pomorski	490,78	20	30,33	3,93	0	0	0	34,26	0	34,26
	Željeznički	665,29	20	55,96	21,46	21,63	5,41	2,66	99,05	8,07	107,12
	Ukupno	1156,07	40	86,29	25,39	21,63	5,41	2,66	133,31	8,07	141,38
	Pomorski	490,78	20	30,33	3,93	0	0	0	34,26	0	34,26
	Cestovni	552,41	20	94,79	43,31	21,32	7,07	43,42	159,42	50,49	209,91

	Ukupno	1043,19	40	125,12	47,24	21,32	7,07	43,42	193,68	50,49	244,17
Otrantska Vrata - Split - Beograd	Pomorski	435,22	20	26,9	3,48	0	0	0	30,38	0	30,38
	Željeznički	733,49	20	61,81	23,66	23,84	5,96	2,93	109,31	8,89	112,24
	Ukupno	1168,71	40	88,71	27,14	23,84	5,96	2,93	139,69	8,89	142,62
	Pomorski	435,22	20	26,9	3,48	0	0	0	30,38	0	30,38
	Cestovni	542,18	20	93,04	42,51	20,93	6,94	42,62	156,48	49,56	206,04
	Ukupno	977,4	40	119,94	45,99	20,93	6,94	42,62	186,86	49,56	236,42
Otrantska Vrata - Ploče - Beograd	Pomorski	444,48	20	27,47	3,56	0	0	0	31,02	0	31,02
	Željeznički	608,95	20	12,18	17,78	18,15	4,02	2,44	48,11	6,46	54,57
	Ukupno	1053,43	40	39,65	21,34	18,15	4,02	2,44	79,13	6,46	85,59
	Pomorski	444,48	20	27,47	3,56	0	0	0	31,02	0	31,02
	Cestovni	454,11	20	77,93	35,6	17,53	5,81	35,69	131,06	41,5	172,56
	Ukupno	898,59	40	105,4	39,16	17,53	5,81	35,69	162,08	41,5	203,58
Otrantska Vrata - Dubrovnik - Beograd	Pomorski	287,06	20	17,74	2,3	0	0	0	20,04	0	20,04
	Željeznički	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-
	Ukupno	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pomorski	287,06	20	17,74	2,3	0	0	0	20,04	0	20,04
	Cestovni	478,62	20	82,13	37,52	18,47	6,13	37,62	138,12	43,75	181,87
	Ukupno	765,68	40	99,87	39,82	18,47	6,13	37,62	158,16	43,75	201,91

Izvor: Doktorand prema; Brons, M., Christidis, P.: External cost calculator for Marco Polo freight transport project proposals, Europska Komisija, 2013., p. 13.

Grafikon 15: Usporedba eksternih troškova prijevoza po jednom TEU (20t) od pozicije Otrantskih vrata do gravitirajućeg tržišta; Beograd



Izvor: Doktorand

Iz tablice 20 i grafikona 15 vidljivo je kako su ekološki i socio-ekonomski troškovi na željezničkom sustavu prijevoza na svim prikazanim relacijama mnogo manji od cestovnog sustava prijevoza. Razlika je posebice izražena na primjeru luke Rijeka i Ploče gdje je željeznica 100% elektrificirana prema promatranom gravitacijskom tržištu pa su i eksterni troškovi znatno niži. Ostale morske luke na relaciji prema promatranom gravitacijskom tržištu nemaju u 100% udjelu elektrificiranu željezničku infrastrukturu, stoga su i eksterni troškovi po prijeđenom tonskom kilometru veći. Luka Dubrovnik uopće nema spoj sa željezničkom mrežom, stoga je u njezinom slučaju moguće promatrati samo eksterne troškove cestovnog sustava prijevoza. Svakako je bitno i spomenuti kako je iz grafikona jasno vidljivo kako su ekološki i socio-ekonomski troškovi prijevoza od pozicije Otrantskih vrata do pozicije promatranog gravitacijskog tržišta, u ovome slučaju Beograd, najmanji ukoliko se prijevoz vrši preko luke Ploče ili neznatno veći preko luke Rijeka koristeći željeznički sustav, a najviši ukoliko se prijevoz vrši preko luke Zadar koristeći cestovni sustav prijevoza u nastavku putovanja.

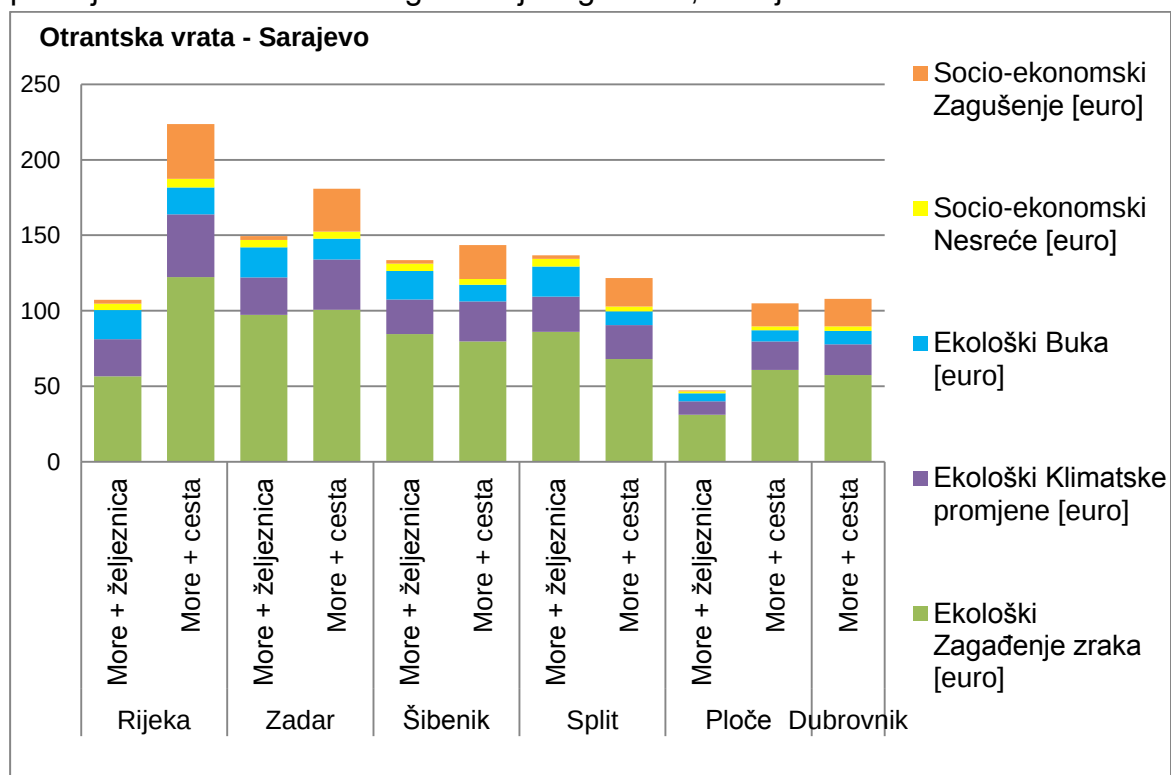
Tablica 21: Usporedba eksternih troškova prijevoza pri kombinaciji cestovnog, željezničkog i pomorskog prijevoznog sustava na relaciji prema gravitirajućem tržištu; Sarajevo

Relacija	Prijevozni sustav	Udaljenost [km]	Teret [t]	Ekološki			Socio-ekonomski		Ukupno		Ukupno Ekološki + Socio-Ekonomski [euro]
				Zagađenje zraka [euro]	Klimatske promjene [euro]	Buka [euro]	Nesreće [euro]	Zagušenje [euro]	Ekološki [euro]	Socio-Ekonomski [euro]	
Otrantska Vrata - Rijeka - Sarajevo	Pomorski	703,76	20	43,49	5,63	0	0	0	49,12	0	49,12
	Željeznički	649,57	20	12,99	18,97	19,36	4,29	2,6	51,32	6,89	58,21
	Ukupno	1353,33	40	56,48	24,6	19,36	4,29	2,6	100,44	6,89	107,33
	Pomorski	703,76	20	43,49	5,63	0	0	0	49,12	0	49,12
	Cestovni	459,06	20	78,77	35,99	17,72	5,88	36,08	132,48	41,96	174,44
	Ukupno	1162,82	40	122,26	41,62	17,72	5,88	36,08	181,6	41,96	223,56
Otrantska Vrata - Zadar - Sarajevo	Pomorski	629,68	20	38,91	5,04	0	0	0	43,95	0	43,95
	Željeznički	598,84	20	58,48	19,7	19,8	5,06	2,4	97,98	7,46	105,44
	Ukupno	1228,52	40	97,39	24,74	19,8	5,06	2,4	141,93	7,46	149,39
	Pomorski	629,68	20	38,91	5,04	0	0	0	43,95	0	43,95
	Cestovni	359,98	20	61,77	28,22	13,9	4,61	28,29	103,89	32,9	136,79
	Ukupno	989,66	40	100,68	33,26	13,9	4,61	28,29	147,84	32,9	180,74
Otrantska Vrata - Šibenik - Sarajevo	Pomorski	490,78	20	30,33	3,93	0	0	0	34,26	0	34,26
	Željeznički	577,99	20	54,21	18,91	19,02	4,83	2,31	92,14	7,14	99,28
	Ukupno	1068,77	40	84,54	22,84	19,02	4,83	2,31	126,4	7,14	133,54
	Pomorski	490,78	20	30,33	3,93	0	0	0	34,26	0	34,26
	Cestovni	287,66	20	49,36	22,55	11,1	3,68	22,61	83,01	26,29	109,3

	Ukupno	778,44	40	79,69	26,48	11,1	3,68	22,61	117,27	26,29	143,56
Otrantska Vrata - Split - Sarajevo	Pomorski	435,22	20	26,9	3,48	0	0	0	30,38	0	30,38
	Željeznički	602,29	20	59,19	19,83	19,93	5,09	2,41	98,95	7,5	101,36
	Ukupno	1037,51	40	86,09	23,31	19,93	5,09	2,41	129,33	7,5	131,74
	Pomorski	435,22	20	26,9	3,48	0	0	0	30,38	0	30,38
	Cestovni	240,26	20	41,23	18,84	9,27	3,08	18,88	69,34	21,96	91,3
	Ukupno	675,48	40	68,13	22,32	9,27	3,08	18,88	99,72	21,96	121,68
Otrantska Vrata - Ploče - Sarajevo	Pomorski	444,48	20	27,47	3,56	0	0	0	31,02	0	31,02
	Željeznički	181,21	20	3,62	5,29	5,4	1,2	0,72	14,31	1,92	16,23
	Ukupno	625,69	40	31,09	8,85	5,4	1,2	0,72	45,33	1,92	47,25
	Pomorski	444,48	20	27,47	3,56	0	0	0	31,02	0	31,02
	Cestovni	194,37	20	33,35	15,24	7,5	2,49	15,28	56,09	17,77	73,86
	Ukupno	638,85	40	60,82	18,8	7,5	2,49	15,28	87,11	17,77	104,88
Otrantska Vrata - Dubrovnik - Sarajevo	Pomorski	287,06	20	17,74	2,3	0	0	0	20,04	0	20,04
	Željeznički	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-
	Ukupno	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pomorski	287,06	20	17,74	2,3	0	0	0	20,04	0	20,04
	Cestovni	231	20	39,64	18,11	8,92	2,96	18,16	66,67	21,12	87,79
	Ukupno	518,06	40	57,38	20,41	8,92	2,96	18,16	86,71	21,12	107,83

Izvor: Doktorand prema; Brons, M., Christidis, P.: External cost calculator for Marco Polo freight transport project proposals, Europska Komisija, 2013., p. 13.

Grafikon 16: Usporedba eksternih troškova prijevoza po jednom TEU (20t) od pozicije Otrantskih vrata do gravitirajućeg tržišta; Sarajevo



Izvor: Doktorand

Iz tablice 21 i grafikona 16 vidljivo je kako su ekološki i socio-ekonomski troškovi na željezničkom sustavu prijevoza na svim prikazanim relacijama mnogo manji od cestovnog sustava prijevoza. Razlika je posebice izražena na primjeru luke Rijeka i Ploče gdje je željeznica 100% elektrificirana prema promatranom gravitacijskom tržištu pa su i eksterni troškovi znatno niži. Ostale morske luke na relaciji prema promatranom gravitacijskom tržištu nemaju u 100% udjelu elektrificiranu željezničku infrastrukturu, stoga su i eksterni troškovi po prijeđenom tonskom kilometru veći. Luka Dubrovnik uopće nema spoj sa željezničkom mrežom, stoga je u njezinom slučaju moguće promatrati samo eksterne troškove cestovnog sustava prijevoza. Svakako je bitno i spomenuti kako je iz grafikona jasno vidljivo kako su ekološki i socio-ekonomski troškovi prijevoza od pozicije Otrantskih vrata do pozicije promatranog gravitacijskog tržišta, u ovome slučaju Sarajevo, najmanji ukoliko se prijevoz vrši preko luke Ploče koristeći željeznički sustav, a najviši ukoliko se prijevoz vrši preko luke Rijeka koristeći cestovni sustav prijevoza u nastavku putovanja.

6.3. ANALIZA I DEFINIRANJE KRITERIJA POSTOJEĆIH INFRASTRUKTURNIH KAPACITETA

Analiza i ocjena postojećeg stanja infrastrukturnih kapaciteta i opremljenosti određene morske luke veoma je važna prilikom implementacije složenih prijevoznih sustava, posebice prilikom implementacije sustava morskih autocesta u funkciji zaštite okoliša. Činjenica je kako se u luci događa interakcija više vrsta različitih sustava prijevoza što luku čini važnom karikom u formiranju konkurentnosti sustava morskih autocesta. Jednako je bitna komunikacija i protočnost interakcije s brodom, željezničkim ili cestovnim sustavom jer ukoliko samo jedna veza nije besprijekorna, to se prenosi na pouzdanost i kvalitetu cjelokupnog sustava morskih autocesta. To je kriterij gdje veliku važnost nose i vanjski čimbenici poput željezničkih i pomorskih operatera. Međutim, funkcija i odgovornost luke je pronaći zajednički način i rješenje potpune usklađenosti i podizanja razine kvalitete. Kod sustava morskih autocesta upravo je potpuna usklađenost luke te njenih infrastrukturnih i organizacijskih kapaciteta ključna karika kako bi sustav bio protočan i pouzdan te samim time i ekološki i socio-ekonomski održiv. Temeljem navedenog, definirat će se relevantni podkriteriji odnosno obraditi se sljedeće tematske jedinice: (1) Analiza i definiranje unutar grupe kriterija lučke efikasnosti, (2) Analiza i definiranje unutar grupe kriterija pristupačnosti luke, (3) Analiza i definiranje unutar grupe kriterija sigurnosti prijevoznih sustava.

6.3.1. Analiza i definiranje unutar grupe kriterija lučke efikasnosti

Definirani podkriteriji unutar grupe kriterija lučke efikasnosti koji utječu na implementaciju te funkcioniranje sustava morskih autocesta kroz određenu morsku luku podijeljeni su na:

- Kapacitet željezničke infrastrukture,
- Kapacitet cestovne infrastrukture,
- Kapacitet skladišnog prostora TEU,
- Kapacitet parkirališnog prostora,
- Lučka oprema za manipulaciju kontejnerima,
- Lučka Ro-Ro oprema.

Naime, svi navedeni podkriteriji u izravnoj su funkciji uvođenja ekološki održivih sustava morskih autocesta, posebice ako se uzme u obzir činjenica kako

nedostatak pojedinog elementa može uvelike utjecati na pouzdanost i protočnost određenog prijevoznog servisa.

6.3.1.1. Kapacitet željezničke infrastrukture

Kapacitet željezničkih infrastrukturnih sustava morskih luka odnosno kapacitet željezničke veze s terminalom i željezničkog sustava na terminalu jedan je od osnovnih pretpostavki sustava morskih autocesta, a to jest da morske autoceste moraju biti nesmetani servisi visokih kapaciteta. Kapacitet u tom slučaju odnosi se na sve elemente sustava (brod, terminal, željeznica, cestovni prijevoz, itd.). Kapacitet na željeznici ima dva osnovna elementa – kapacitet prijevoza od terminala do gravitirajućeg tržišta (u smislu pruge kao osnovne infrastrukture sa svim svojim elementima te vagona i lokomotiva), te kapacitet na terminalu koji se odnosi na kapacitet kolosijeka te prekrcajne opreme u smislu utovara ili istovara kontejnera sa vagona. Nedostatak bilo kojeg elementa u ovom složenom sustavu rezultira smanjenim kapacitetom te posljedično ograničenjima sustava morskih autocesta na određenom prijevoznom pravcu. Svaka nadogradnja infrastrukture željezničkog sustava vrlo je skupa i građevinski zahtjevna uz iznimno dugi vremenski period izgradnje te predstavlja iznimno negativno opterećenje po okoliš. S obzirom na spomenuto, od iznimne je važnosti pomno planirati implementaciju sustava u odnosu na maksimalni kapacitet infrastrukture.

Željeznička infrastruktura mora zadovoljiti elemente besprijekornog spoja s nacionalnom mrežom, visoki kapacitet i sigurnost. Sve hrvatske luke, osim Dubrovnika, imaju spoj na željezničku mrežu, ali upitnih kapaciteta. U tom smislu jedino riječka luka može zadovoljiti veće količine tereta. Ostale luke imaju ograničenja bilo da se radi na dužini kompozicije vlaka, bilo da se radi na međuosovinskom opterećenju ili o korištenju mreže u Bosni i Hercegovini što je vrlo ograničavajući element luke Ploče i pravce prema Budimpešti. Naime, osim relativno slabije željezničke infrastrukture, njihov problem je i u nemogućnosti korištenja jednog operatera već promjeni četiri operatera (hrvatskog, Željeznice Federacije, Željeznice Republike Srpske i mađarskog). Kod spoja s nacionalnom mrežom važno je da li je u luci moguće formirati ukupni vlak u njenoj punoj dužini i težini te takvog jednostavno otpremiti prema odredištu ili zbog nekih ograničavajućih elemenata odvajati kompoziciju na dva dijela i otpremu do točke gdje može zajednički nastaviti

bez ograničenja. Upravo to je slučaj u riječkoj luci i svakako potencijalni problem u slučaju velike koncentracije tereta kroz pravac.

Jednako kao i kod pomorskog dijela puta, željeznički servisi mogu biti slobodni prijevoz ili blok-vlakovi s unaprijed objavljenima vremenima polaska i dolaska te kapacitetom. Nisu dopuštena odstupanja, kašnjenja niti preuranjeni dolasci jer to narušava sinkronizaciju ukupnog sustava. Problem hrvatskoga željezničkog sustava je nepouzdanost. U ovome trenutku Hrvatske željeznice su jedini operator željezničkog prijevoza u Republici Hrvatskoj i njihova usluga nije na zadovoljavajućoj razini. Ulaganjima u infrastrukturu riječkoga prometnog pravca osiguran je kapacitet željeznice u skladu s kapacitetom terminala, ali nedovoljno za daljnji razvoj. Međutim, infrastruktura željezničkog sustava stvara ograničenja u kapacitetu otpreme i dopreme tereta vlakovima u ostalim hrvatskim lukama. Luke Koper i Trst, kao glavne konkurentske luke, imaju funkcionalne željezničke servise koje organizira više operatera i time kroz konkurentski status podižu pouzdanost, te povlače velike količine tereta sa ceste na željeznicu što je iznimno važno za smanjenje onečišćenja okoliša.

Osim željezničke infrastrukture, bitan element je i sustav vuče vlakova te broj i kapacitet raspoloživih vagona (vučenih vozila) na pravcu. Najveći problem ostvarivanju funkcionalnih servisa u Republici Hrvatskoj jest upravo činjenica da Hrvatske željeznice, kao jedini operator, nemaju dovoljno vučnih vozila (lokomotiva) odgovarajućeg kapaciteta za organiziranje više funkcionalnih redovitih željezničkih servisa. Jedini blok-vlak postoji na relaciji Rijeka - Beograd s tjednom frekvencijom od tri polazaka i dolazaka, ali ni kod njega ne postoji točno i pouzdano vrijeme polaska niti dolaska zbog problema čestih nedostataka vučnih vozila. Rješenje je u nabavci novih vučnih vozila ili uvođenju novih operatera koji bi kvalitetom usluge podigli razinu pouzdanosti željezničkih servisa. Sljedeći problem je i trasiranje tih vlakova. Trasiranje znači da vlak u svojem putovanju od polazišta do odredišta ima status prioriteta, ima točno određeno vrijeme i način prolaska i na taj način vrijeme putovanja bi moralo biti zajamčeno. Međutim, u praksi je svakodnevna pojava da se statusi prioriteta mijenjaju što dovodi do čekanja i zastoja. Kod servisa koji nemaju linijski karakter, već se pokreću kada se popune kapaciteti vlaka, moguća su manja čekanja na otpremu (najčešće ispod 24 sata). Međutim, takvi servisi dodatno

smanjuju onešćenje okoliša pošto su kapaciteti vlakova maksimalno iskorišteni, posebice u lukama gdje ne postoji kontinuirani tok tereta.

Promatrani infrastrukturni i organizacijski preduvjeti moraju biti zadovoljeni kod uvođenja funkcionalnih i ekološki održivih sustava morskih cesta kroz određene prometne pravce odnosno morske luke što ih čini vrlo važnim potkriterijem i na temelju istih će se pojedinoj luci dodjeliti ocjena postojećeg stanja na skali od 0 do 10, gdje 10 predstavlja besprijekornu infrastrukturu dok 0 predstavlja nepostojanje infrastrukture.

6.3.1.2. Kapacitet cestovne infrastrukture

Kapacitet cestovnih prometnica, odnosno njihova propusnost mora biti na odgovarajućoj razini planiranih i očekivanih porasta prometne potražnje u srednjoročnom razdoblju. Srednjoročnom stoga što infrastrukturno povećanje kapaciteta cestovne infrastrukture zahtjeva relativno duži vremenski period izgradnje ili dogradnje kapaciteta i značajna financijska sredstva uz prethodnu analizu buduće prometne potražnje te donošenje detaljnog plana razvoja (dugoročnih smjernica razvoja). Prilikom dugoročnog planiranja svakako treba paziti na visoke troškove izgradnje uz istodobni rizik upitnog porasta količine tereta, odnosno stvarne potrebe. Kapaciteti direktnih cestovnih spojeva u morskim lukama Republike Hrvatske u kojima postoje mogu se smatrati da su na zadovoljavajućoj razini. Međutim, kapaciteti lokalnih cestovnih prometnica u lukama Šibenik, Split i Dubrovnik ni na koji način ne mogu zadovoljiti veće koncentracije toka tereta kroz te pravce.

Cestovni prijevoz ne može imati linijski karakter. Međutim, interakcija sustava u luci se odnosi na sposobnost luke za rad pri prihvatu velike količine cestovnih vozila bilo da dovoze/odvoze kontejnere, bilo da se radi o vozilima za ukrcaj/iskrcaj iz RO-RO brodova. Vozilima mora biti zajamčen prihvrat i manipulacija u najmanjem mogućem roku kako ne bi bilo čekanja. U protivnom, u slučaju učestalih čekanja, vozači kamiona biraju nastavak putovanja cestovnim prijevozom. Prednost broskog putovanja, koja može potaknuti prijevoznike na korištenje pomorskog dijela putovanja, te samim time i sustava morskih autocesta, za cestovna vozila osim naravno smanjenja onečišćenja i eksternih troškova jest u zakonskoj odredbi koja nalaže vozačima vrijeme za odmor, bilo da se radi o jednostrukoj ili dvostrukoj

posadi. U tom slučaju, vozačima je zanimljivo korištenje broda kao prilike za odmor i istek akumuliranih zakonskih vremena. Nadalje, usluge poput, komfornih kabina, restorana i sl. elementi su koji dodatno pridonose njihovoj odluci da u djelu svog putovanja uključe pomorski sustav prijevoza.

S obzirom na činjenicu kako promatrane elemente cestovni prijevoznici imaju dostupne i na cestovnoj infrastrukturi, svako manje odstupanje od planiranog vremena polasa/dolaska broda (kašnjenje broda, zakrčenje luke, itd.), lako dovode do odluke vozača da ne koriste pomorski sustav, te samim time i sustav morskih autocesta, pošto im činjenica samo ekoloških i socio-ekonomskih učinaka ne predstavlja imperativ. Također, jedan od elemenata odluke jest i nužnost imanja proвозne dozvole koja vozaču omogućava da prolazi kroz teritorij neke države. Naime, države godišnje izdaju određeni broj proвозnih dozvola za strane prijevoznike. Ukoliko postoji dovoljan broj dozvola u odnosu na potražnju, vozači najčešće biraju cestovni put, no smanjenim brojem dozvola, vozači su u nužnosti odabrati alternativni put. Pomorski prijevoz uz ostale spomenute usluge nameće se kao dobro rješenje. Dakle, politička odluka svakako može utjecati na uspješnost nekog servisa i koncentraciju toka tereta kroz pravac ukoliko je kapacitet cestovne infrastrukture određene morske luke, kao ključnog spoja dvaju sustava prijevoza, na zadovoljavajućoj razini. Postoji i primjer Eco bonusa koji subvencionira putovanje kamiona brodom direktno na račun prijevoznika što se je pokazalo kao vrlo uspješan model. Sustav je to čije se uvođenje razmatra na razini Europske Unije. Republika Hrvatska će također morati razmotriti model spomenutog načina subvencioniranja pomorskog prijevoza i poticanja na prebacivanje tereta s cestovnog sustava na pomorske sustave prijevoza, odnosno sustave morskih autocesta.

Promatrani preduvjeti moraju biti zadovoljeni kod uvođenja funkcionalnih i ekološki održivih sustava morskih cesta kroz pravce u Republici Hrvatskoj što ih čini vrlo važnim potkriterijem i na temelju istih će se pojedinoj luci dodjeliti ocjena postojećeg stanja na skali od 0 do 10, gdje 10 predstavlja besprijekornu infrastrukturu dok 0 predstavlja nepostojanje infrastrukture.

6.3.1.3. Kapacitet skladišno-manipulativnog prostora TEU

Nedovoljan kapacitet skladišno-manipulativnog prostora za kontejnere direktno utječe na organizaciju servisa i stvara velika kašnjenja te nepouzdanost servisa. Kapacitet slagališta za kontejnere treba razmatrati u kontekstu funkcioniranja ostalih elemenata lučkoga kontejnerskog terminala. Prvenstveno, kapacitet slagališta treba biti dimenzioniran u ovisnosti o kapacitetu pristana, budući da veličina slagališta ovisi o vrsti, broju i veličini kontejnera koje nakon iskrcaja s broda treba smjestiti na slagalište te odpremiti iz luke ili obratno, nakon iskrcaja sa vlaka ili kamiona smjestiti na slagalište te ukrcati na brod.

Za komunikaciju cestovnog prometa s drugim granama prometa i prekrcajnom mehanizacijom, uz dovoljan prostor za skladištenje/odlaganje kontejnera potrebno je i osigurati dovoljno prostora za kretanje cestovnih vozila, manipulacije s vozilima i prostore za parkiranje i zaustavljanje vozila. Širina voznih traka ovisi o tome teče li promet jednosmjerno ili dvosmjerno, odnosno kako se obavlja prekrcaj. Prekrcaj se može obavljati izravno sa željezničkih vagona ili broda na cestovna vozila ili s odlagališta na cestovna vozila i obratno. Vođenje prometa unutar kontejnerskog terminala veoma je složeno jer se moraju izbjegavati presijecanja pojedinih pravaca kretanja cestovnih vozila, pogotovo željezničkih kolosijeka i ceste u istoj razini. Duljina prometnica vezana je uz duljinu odlagališta kontejnera, željezničkih kolosijeka i duljinu dizalične staze. Dvosmjerno vođenje prometa zahtjeva znatno veće površine za kretanje vozila, a ako se tomu pridodaju i potrebne površine za manevriranje na cestovnim odlagalištima, te površine se bitno povećavaju. Širina prometnica za jednosmjerni tok mora biti 3,5 m a na zavojima 4,25 m te pri dvosmjernom toku 7,0 m odnosno u zavojima 8,50 - 9,0 m. Najnepovoljnije točke na terminalu su prijelazi s unutarnjih cestovnih prometnica na vanjske, gdje se u pravilu ne mogu izbjeći zavoji pa je na tim mjestima potrebno osigurati širina od minimalno 15 m kako bi tegljač s poluprikolicom za 40-stopne kontejnere mogao svladati polumjer zakretanja.

Osnovni elementi koji utječu na dimenzioniranje odlagališnog prostora kontejnera jesu:

- Intezitet dolaska prijevoznih sredstava s kontejnerima (npr. broj linijskih servisa sustava morskih autocesta ili broj ticanja brodova),
- Količina kontejnera (broj prekrvanih TEU/god),

- Raspoloživost prijevoznih sredstava kojima kontejneri nastavljaju kretanje (željeznički i cestovni sustav),
- Raspoloživost sredstvima za rukovanje (kontejnerski mostovi, dizalice, viličari i dr.).

Pri oblikovanju odlagališnog prostora terminala prevladava uzduzna koncepcija, a za skladišne prostore moguća je primjena uzduzne poprečne i kose koncepcije. Oblikovanje prostora odlagališta i razmještaj kontejnera na privremenom odlagalištu izravno ovise o tehničko-tehnološkim obilježjima terminala. Odlagališta privremenog smještaja vezana su uz brodske pristane, željezničke kolosijeke i cestovne prometnice, odnosno uz operativnu dio terminala ispod portalnih i obalnih kontejnerskih dizalica. Odlagališta za skladištenje kontejnera (ovisno o zauzetosti površina za kontejnere i potrebnom prostoru za rukovanje kontejnerima) utječu na izbor prekrcajnih sredstva i utvrđivanje njihovih tehničko-tehnoloških obilježja.

Promatrani preduvjeti potrebnih infrastrukturnih kapaciteta za skladištenje i manipulaciju TEU moraju biti zadovoljeni kako bi terminal bio efikasan i protočan. Premala površina za skladištenje i manipulaciju kontejnera svakako je ograničavajući čimbenik u razvoju luke te samim time i uvođenja sustava morskih autocesta. Na temelju postojećeg stanja promatranih elemenata pojedinoj će se dodijeliti ocjena postojećeg stanja na skali od 0 do 10, gdje 10 predstavlja besprijekornu infrastrukturu dok 0 predstavlja nepostojanje infrastrukture.

6.3.1.4. Kapacitet parkirališnog prostora

Nedovoljan kapacitet parkirališnog prostora posebice prilikom korištenja Ro-Ro sustava direktno utječe na organizaciju servisa i stvara velika kašnjenja te nepouzdanost servisa. To je jedan od kritičnih elemenata koji je vrlo teško brzo riješiti s obzirom da je u sustav morskih autocesta najčešće uključen velik broj kamionskih prijevoznika koji zahtijevaju velik prostor za zaustavljanje i parkiranje. Svaka naknadna intervencija u smislu povećanja kapaciteta, koja dolazi nakon što se kapacitet identificira kao problem, traje predugo i za to vrijeme termina i svi servisi gube zbog nepouzdanosti, kašnjenja i problema u organizaciji. Uz postojanje prostora za čekanje i parkiranje dovoljnog kapaciteta te cestovnih prometnica odgovarajućih karakteristika također je važna jasna i nedvosmislena označenost parkirnih prostora uz svu signalizacija koja omogućava njihovo besprijekorno

funkcioniranje i nesmetan rad. Izostanak jasne, učinkovite i optimizirane interne signalizacije i organizacije funkcioniranja cestovnog prometa, kao samo jednog dijela lučkog sustava, nedvojbeno vodi do smanjenja ukupnog kapaciteta terminala, njegove neučinkovitosti i posljedično do problema u organiziranju svakog pojedinog prijevoznog servisa. Rezultat spomenutog je nepouzdanost servisa i nemogućnost konkurentnog nastupa na tržištu.

S obzirom na velik broj kamionskih vozača koji dolaze na terminal i koriste parkirališne prostore terminala, razumljiva je velika važnost popratne infrastrukturne sadržaje parkirališnog prostora, u prvom redu misleći na osnovne uvjete fizioloških potreba, a zatim ina ostale uvjete i usluge. Izostanak istih, tehnološki gledano, neće rezultirati smanjenom učinkovitošću terminala ili servisa no odrazit će se na nezadovoljstvo vozača koji su vrlo bitni u ukupnom prijevoznom lancu, te njihovo nezadovoljstvo može utjecati na odluku o nekorištenju pomorskog prijevoza. Niti jedna hrvatska luka nema odgovarajuću infrastrukturu za vozače kamiona koji čekaju ulazak na terminal za obavljanje nužde i osvježavanje (kupaonice, restorani i sl.)

Od cestovnih prometnica unutar parkirališnog prostora terminala jednako kao i kod spoja s vanjskom prometnom mrežom, zahtijeva se besprijekorno prometno funkcioniranje. To se odnosi na cestu koju koriste vozači kamiona kako bi pristupili parkirnom mjestu te eventualno cesta koju koriste lučka prekrcajna vozila ukoliko se radi o višenamjenskom terminalu. U svakom slučaju karakteristike obiju cestovnih mreža moraju biti takve da omogućuju nesmetan rad i logično kretanje prema unaprijed određenim pravilima. Mora postojati jasno određeni prostori (odgovarajuće obilježeni) predviđeni za kretanje vanjskih vozila (kamiona u dopremi i otpremi), parkiranje u prilazu terminalu, parkiranje na terminalu pri čekanju na manipulaciju te prostor za inspekcijske poslove (carinjenje, fitosanitarna kontrola, itd.). Mreža internih prometnica mora biti odgovarajućeg broja traka, širine i signalizacije, dobro osvijetljena noću kako bi se manipulacije mogle obavljati 24 sata na dan i dobro održavana. Svako odstupanje smanjuje protočnost i dovodi do ograničavajućih elemenata koji linearno utječu na pouzdanost i kvalitetu te smanjanje pouzdanosti sustava morskih autocesta.

Naime, terminal odnosno njegov parkirališni prostor mora biti u mogućnosti istodobno prihvatiti cjelokupni teret u dolasku, teret u odlasku, odnosno kamione koji su dopremili ili odvoze teret te internu lučku mehanizaciju. Terminal mora imati

kapacitet svakog od tih elementa dovoljan da se može obavljati nesmetana simultana manipulacija. Cestovni dio u tome je kritičan s obzirom da se najčešće otprema jednim kamionom jedan kontejner što znači da se na terminalu mora istodobno u isto vrijeme organizirati prihvati i manipulacija velikog broja kamiona. Iz tog razloga je nužan velik broj traka odgovarajuće širine. Međutim i širina je važna jer kamione voze ljudi različitih sposobnosti i karaktera te se većom širinom rješava potencijalni problem stvaranja zakrčenja u uvjetima punog kapaciteta.

Infrastrukturno, riječka luka ima najbolje razrađen sustav internih prometnica, ali nedostaju parkirališni prostori u neposrednoj blizini terminala. Za to postoji dislocirani prostor udaljen nekoliko kilometara za koji vozači ne smatraju da je dobro rješenje. Ostale luke, Split i Ploče, imaju vanjske parkirne prostore ograničenog kapaciteta i to bi svakako predstavljalo problem kod povećanog volumena tereta. Luka Zadar ima visoko učinkovit novoizgrađeni Ro-Ro terminal, međutim također nema predviđene parkirališne prostore za kamione s prikolicama i poluprikolicama, jer je luka prvenstveno građena za trajektno-putnički promet.

Promatrani preduvjeti moraju biti zadovoljeni kod uvođenja funkcionalnih i ekološki održivih sustava morskih cesta kroz pravce u Republici Hrvatskoj što ih čini vrlo važnim potkriterijem i na temelju istih će se pojedinoj luci dodijeliti ocjena postojećeg stanja na skali od 0 do 10, gdje 10 predstavlja besprijekornu infrastrukturu dok 0 predstavlja nepostojanje infrastrukture.

6.3.1.5. Lučka oprema za manipulaciju kontejnerima

Kontejnerski se terminali opremaju sa dva osnovna sustava u tri verzije rukovanja, iz kojih proizlaze načini prekrcaja i skladištenja kontejnera. To su LO-LO (vertikalni) sustav koji prevladava u zoni operativne površine luke, RO-RO (horizontalni) sustav i kombinirani LO-RO sustav koji prevladavaju u zoni skladišne, primopredajne i servisne zone terminala. Na operativnoj obali nalaze se specijalne obalne kontejnerske dizalice za iskrcaj i ukrcaj kontejnera u brodove. Na skladištu se nalaze prekrcajna sredstva (pokretna kontejnerska mehanizacija) za prijenos i slaganje kontejnera. Tehnologija prekrcaja kontejnera sa broda može se zasnivati na primjeni brodskih prekrcajnih sredstava (rijetkose koriste, posebice u sustavu morskih autocesta), obalnih kontejnerskih dizalica (kontejnerskih prekrcajnih mostova) ili mobilnih lučkih dizalica.

Za sustav morskih autocesta najčešće se koriste te su najefikasnije obalne kontejnerske dizalice koje se konstrukcijski izvode u obliku prekrcajnih mostova, pa se često nazivaju i kontejnerskim prekrcajnim mostovima. Razvoj kontejnerskih prekrcajnih mostova događao se pod utjecajem razvitka kontejnerskih brodova. Veće dimenzije kontejnerskih brodova utjecale su na promjenu dohvata i nosivosti kontejnerskih dizalica. Nosivost suvremenih kontejnerskih mostova iznosi 300-500 kN, s dohvatom od 45 i više metara. Osim nosivosti i dohvata, znatno su povećane i brzine gibanja kontejnerskih dizalica, što je utjecalo i na veći učinak prekrcaja. Automatizacijom rada kontejnerskih dizalica prekrcajni učinak povećan je na 30 do 50 kontejnera na sat. Poznavanje tehničkih obilježja i vremena rada kontejnerske dizalice, vremena stajanja te vremena potrebnog za horizontalni transport kontejnera omogućuje stvaranje potpune slike prometa na terminalu. Tehnička obilježja koja determiniraju rad obalne kontejnerske dizalice jesu:¹²⁰

- nosivost ispod hvatača,
- dohvat prema moru (od obalne tračnice),
- visina podizanja tereta,
- brzina vožnje kolica (voznog vitla),
- brzina podizanja tereta.

Veličina dohvata prema moru u suvremenim je uvjetima osnovno mjerilo dimenzija odnosno veličine kontejnerskih dizalica, prema kojem se razlikuju sljedeći tipovi dizalica:¹²¹

- Panamax – veličina dohvata ispod 44 m od obalne tračnice,
- Standard post panamax – dohvat od 44 do 48 m,
- Extra post panamax – dohvat veći od 48 m.

Terminal mora imati sposobnost fleksibilnosti u broju raspoložive radne snage i opreme na terminalu. Kapacitet prekrcajnih sredstava i pokretne mehanizacije mora biti sposoban prihvatiti vršna opterećenje bez stvaranja zastoja. Jedino se na taj način može zadovoljiti preduvjet pouzdanosti kvalitete. U tom smislu, jedino je riječka luka opremljena odgovarajućom prekrcajnom opremom i opremom za manipulaciju

¹²⁰ Dundović, Čedomir: **Lučki terminali**, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2002., op. cit., p. 56.

¹²¹ Ibidem, p. 57.

kontejnera na terminalu. Ostale hrvatske luke nemaju opremu koja može zadovoljiti veća opterećenja.

Promatrani tehničko-tehnološki preduvjeti u pogledu opreme za manipulaciju kontejnerima moraju biti zadovoljeni kod uvođenja funkcionalnih i ekološki održivih sustava morskih cesta kroz pravce u Republici Hrvatskoj što ih čini vrlo važnim potkriterijem i na temelju istih će se pojedinoj luci dodjeliti ocjena postojećeg stanja na skali od 0 do 10, gdje 10 predstavlja besprijekornu infrastrukturu dok 0 predstavlja nepostojanje infrastrukture.

6.3.1.6. Lučka oprema za manipulaciju vozilima

Glavno bilježje Ro-Ro terminala (po čemu se promatrana vrsta terminala izdvaja u odnosu prema drugim specijaliziranim terminalima) u tome je što RO-RO terminal ne obavlja uobičajene lučke manipulacije s teretom već pruža samo infrastrukturne usluge, pa se može reći da ro-ro terminal predstavlja izravnu vezu dviju grana prometa; pomorskog i cestovnog. Ključan element u funkcioniranju spomenutog odnosno efikasnog i nesmetanog funkcioniranja Ro-Ro tehnologije, potpuno nebitan pri manipulacijama kontejnerima, no neizostavan kod prekrcaja vlakova ili kamiona, jest postojanje Ro-Ro rampe. Stoga je i razumljiva visoka važnost njezinog postojanja u luci. Pri planiranju terminala ili servisa treba uzeti u obzir relativno nisku cijenu Ro-Ro rampe te analizirati njeno postavljanje kao element kojim se omogućava dodatna usluga terminala.

Ro-Ro rampa je element koji spaja unutrašnjost broda s obalnom površinom. Njezina konstrukcija treba omogućiti da preko nje prođe čitav teret iz broda na obalu ili sa obale u brod. Rampa mora umanjiti razlike u visini brodske palube i obale. Najveći dopušteni nagib rampe može biti do 14%, o čemu ovisi i duljina same rampe.¹²² S obzirom i činjenicu kako radno vrijeme terminala mora biti 24 sata, iznimno bitan element za sigurno i protočno odvijanje prekrcajnih operacija jest postojanje odgovarajuće rasvjete koja omogućava normalno funkcioniranje prometa na terminalu. Odgovarajuća se rasvjeta smatra jednim od osnovnih uvjeta za nesmetan rad terminala u noćnim satima ili pri uvjetima smanjene vidljivosti. Nedostatak odgovarajuće rasvjete direktno stvara ograničenja terminala u pogledu

¹²² O tome opširnije cf. Supra točku **4.1. INFRASTRUKTURNI I ORGANIZACIJSKI ELEMENTI POMORSKOG SUSTAVA PRIJEVOZA**, p. 53.

kapaciteta nesmetanog funkcioniranja te se odražava na ukupnu protočnost i pouzdanost određenog prijevoznog servisa a samim time i na sustav morskih autocesta.

Na primjeru Republike Hrvatske može se navesti problem riječke luke, ne postojanje odgovarajuće infrastrukture za prihvat RO-RO brodova, ogleda se u činjenici kako se rampa nalazi na poziciji koja ni na koji način ne može osigurati protočnost iskrcaja i ukrcaja većeg broja vozila. Za spomenuto bi trebalo radikalno izmijeniti izgled i organizaciju terminala što nije u planovima koncesionara. U slučaju Rijeke, postoji potencijalan prostor bivše tvornice koksa u Bakru, ali on trenutno nema odgovarajuću cestovnu i željezničku infrastrukturu što zahtjeva značajna financijska ulaganja. Nova luka Gaženica u Zadru ima izraziti potencijal za RO-RO tehnologiju. Novoizgrađeni terminal ima niz novih operativnih obala s pripadajućim rampama za ukrcaj/iskracaj tereta na kotačima (vozila) te izvrsnu cestovnu povezanost na mrežu autocesta. Naime, direktan spoj novoizgrađene luke ne prolazi gusto naseljenim gradskim područjima čime se smanjuju ukupni eksterni troškovi prijevoza te smanjuje onečišćenje okoliša na područjima gusto naseljenih urbanih područja.

Promatrani tehničko-tehnološki preduvjeti u pogledu opreme za manipulaciju tereta na kotačima (vozila) moraju biti zadovoljeni kod uvođenja funkcionalnih i ekološki održivih sustava morskih cesta kroz pravce u Republici Hrvatskoj što ih čini vrlo važnim potkriterijem i na temelju istih će se pojedinoj luci dodjeliti ocjena postojećeg stanja na skali od 0 do 10, gdje 10 predstavlja besprijekornu infrastrukturu dok 0 predstavlja nepostojanje infrastrukture.

6.3.2. Analiza i definiranje unutar grupe kriterija pristupačnosti luke

Definirani podkriteriji unutar grupe kriterija pristupačnosti luke koji utječu na implementaciju te funkcioniranje sustava morskih autocesta kroz određenu luku podijeljeni su na:

- Direktan spoj sa željezničkom infrastrukturom,
- Direktan spoj sa mrežom autocesta,
- Dubina mora na kontejnerskom terminalu – gaz [m],
- Dubina mora na Ro-Ro terminalu – gaz [m],

- Dužina operativne obale kontejnerskog terminala [m],
- Dužina operativne obale Ro-Ro terminala [m],
- Sigurnost boravka broda u luci.

Naime, svi navedeni podkriteriji u izravnoj su funkciji uvođenja ekološki održivih sustava morskih autocesta, posebice ako se uzme u obzir činjenica kako nedostatak pojedinog elementa može uvelike utjecati na pouzdanost i protočnost određenog prijevoznog servisa. Dobra kopnena povezanost sa zaleđem (cestovna, željeznička i riječna) osigurava konkurentnost i potencijalni teret pojedine luke. Starije definicije o presudnoj važnosti zemljopisnog položaja luke u određivanju prometnih tokova danas imaju manju važnost u odnosu na infrastrukturne i organizacijske kriterije koje postavljaju velike multinacionalne kompanije i brodari/operatori linijskih servisa. Također, kao i kod grupe kriterija efikasnosti luke, rukovodeći se promatranim podkriterijima direktnog spoja s željezničkom infrastrukturom, direktnog spoja sa mrežom autocesta, dubine i dužine terminala, te sigurnosnih uvjeta terminala brodari biraju luke preko kojih će prevoziti teret, rotaciju servisa, redoslijed luka ticanja i na taj način predodređuju prometne tokove. S obzirom na navedeno može se zaključiti važnost kriterija pristupačnosti luke u funkciji zaštite okoliša.

Analiza infrastrukturnog kriterija jasno pokazuje da je infrastruktura ključna u osiguravanju pouzdanosti servisa te da jedino infrastruktura dovoljnih kapaciteta može omogućiti koncentraciju velikog toka tereta kroz pravac. Može se primijetiti da je najveća razlika između luka Republike Hrvatske u lučkoj dostupnosti i infrastrukturi na kopnenoj strani terminala. Izgradnja odgovarajuće infrastrukture, bilo da se radi o cestovnom ili željezničkom spoju, ili se radi o terminalu, zahtijeva značajna financijska sredstva i najčešće ne ovisi o samom terminalu veći o nacionalnoj političkoj odluci. U ovome se očituje uzajamna veza s ostalim kriterijima.

6.2.3.1. Direktan spoj s željezničkom infrastrukturom

U kontekstu spojne infrastrukture razlikuje se cestovna i željeznička infrastruktura. Za obje je iznimno bitan čimbenik besprijekornog spoja na vanjsku mrežu te udovoljavanje uvjetima visokih kapaciteta te sigurnosti. Velika količina tereta koja prolazi kroz luku kao jednu od točaka lanca od vrata do vrata zahtijeva besprijekorno funkcioniranje, pogotovo kod promjene načina prijevoza; brod-željeznica/željeznica-brod. Veća koncentracija tereta zahtijeva korištenje željeznice u

dopremi ili otpremi tereta u luku jer u protivnom značajno opterećuje cestovnu infrastrukturu i negativno utječe na okoliš. Iz tog razloga je iznimno bitno postojanje odgovarajućih infrastrukturnih kapaciteta, sposobnih prihvatiti vršna opterećenja, te postojanje opreme koja jamči najefikasniju i najučinkovitiju promjenu modaliteta.

Za efikasnu pristupačnost luke željeznička infrastruktura u prilazu terminalu (lučkom području) odnosno njezin spoj s glavnom nacionalnom željezničkom mrežom mora biti direktan, nesmetan, protočan i siguran. Jedna od glavnih karakteristika sustava morskih autocesta je velika koncentracija toka tereta kroz određeni pravac odnosno morske luke. U tom slučaju nedopustivo je, odnosno ograničavajući je čimbenik, da luka nema direktan spoj zadovoljavajuće propusne moći na funkcionalnu željezničku mrežu.

Promatrani tehničko-tehnološki preduvjeti u pogledu direktnog spoja s željezničkom infrastrukturom moraju biti zadovoljeni kod uvođenja funkcionalnih i ekološki održivih sustava morskih cesta kroz pravce u Republici Hrvatskoj što ih čini vrlo važnim potkriterijem i na temelju istih će se pojedinoj luci dodjeliti ocjena postojećeg stanja na skali od 0 do 10, gdje 10 predstavlja besprijekornu infrastrukturu dok 0 predstavlja nepostojanje infrastrukture.

6.2.3.2. Direktan spoj na mrežu autoputova

Direktna i nesmetana cestovna povezanost terminala s mrežom autocesta naglašava jedan je od ključnih elementa u osiguravanju uspješnosti određenog prijevoznog servisa. U slučaju kada terminal nema direktnu vezu mrežom autocesta već je spojen jednostavnom prometnicom (magistralnim, gradskim i sl. prometnicama), podjednako je loše prolazi li urbanim prostorom ili manje naseljenim područjem. U oba slučaja, posebice u urbanim i gusto naseljenim gradskim područjima, povećavaju se negativni efekti na okolinu (stres, nesreće, ispušni plinovi, itd.). To za posljedicu ima probleme u funkcioniranju servisa u smislu kašnjenja, nepouzdanosti i rasta troškova uslijed kašnjenja. Može se zaključiti kako nije bitno da li veza između terminala prolazi naseljenim ili urbanim područjem već da je najbolje rješenje direktna veza autoceste i terminala. Potencijalni problem u funkcioniranju servisa zbog veće mogućnosti prometnog zagušenja pri ulazu ili izlazu s terminala predstavlja i stres i nezadovoljstvo vozača, što može utjecati na njihovu odluku o nekorištenju pomorskog sustava prijevoza.

Prilikom implementacije sustava morskih autocesta uvijet besprijekornog spoja na vanjsku mrežu podrazumijeva direktan spoj na mrežu autocesta i izbjegavanje korištenje lokalnih prometnica kroz urbana ili naseljena mjesta. U Hrvatskoj taj uvjet imaju zadovoljen kontejnerski terminal u Rijeci, nova luka Gaženica u Zadru i luka Ploče kada se izgradi dio autoputa koji nedostaje. U okruženju, luke Koper, Trst i Venecija, također zadovoljavaju ovaj preduvjet. Promatrani cestovni infrastrukturni moraju biti zadovoljeni kod uvođenja funkcionalnih i ekološki održivih sustava morskih cesta kroz pravce u Republici Hrvatskoj što ih čini vrlo važnim potkriterijem i na temelju istih će se pojedinoj luci dodjeliti ocjena postojećeg stanja na skali od 0 do 10, gdje 10 predstavlja besprijekornu infrastrukturu dok 0 predstavlja nepostojanje infrastrukture.

6.2.3.3. Dubina mora - gaz kontejnerskog terminala

Jedan od ključnih elemenata koji može trajno ograničiti kapacitet terminala i sustav morskih autocesta, što kasnije može rezultirati nemogućnošću praćenja razvoja u odnosu na konkurentske servise jest dubina mora na terminalu. Naime, porast kapaciteta brodova (TEU), a s time i njegovih dimenzija (dužina, širina i gaz) je linearan i za očekivati je da se takav trend i nastavi. S obzirom na to, terminali koji danas imaju ograničenja vezana uz gaz broda u skoroj budućnosti neće moći prihvatiti nove brodove. Nemogućnost prihvata svih uključujući i novih vrsta brodova pod punim opterećenjem, ograničava ih u odnosu na konkurenciju, i s obzirom na visoke dnevne troškove broda, prisiljava brodare izbjegavati taj terminal. Ulaganja u infrastrukturu su iznimno velika, vrlo često nije razumno, niti građevinski moguće izvesti povećanje dubine terminala, te se ovaj element s posebnom pozornošću mora uzeti u obzir kod planiranja implementacije sustava morskih autocesta. S obzirom na spomenuto, razumljiva je visoka važnost dubine odnosno gaza terminala u funkciji razvoja i optimalnog funkcioniranja sustava morskih autocesta danas i u budućnosti.

Promatrani infrastrukturni preduvjeti glede zadovoljavajuće dubine odnosno gaza pristana kontejnerskog terminala moraju biti zadovoljeni kod uvođenja funkcionalnih i ekološki održivih sustava morskih cesta kroz pravce u Republici Hrvatskoj što ih čini vrlo važnim potkriterijem i na temelju istih će se pojedinoj luci dodjeliti ocjena postojećeg stanja na skali od 0 do 10, gdje 10 predstavlja besprijekornu infrastrukturu dok 0 predstavlja nepostojanje infrastrukture.

6.2.3.4. Dubina mora na Ro-Ro terminalu – gaz [m]

Dubina mora na Ro-Ro terminalu jednako, kao i na kontejnerskom terminalu, ne smije biti ograničavajući element kod prihvata broda. Osim kada se radi o manjim feeder ili Ro-Ro brodovima, brodovi koji se koriste kod sustava morskih autocesta većih su karakteristika. Ukoliko je dubina granična, moguće je organizacijski problem riješiti na način da brodovi ne dolaze pod punim kapacitetom, ali to nije dugoročno rješenje. Organizatoru servisa ovakva situacija je veliki problem i nije moguće raditi na razvoju servisa i povećanju kapaciteta. Problem je posebice izražen u slučaju Ro-Ro tehnologije gdje brodovi postaju sve veći i veći, napušten je koncept klasičnih trajekata i koriste se moderni Ro-Ro, Ro-Pax ili Ro-Con brodovi.

Promatranim infrastrukturnim preduvjetima odnosno kriterijima glede zadovoljavajuće dubine odnosno gaza pristana Ro-Ro terminala koji moraju biti zadovoljeni kod uvođenja funkcionalnih i ekološki održivih sustava morskih cesta kroz pravce u Republici Hrvatskoj pojedinoj će se luci dodjeliti ocjena postojećeg stanja na skali od 0 do 10, gdje 10 predstavlja besprijekornu infrastrukturu dok 0 predstavlja nepostojanje infrastrukture.

6.2.3.5. Dužina operativne obale kontejnerskog terminala [m]

Lučki kontejnerski terminal dio je lučkog sustava koji predstavlja posebno izgrađen i opremljen objekt namijenjen sigurnom privezu morskih brodova određene dužine. Komponente koje čine tipičan kontejnerski terminal su (uz ostale promatrane) pristan te njegova dužina koja je u izravnoj funkciji pristupačnosti morske luke, imajući na umu kako prekratak terminal može biti limitirajući faktor prilikom ticanja velikih kontejnerskih brodova dužine i preko 300 m te samim time i razvoju i implementaciji sustava morskih autocesta. Pristan za kontejnerske brodove duži je od konvencionalnih pristana upravo iz razloga što su i kontejnerski brodovi veći. Duljina pristana ovisi o veličini brodova koji se očekuju, a prema iskustvenim podacima ne bi smjela biti manja od 260 m.

Promatrani infrastrukturni preduvjet glede zadovoljavajuće dužine pristana kontejnerskog terminala koji moraju biti zadovoljeni kod uvođenja funkcionalnih i ekološki održivih sustava morskih cesta kroz pravce u Republici Hrvatskoj pojedinoj će se luci dodjeliti ocjena postojećeg stanja na skali od 0 do 10, gdje 10 predstavlja besprijekornu infrastrukturu dok 0 predstavlja nepostojanje infrastrukture.

6.2.3.6. Dužina operativne obale Ro-Ro terminala [m]

Ro-Ro tehnologija je lukama donijela velike koristi. Povećala je promet luka, a da one nisu bile prisiljene poduzeti gotovo nikakve dodatne investicije u građevinske radove, ukoliko su ispunjeni uvjeti dovoljne dužine izgrađenosti terminala odnosno pristana za Ro-Ro brodove, te dovoljne dubine odnosno gaza. Minimalna ulaganja u dopunsku lučku infrastrukturu potrebnu za rukovanje teretom odnosi se isključivo u nabavku Ro-Ro rampi. Da bi luka mogla prihvatiti Ro-Ro tehnologiju, jedino treba osigurati da na jednom razmjerno uskom dijelu operativne obale omogući pristajanje Ro-Ro broda uz prethodno spomenute uvjete dovoljne dužine i gaza pristana. Sve ostale poteškoće otklanjaju brodari i cestovni prijevoznici. Samim time troškovi lučke infrastrukture kod promatranog sustava dosta su niži u odnosu prema ostalim transportnim-prekrcajnim sustavima.

Pri planiranju Ro-Ro terminala potrebno je posebno voditi računa da se pristan smjesti u predjelu luke koji nije izložen valovima da bi se izbjegli pokreti broda koji mogu otežati i usporiti promet vozila preko rampe. Duljina broskog pristana ovisi o duljini brodova za koje se očekuje da će pristajati na terminalu. Budući da je najveći broj brodova koji pristaju uz terminal opremljen sa krmenom aksijalnom rampom, duljina pristana nema presudnu ulogu kao kod kontejnerskog terminala odnosno pristana. U lukama u kojima su morske mijene slabije izražene, odnosno gdje je razlika između plime i oseke mala, kao npr. luke u Sredozemlju, nisu potrebni posebni uređaji na obali već je dovoljna samo brodska rampa.

Promatranim infrastrukturnim preduvjetima odnosno kriterijima glede zadovoljavajuće dužine pristana Ro-Ro terminala koji moraju biti zadovoljeni kod uvođenja funkcionalnih i ekološki održivih sustava morskih cesta kroz pravce u Republici Hrvatskoj pojedinoj će se luci dodjeliti ocjena postojećeg stanja na skali od 0 do 10, gdje 10 predstavlja besprijekornu infrastrukturu dok 0 predstavlja nepostojanje infrastrukture.

6.2.3.7. Sigurnost boravka broda u luci (prirodni uvjeti; učestalost jakih vjetrova, valova, morskih mijena)

Pristupačnost luke se ostvaruje i funkcioniranjem luke u svako vrijeme sve dane u godini. Kod koncentracije većih količina tereta kroz pravac, mora se omogućiti

da je luka uvijek funkcionalna i operativna, u protivnom se značajno narušava pouzdanost i konkurentnost pravca te teret bira put koji nema ograničenja. Manja odstupanja zbog nevremena su dopuštena, ali nikako da postaju pravilo. Terminal kojoj vremenske prilike (vjetar, stanje mora, itd.) učestalo stvara ograničenja, nema pouzdanost i nije u mogućnosti stvoriti koncentraciju toka tereta. Na sreću ovaj problem nije izražen u hrvatskim lukama.

Sigurnost boravka broda u luci s obzirom na prirodne uvjete ovisi o geografskoj lokaciji, fizičkoj postavi te infrastrukturnoj izgrađenosti određene luke. Prirodni uvjeti koji mogu onemogućiti ili usporiti rad luke te potencijalno ugroziti sigurnost broda na vezu ili manevriranja brodom prilikom dolaska/odlaska s terminala mogu se podijeliti na: utjecaj vjetra, utjecaj valova, i utjecaj morskih mijena.

Vjetar je vektorska veličina jer je definiran brzinom i smjerom. Apsolutna vrijednost vektora vjetra izražava se brzinom v (m/s ili km/h) ili jačinom u stupnjevima Beaufortove ljestvice. Srednje satne brzine vjetra za pojedine mjesece, sezonu ili godinu definiraju dnevni hod brzine vjetra. S obzirom na brzinu i smjer, vjetar se znatno razlikuje od mjesta do mjesta i njegov mikroklimatski učinak može bitno utjecati na tijek lučkog procesa. U pojedinim područjima dominantno jak vjetar djeluje u jednom ili dva smjera koji su značajni za određivanje kretanja broda prilikom pristajanja ili odlaska iz luke. Poželjno je da se s obzirom na negativno djelovanje jakog vjetra, smjer pristana broda postavi usporedno sa smjerom djelovanja vjetra. Utjeca sile vjetra nepovoljno utječe i na rad obalnih prekrcajnih sredstva, u slučaju sustava morskih autocesta to su u prvom redu kontejnerski mostovi te Ro-Ro rampe. U uvjetima kada vjetar prijeđe dopuštenu granicu, prekida se rad prekrcajnih sredstava te dolazi do prekida prekrcajnih operacija te samim time i narušavanja cjelokupnog procesa sustava morskih autocesta. Kako bi se navedeno minimiziralo potrebno je prilikom planiranja, projektiranja i izgradnje lučke infrastrukture te implementacije sustava morskih autocesta detaljno istražiti i analizirati podatke o snazi, brzini, smjerovima i učestalosti vjetrova u dugogodišnjem razdoblju. Fizičke značajke vjetra na određenoj području funkcija su geografskih i topografskih uvjeta. Lokalna topografija može utjecati na poseban odraz vjetra, zbog čega je nužno prikupljati podatke o odrazu vjetra za razdoblje od najmanje dvije godine.¹²³

¹²³ Dundović, Čedomir: **Tehnologija i organizacija luka**, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2002., op. cit., p. 102.

Valovi u luci mogu biti izazvani vjetrom, potresom, kretanjem plovila, te djelovanjem plime i oseke. Najveće sile koje djeluju na lučke objekte, te potencijalno mogu narušiti sigurnost broda u luci, izazivaju morski valovi. Valovi koji nastaju kao posljedica morskih mijena (plima i oseka) i valovi nastali kretanjem broda nemaju veći utjecaj na sigurnost broda te prekid lučkih operacija. Međutim, valovi koji nastaju djelovanjem sile vjetra na morsku površinu mogu predstavljati potencijalnu opasnost po sigurnost broda te uzrokovati prekid lučkih operacija. Vjetar je također i najčešći uzrok nastanka valova te proporcionalno s njegovom jačinom i brzinom povećava se i visina i snaga valova u luci.¹²⁴

Morske mijene su periodična osciliranja mase morske vode zbog utjecaja periodičnih sila koje nastaju od privlačnih sila mjeseca i sunca. To su postojane i periodične pojave neovisne o drugim gibanjima mora. Morske mijene odražavaju se kao vertikalna gibanja morske razine i horizontalno premještanje vodenih masa. Promjene morske razine u nekim lukama imaju velik utjecaj na plovidbu i odvijanje lučkih operacija. Stoga, u lučkim područjima gdje morske mijene uzrokuju visoke oscilacije morskih razina lučke građevine moraju biti izvedene na način da spriječe nasukavanje broda¹²⁵ te time umanje prijetnju sigurnosti boravka broda u luci. Promatrani elementi podjednaki su za sve hrvatske luke te nema većih odstupanja u radu luka obzirom na analizirane elemente.

6.3.3. Analiza i definiranje unutar grupe kriterija sigurnosti prijevoznih sustava

Definirani podkriteriji unutar grupe kriterija sigurnosti prijevoznih sustava koji utječu na implementaciju te sigurno funkcioniranje sustava morskih autocesta kroz određenu luku podijeljeni su na:

- Sigurnost na željezničkoj infrastrukturi,
- Sigurnost na cestovnoj infrastrukturi,
- Sigurnost na maritimnom putu prilaza luci,
- Održavanost željezničke infrastrukture,
- Održavanost cestovne infrastrukture,
- Označenost i održavanje plovni putova,
- Sigurnost rada u luci (policija, lučka kapetanija, carina, itd.).

¹²⁴ Ibidem, p. 104.

¹²⁵ Ibidem, p 114.

Naime, svi navedeni podkriteriji u izravnoj su funkciji uvođenja ekološki održivih sustava morskih autocesta, posebice ako se uzme u obzir činjenica kako je sigurnost prvi element prilikom pokretanja novog prijevoznog servisa te nedostatak pojedinog podelementa može uvelike utjecati na pouzdanost i protočnost određenog prijevoznog servisa.

Sigurnost ima maksimalnu važnost. To je preduvjet pouzdanosti servisa i ne tolerira se odstupanje. S obzirom na to da se radi o redovnim linijskim servisima, vrlo često je nakon detaljne sigurnosne provjere prema zadanom protokolu određen pojednostavljeni postupak manipulacije u luci što omogućava manji *transit time*, visoku pouzdanost i nižu cijenu usluga. Tada bilo kakav sigurnosni propust bit će strogo kažnjen i navedena prednost će nestati. Potrebu za specifičnim sigurnosnim protokolima kada se radi o brodovima u sustavu morskih autocesta je moguće definirati na dva načina. Prvo je povećani potencijal opasnosti s obzirom da se radi o velikom broju kontejnera i vozila te je i velika mogućnost ugrožavanja sigurnosti. No s druge strane, radi se o brodovima koji su u linijskom servisu te učestalo dolaze u luku i moguće je postaviti neka pojednostavljenja. Nadalje, radi se i o vozilima i vozačima koji najčešće učestalo i redovito dolaze na terminal te je s obzirom na to razumno nakon sigurnosne provjere omogućiti im jednostavniju proceduru ukoliko su zadovoljeni svi definirani kriteriji u svezi s sigurnim odvijanjem prometnog sustava, sve s ciljem povećanja pouzdanosti i učinkovitosti servisa i terminala.

6.3.3.1. Sigurnost na željezničkoj infrastrukturi

U željezničkom prometnom sustavu, kao umjetno stvorenom sustavu koji utječe na okolinu, sigurnost željezničkog prometa se označava kao pojam isključivanja štetnih ili konfliktnih situacija, pojava ili događaja u odvijanju prometa. Kao što je poznato, željeznički promet je definiran tehnološkim procesom, koji podrazumijeva određenu regulaciju prometa. To znači da se promet vlakova mora na neki način fizički regulirati, tako što će biti što manje opasan za okolinu gdje se taj promet odvija. Jedna od najprihvatljivijih definicija sigurnosti željezničkog prometa glasi: "Sigurnost je najveća moguća vjerojatnost da će cjelokupni prometni sustav ili određeni njegov podsustav sigurno funkcionirati, uz unaprijed određene radne uvjete. Ako iz bilo kojeg razloga dođe do pojave ugroženosti pravilnog odvijanja željezničkog prometa, ugrađeni uređaji moraju biti tako projektirani, programirani i izvedeni da

bezuovjetno, pouzdano i automatski prelaze na višu razinu sigurnosti, pa i po cijenu ukupne obustave prometa.”

Iz definicije je vidljivo kako je sastavljena iz četiri osnovna pojma, a to su: vjerojatnost, sigurno odvijanje prometa, radni uvjeti i bezuvjetni, pouzdan i automatski prijelaz na višu razinu sigurnosti. Pojam sigurnog odvijanja prometa može se odrediti prema utjecaju koji željeznički prometni sustav čini na okolinu. Težnja je, da utjecaj željeznice na okolinu bude čim manji. Najteži zadatak koji se postavlja pred željeznicu u svezi sigurnosti je svakako spriječiti konfliktne situacije, kako unutar samog željezničkog prometa, tako i prema drugim vrstama prometa s kojim se željeznica nalazi u istom okolišu. Zadaću bezuvjetnog, pouzdanog i automatskog prijelaza na višu razinu sigurnosti mogu ostvariti samo uređaji koji imaju ugrađene elemente za detekciju i mjerenje određene fizikalne veličine, nadalje imaju ugrađene elemente za obradu prispjelih podataka i kao najvažnije, elemente umjetne inteligencije za usporedbu obrađenih podataka s programiranim, na temelju koje će se odrediti ponašanje objekata u sustavu.

Obje ove definicije, kao i osnovni pojmovi, ukazuju na kompleksnost i težinu zadatka, određivanje elementa za sigurno odvijanje željezničkog prometa. Ako bismo doslovce primijenili obje definicije i njihove sastavne pojmove, došli bi do apsurdnog zaključka da je apsolutno siguran željeznički promet kada željeznička vozila miruju. Uzimajući u obzir činjenicu da je promet ipak realna pojava, s realnim elementima, treba težiti da se čim više otklone uzročnici nepoželjnih pojava ili događaja, s ciljem postizanja sigurnog odvijanja željezničkog prometa čim bližom apsolutnoj sigurnosti i pouzdanosti. To znači da određeni elementi prometnog sustava moraju uvijek pouzdano i sigurno funkcionirati bez obzira na uvjete rada.

Sigurnosni propust može rezultirati nesrećama koje donose duža kašnjenja ili u težim slučajevima zatvaranja pruge na određeno vrijeme uz katastrofalne posljedice po ljude i okoliš. U oba slučaja teško se narušava pouzdanost sustava morskih autocesta što je jedna od njihovih nezaobilaznih karakteristika i komparativnih prednosti. Kako bi se izbjegli potencijalno štetni događaji nužno je imati izoliranu željezničku prugu iz prometne mreže (bez cestovnih i pješačkih prijelaza). Ukoliko spomenuto nije moguće, odgovarajućim obilježavanjem, odnosno osiguravanjem sigurnosnih uvjeta (signalizacija, brklje, itd.), potrebno je osigurati sigurno i nesmetano funkcioniranje servisa. U kontekstu planiranja infrastrukture

bitna je razlike u troškovima izgradnje tunela ili vijadukta za cestu, odnosno nathodnika ili pothodnika za pješake. Odgovarajućim obilježavanjem moguće je znatno umanjiti troškove izgradnje prometne infrastrukture te time i novi pritisak po okoliš.

Promatrani preduvjeti u pogledu zadovoljavajućeg stupnja sigurnosti odvijanja prijevoznog procesa na željezničkoj infrastrukturi moraju biti zadovoljeni kod uvođenja funkcionalnih i ekološki održivih sustava morskih cesta kroz pravce u Republici Hrvatskoj što ih čini vrlo važnim potkriterijem i na temelju istih će se pojedinoj luci dodjeliti ocjena postojećeg stanja na skali od 0 do 10, gdje 10 predstavlja besprijekornu infrastrukturu dok 0 predstavlja nepostojanje infrastrukture.

6.3.3.2. Sigurnost na cestovnoj infrastrukturi

Analizirajući važnost kapaciteta te protočnosti cestovne infrastrukture morskih luka, može se zaključiti da je sigurnost pristupnih cestovnih prometnica terminalu vrlo bitna u kontekstu osiguravanja i održavanja uspješnosti sustava morskih autocesta na određenom prometnom pravcu. Sigurnost na cestovnoj infrastrukturi u prvom redu se promatra s aspekta ulaza/izlaza s terminala. U tom pogledu od iznimne je važnosti osigurati označenost prometnih pravaca koji nedvosmisleno upućuju na smjer ulaska u terminal te obrnuto, smjer pristupa mreži autocesta prilikom izlaza iz terminala. Navedeno je razumljivo s obzirom na činjenicu kako su vozači kamiona koji dolaze ili odlaze s terminala vrlo važan dio pouzdanosti i uspješnosti ukupnog servisa. Neodgovarajuće obilježene cestovne prometnice rezultirat će problemima u funkcioniranju cjelokupnog sustava morskih autocesta.

Također, stanje samih prometnica prometnica veoma je bitno za sigurno odvijanje prometa, međutim navedeni element manje narušava pouzdanost sustava jer je to element koji iskusni profesionalni vozači lako amortiziraju i za njih ne predstavlja problem koji utječe na funkcioniranje sustava. Istodobno, nedovoljna obilježenost prilaza terminalu ili izlaza s terminala te veza s mrežom autocesta, može lako izazvati probleme te posljedično kašnjenja i nezadovoljstvo, te kao najtežu posljedicu izazivanje prometnih nesreća. U sigurnosnom smislu, iznimno je važno da li su pravci u prilazu terminalu dobro obilježeni odgovarajućom signalizacijom kako se ne bi dešavali problemi da vozači kamiona nisu u mogućnosti logično i direktno pristupiti terminalu, već zbog neodgovarajuće signalizacije izgubiti direktan pravac i

izlaziti na lokalne prometnice. Takva situacije dvostruko narušava pouzdanost sustava jer, osim što stvara negativni ugled pravca i negodovanje kod vozača, također bitno utječe i na sigurnost.

Sigurnost na cjelokupnom cestovnom transportnom putu od luke do gravitirajućih tržišta i obratno ogleda se u vrsti prometnice koja povezuje spomenute relacije. Primjerice, ruta od luke Rijeka do gravitirajućeg tržišta Zagreb je u potpunosti u punom profilu, stoga se sigurnost mnogo veće nego li primjerice na ruti od luke Dubrovnik do gravitirajućeg tržišta Zagreb, gdje se dio puta odvija magistralnim cestovnim prometnicama. Naime, faktor sigurnosti cestovnog prometa višestruko je veći na dionicama autocesta s punim profilom, nego li je to slučaj kod magistralnih cestovnih prometnica, posebice ukoliko njima prometuju kamioni s prikolicama i poluprikolicama koji se koriste za prijevoz kontejnera i dio su sustava morskih autocesta.

Promatrani preduvjeti u pogledu zadovoljavajućeg stupnja sigurnosti odvijanja prijevoznog procesa na cestovnoj infrastrukturi moraju biti zadovoljeni kod uvođenja funkcionalnih i ekološki održivih sustava morskih cesta kroz pravce u Republici Hrvatskoj što ih čini vrlo važnim potkriterijem i na temelju istih će se pojedinoj luci dodjeliti ocjena postojećeg stanja na skali od 0 do 10, gdje 10 predstavlja besprijekornu infrastrukturu dok 0 predstavlja nepostojanje infrastrukture.

6.3.3.3. Sigurnost na maritimnom putu prilaza luci

Širina i smjer kanala uz odgovarajuću dubinu mora ključni su elementi koji moraju biti ostvareni kako bi se osigurala sigurnost plovidbe na maritimnom putu prilaza luci te samim time i razvoj luke i prometnog pravca. Osnovni uvjet za sigurnu plovidbu brodova na liniji prema luci jest plovnost puta odgovarajuće dubine i širine, a na sam prilaz luci ponekad se odražavaju zavoji i bočni nagibi prolaza (kanala). Osim spomenutih osnovnih uvjeta, za sigurnu plovidbu brodova bitni su i meteorološki uvjeti koji se lakše otklanjaju budući da su brodovi opremljeni sofisticiranom tehnologijom za njihovo predviđanje, analiziranje te izbjegavanje. Kada su lokalni terenski uvjeti takvi da postoji mogućnost nanosa i taloženja materijala, potrebno je izgraditi i zaštititi prilaz luci. Najpovoljnije je prilaz postaviti okomito usmjeren na izobate morskog dna, ako se time ne povećava potreba njegova održavanja, kao posljedica djelovanja valova i morskih struja. U lukama u kojima je položaj prilaza u

području većeg utjecaja morskih mijena ili je na ušću rijeke, taloženje se materijala u pojedinim slučajevima može smanjiti poboljšanjem prirodnog prilaza (kanala). Širina prilaza luci podrazumijeva širinu presjeka dna kanala zbog eventualnog poprečnog djelovanja vjetrova, te mora biti dva do tri puta veća od širine broda pri jednosmjernoj plovidbi. Dubina prilaza ovisi o prirodnim uvjetima, zahtjevima i namjeni luke. U praksi se postavlja da je ispod kobilice broda slobodna dubina vode 0,3 do 0,5 m, a rezerva za iskop od 0,1 do 0,5 m pri točnosti mjerenja od 0,2 m.¹²⁶ Svi promatrani elementi podjednaki su za sve hrvatske luke, te ne postoji veća prirodna prijetnja na određenim plovidbenim putovima koja bi narušavala pouzdanost sustava morskih autocesta ili bila prijetnja sigurnoj plovidbi brodova.

Također, jedan od elemenata sigurnosti plovidbe, posebice plovidbe u područjima uskih kanala ili razvedenih obala s mnoštvom otoka, jest i postojanje informatičkih sustava za kontrolu, nadzor i upravljanje pomorskim prometom. Takvi sustavi za cilj imaju povećanje sigurnosti pomorske plovidbe, učinkovitosti pomorskog prometa i zaštite morskog okoliša. Republika Hrvatska implementirala je sustav takve vrste u svojim teritorijalnim vodama, naziva VTMS (Hrvatski sustav nadzora i upravljanja pomorskim prometom). VTMS sustav prvenstveno je namijenjen sigurnosti plovidbe čiji se rad očituje kroz:

1. Prikupljanje podataka o pomorskim objektima i pomorskom prometu

- identifikacija i utvrđivanje pozicije, namjere i odredišta pomorskih objekata,
- utvrđivanje pomorsko-prometnih okolnosti (meteoroloških i hidroloških uvjeta, stanja objekata sigurnosti plovidbe, prometnih zagušenja, posebnih pomorskih objekata ili objekata ograničenih manevarskih sposobnosti, drugih faktora.

2. Praćenje i nadzor plovidbe

- analiza i taktičko planiranje pomorske situacije,
- pomorski prekršaji i dr.

3. Pružanje podataka pomorskim objektima

4. Organizacija plovidbe i upravljanje pomorskim prometom

- izdavanje preporuka/naloga/zapovijedi brodu ili grupi brodova da primijeni određeni kurs/brzinu, da izbjegava određeno područje, slijedi određenu rutu, itd.

5. Pružanje plovidbenih savjeta i podrške u plovidbi pomorskim objektima

¹²⁶ Ibidem, p.

- na zahtjev pojedinog broda ili u slučaju kvara ili nedostataka navigacijske opreme ili u drugim osobito teškim vremenskim ili navigacijskim uvjetima.

VTMIS sustav je implementiran u teritorijalnim vodama Republike Hrvatske i tu nema razlike između hrvatskih luka. Većina europski i svjetski zemalja, posebice u područjima otežane plovidbe, također ima implementirane slične sustave. Promatrani preduvjeti u pogledu zadovoljavajućeg stupnja sigurnosti odvijanja prijevoznog procesa na maritimnom putu prilaza luci moraju biti zadovoljeni kod uvođenja funkcionalnih i ekološki održivih sustava morskih cesta kroz pravce u Republici Hrvatskoj što ih čini vrlo važnim potkriterijem i na temelju istih će se pojedinoj luci dodijeliti ocjena postojećeg stanja na skali od 0 do 10, gdje 10 predstavlja besprijekornu infrastrukturu dok 0 predstavlja nepostojanje infrastrukture.

6.3.3.4. Održavanost željezničke infrastrukture

U sigurnosnom smislu održavanje željezničke infrastrukture iznimno je bitno u pogledu odgovarajuće signalizacije i na koji način su riješeni i tretirani spojevi s cestom, odnosno željezničko-cestovni-pješački prijelazi. Kako bi se zadovoljio uvjet pouzdanosti održavanje i signalizacija, moraju biti na odgovarajućoj razini kako ni na koji način ne bi ugrozili funkcioniranje željezničkog prometa. U slučaju željezničko-cestovno-pješačkih prijelaza, prednost mora imati željeznica, u idealnom slučaju da su fizički odvojeni (npr. nadvožnjak, podhodnik, itd.). S obzirom na trenutne količine i potrebu, ukupni željeznički i cestovni sustav u Republici Hrvatskoj je u ovim slučajevima na zadovoljavajućoj razini, no upitan u slučaju značajnog povećanja koncentracije tereta kroz jedan od pravaca.

Promatrani preduvjeti u pogledu zadovoljavajuće održavanosti željezničke infrastrukture moraju biti zadovoljeni kod uvođenja funkcionalnih i ekološki održivih sustava morskih cesta kroz pravce u Republici Hrvatskoj što ih čini vrlo važnim potkriterijem i na temelju istih će se pojedinoj luci dodijeliti ocjena postojećeg stanja na skali od 0 do 10, gdje 10 predstavlja besprijekornu infrastrukturu dok 0 predstavlja nepostojanje infrastrukture.

6.3.3.5. Održavanost cestovne infrastrukture

Kod aspekta sigurnosti vrlo je važno stanje i redovitost održavanja cesta jer neodgovarajuće održavanje prometnica, bilo da se radi o kolniku ili signalizaciji, direktno utječe na sigurnost. Također, održavanje jasnih i razumljivih označavanja internih prometnica na terminalu nužno je kako bi se jednostavno i učinkovito organizirao promet na terminalu. Nedostatak održavanja signalizacije anulira veliki kapacitet prometnica. U tom slučaju moguć je problem učestalog ometanja sinkroniziranog funkcioniranja terminala zbog pogreška vozača kamiona terminala te ulaska u prostor koji nije za njih namijenjen. Održavanje odgovarajuće i logične signalizacije ne zahtjeva velika ulaganja no 100%-tno uklanja potencijalni problem.

Odgovarajuće održavanje internih cesta na terminalu te prilaznih odnosno spojnih cestovnih prometnica koje povezuju terminal sa mrežom autocesta jedan je od elementa koji definiraju ukupni kapacitet. Naime, loše održavanje usporava promet i stvara nezadovoljstvo i stres kod vozača (kamionskih prijevoznika) što može utjecati na smanjenje koncentracije te potencijalno i smanjenje sigurnosti. Velika važnost promatranog elementa ogleda se u težnji sustava morskih autocesta za postojanje dovoljnih i učinkovitih kapaciteta te nesmetanog funkcioniranja terminala kao jednog od ključnih i kritičnih točki u ukupnom prijevoznom lancu. Također, pozornost treba obratiti i održavanje parkirnih prostora na terminalu te njihovo obilježavanje, kako pogrešnim parkiranjem ne bi došlo do narušavanja sigurnosti te ometanja odvijanja prometa i rada na terminalu odnosno usporavanja prekrcajnih operacija.

Promatrani preduvjeti u pogledu zadovoljavajuće održavanosti cestovne infrastrukture moraju biti zadovoljeni kod uvođenja funkcionalnih i ekološki održivih sustava morskih cesta kroz pravce u Republici Hrvatskoj što ih čini vrlo važnim potkriterijem i na temelju istih će se pojedinoj luci dodjeliti ocjena postojećeg stanja na skali od 0 do 10, gdje 10 predstavlja besprijekornu infrastrukturu dok 0 predstavlja nepostojanje infrastrukture.

6.3.3.6. Označenost i održavanje plovni putova

Plovni se putovi u obalnom moru označavaju posebnim oznakama i uređajima. Taj se postupak naziva balisaža. Oznake sudionicima u pomorskom prometu omogućuju određivanje pozicije broda u svim uvjetima plovljenja ili sigurnog kursa u

odnosu na postojeće opasnosti. Svaka država u svom obalnom moru zakonskim spisima propisuje način označavanja:

- bočnih granica i sredine plovnih putova,
- prirodnih opasnosti za plovidbu,
- drugih prepreka za plovidbu,
- drugih točaka, važnih za sigurnost plovidbe (prilazi i ulazi u luke, pristaništa i sl.)

Unificiranje oznaka sadrži tri temeljna problema: potrebu da se u što većoj mjeri zadrži postojeća oprema, da bi se izbjegli neopravdani troškovi, potrebu da se utvrdi da li crvena svjetla trebaju označavati desnu ili lijevu stranu i potrebu da se kombiniraju lateralne i kardinalne oznake. Da bi se navedene potrebe usuglasile, IALA odlučuje da se formuliraju dva skupa pravila. Jedan koristi crvenu boju za označavanje lijeve strane kanala i uključuje kardinalne i lateralne oznake. Drugi koristi crvenu boju za označavanje desne strane kanala i uključuje samo lateralne oznake. Ta dva skupa pravila poznata su kao: sustav A: kombinirani kardinalni i lateralni sustav (crvena na lijevo) i sustav B: samo lateralni sustav (crvena na desno). Bitno načelo sustava A je da se svi tipovi oznaka mogu koristiti kombinirano. Pomorac može lako utvrditi da li je neka oznaka lateralna, kardinalna ili drugačija na temelju značajka koje se mogu brzo identificirati. Nove oznake sustava A uvedene su 1977. godine istočno od meridijana Greenwich i postupno su se proširivale preko Europe dalje kroz Afriku, Indiju, Australiju i neke vode Azije. Oznake sustava B uvedene su u vodama Sjeverne i Južne Amerike i jednog dijela Azije. Naša zemlja je tijekom 1980. počela sa označavanjem plovnog puta usuglašenim sa sustavom A. Kako bi sustav plovidbe bio siguran održavanost plovnih putova te njihovih terenskih oznaka od iznimne je važnosti. Navedeno je posebice naglašeno u plovidbeno frekventnim područjima gdje se sijeku mnoge linijske rute, poput sustava morskih autocesta, stoga je postojeće stanje te sustav održavanosti plovidbenih putova jedan od osnovnih uvjeta za implementaciju ekološki održivog prometnog sustava. Stanje, označenost i održavanje plovidbenih putova u teritorijalnim vodama Republike Hrvatske te samim time i navigacijskim rutama i prilazima morskim lukama jednako je na cjelokupnom području, nisu zabilježene oscilacije na pojedinim područjima (lokalnim područjima morskih luka) u svezi s promatranim elementom.

Promatrani preduvjeti u pogledu zadovoljavajuće održavanosti Označenost i održavanje plovni putova moraju biti zadovoljeni kod uvođenja funkcionalnih i ekološki održivih sustava morskih cesta kroz pravce u Republici Hrvatskoj što ih čini vrlo važnim potkriterijem i na temelju istih će se pojedinoj luci dodjeliti ocjena postojećeg stanja na skali od 0 do 10, gdje 10 predstavlja besprijekornu infrastrukturu dok 0 predstavlja nepostojanje infrastrukture.

6.3.3.7. Sigurnost rada u luci (policija, lučka kapetanija, carina, itd.)

Događaji koji su se dogodili 11. Rujna 2001., u SAD-u, a pod tim, prvenstveno misleći na terorističke napade na Svjetski trgovački centar u New Yorku i zgradu Pentagona u Washingtonu, pokrenuli su čitav niz sigurnosnih promjena u svim sustavima prijevoza, pa tako i u pomorskom prijevozu s posebnim naglaskom na morske luke kao potencijalne mete terorističkih napada. Najkraćem rečeno, američka administracija, pokreće žuran postupak procjene sigurnosti američkog društva i povodom toga osniva se ekspertna radna grupa stručnjaka iz sigurnosne zaštite, kojoj je cilj bio u što kraćem roku izraditi studiju procjene sigurnosti američkog društva. Najvažniji rezultati te studije koji se tiču brodarstva upozorili su da su brodovi moguće sredstvo za planiranje terorističkih napada. Potaknuta takvim rezultatima, američka administracija pokreće donošenje i provedbu prikladnog sustava zaštite brodova i luka na međunarodnoj razini. Rezultat svih tih nastojanja je sazivanje 22. sjednice Skupštine IMO-a, u studenom 2001., na kojoj je donesen ISPS Code (Međunarodni pravilnik o sigurnosnoj zaštiti brodova i luka). Na diplomatskoj konferenciji, u prosincu 2002. g., pravilnik je usvojen kao obavezni dio SOLAS konvencije iz 1974. Stupio je na snagu 1. siječnja 2004., a u upotrebi je od 1. srpnja 2004., čime se ostavilo šest mjeseci vremena da se svi sudionici u brodarstvu na vrijeme osposobe za njegovu što hitniju primjenu. Cilj IMO-a bio je uspostaviti što bolju suradnju između svih subjekata u ovom poslu, s ciljem prepoznavanja sigurnosnih prijetnji, određeni sustav odgovornosti, prikupljanja i razmjene informacija u vidu sigurnosne zaštite te unapređenje i razvoj metodologije procjene sigurnosti. Konačno cilj je doći do spoznaje, da je za brodarstvo uveden zadovoljavajući sustav sigurnosne zaštite.¹²⁷

¹²⁷ Mojaš, Nikša; Vujičić, Srđan; Hrdalo, Niko: **Security on Board**, Naše More, 60 (3-4), 2013., p. 39.

Stupanj sigurnosne zaštite sadrži određeni stupanj rizika, u smislu pokušaja ili nastanka incidenta vezano uz sigurnosne zaštite. Što se tiče područja djelovanja stupanj sigurnosti, on se može odnositi na brod ili na luku. Postoje tri stupnja sigurnosne zaštite. Prvi uključuje uobičajene mjere zaštite koje brod provodi u svim uobičajenim poslovima. Mjere drugog stupnja uvode se kad se povećao sigurnosni rizik, u ovom slučaju za brod, i one se nadograđuju na postojeće mjere prvog stupnja. Mjere sigurnosnog stupnja 3 spadaju u one krajnje, uključujući i mjere poput prestanka ukrcaja ili iskrcaja broda, obavljanja komunikacije s obalnim službama samo iz područja sigurnosne zaštite, obustava prijema zaliha, moguće micanje broda. Redovito uključuje detaljnu pretragu broda. Svojedobno su u SAD-u postojali slični stupnjevi koji su se razlikovali bojama, a trenutno je u cijelom svijetu prihvaćen način podjele na tri stupnja. Ono što je najbitnije naglasiti, a što se vrlo često krivo interpretira, je tko može uvesti stupanj sigurnosti. Naime, stupanj sigurnosti 2 i 3 mogu uvesti formalno i pravno jedino sljedeće dvije strane: tijelo državne uprave, zaduženo za takve poslove, u luci ili teritorijalnom moru u kojem se dotični brod nalazi. Tada ta informacija najčešće dolazi preko PSO-a i to je obično stupanj sigurnosti za luku i tijelo državne uprave, zaduženo za takve poslove, pri državi čiju zastavu dotični brod vije. U tom slučaju obavijest o novonastalom stupnju na brod dolazi preko CSO-a. Zapravo onaj koji donosi novi stupanj sigurnosti ga i ukida. Dakle formalno pravno nije moguće da zapovjednik broda donese novi stupanj sigurnosti, ali treba naglasiti i to da zapovjednika ništa ne sprječava da on na svojem brodu provodi bilo koje sigurnosne mjere, neovisno o važećem stupnju sigurnosti, za koje on smatra da je potrebno.

U Republici Hrvatskoj stupanj sigurnosti za luke Republike Hrvatske utvrđuje Ministarstvo unutrašnjih poslova, a stupanj sigurnosti za brodove koji viju našu zastavu utvrđuje Ministarstvo unutrašnjih poslova u suradnji s Ministarstvom vanjskih poslova. O utvrđenom stupnju sigurnosti Ministarstvo unutrašnjih poslova dužno je odmah izvijestiti Upravu pomorstva i Nacionalnu središnjicu za usklađivanje traganja i spašavanja i nadzor plovidbe. Nacionalna središnjica za usklađivanje traganja i spašavanja i nadzor plovidbe će o novoutvrđenom stupnju sigurnosti u roku ne duljem od 60 minuta obavijestiti sve lučke kapetanije, sve SSO-e luka na koje se to odnosi i pravnu osobu zaduženu za objavu oglasa za pomorce. Pravna osoba zadužena za objavu oglasa za pomorce dužna je u roku ne duljem od 30 minuta

obavijesti o novonastalom stupnju dostaviti svim brodovima u plovidbi u unutarnjim morskim vodama i teritorijalnom moru Republike Hrvatske. O stupnju sigurnosti i svim njenim promjenama ministarstvo će izvijestiti sve CSO-e. S obavijesti o novonastalom stupnju sigurnosti dolaze i obavijesti o datumu i vremenu promjena, novoutvrđenom stupnju sigurnosti, kratki opis razloga zašto se uvodi, luke na koje se to odnosi, preporučene mjere zaštite, vrijeme stupanja na snagu i rok primjene. Kad zapovjednik primi obavijest o novonastalom stupnju sigurnosne zaštite, on je dužan poslati obavijest o primitku iste.

Sigurnost rada u luci odnosno stupanj sigurnosne zaštite i efikasnosti službi policije, lučke kapetanije, carine, itd. jednak je u svim hrvatskim lukama. Niti u jednoj hrvatskoj luci nisu zabilježene oscilacije u svezi s sigurnošću, odnosno nije bilo slučajeva potencijelno opasnog događaja koji bi određenu luku mogao izdvojiti kao rizičnom ili manje sigurnom.

7. PRIJEDLOG MODELA ZA IMPLEMENTACIJU EKOLOŠKI ODRŽIVOG SUSTAVA POMORSKIH PROMETNICA

U ovome dijelu se utvrđuje i objašnjava mogućnost korištenja metode višekriterijskog odlučivanja u odabiru modela za implementaciju ekološki održivog sustava morskih autocesta uz teorijski opis same metode. Temeljem dobivenih rezultata i zaključaka predlaže se model implementacije ekološki održivog sustava morskih autocesta u Republici Hrvatskoj kako bi svi pokrenuti servisi bili u funkciji zaštite okoliša; smanjenjem onečišćenja emisijom ispušnih plinova, smanjenjem ekoloških i socio-ekonomskih eksternih troškova prijevoza, te optimizacijom postojećih infrastrukturnih kapaciteta odnosno minimizacijom novih infrastrukturnih investicija koje vrše dodatan negativan pritisak na okoliš. Ekološki održivi sustavi morskih autocesta konkurentni su cestovnom načinu prijevoza te predstavljaju izniman doprinos u pogledu zaštite okoliša, kvalitete života stanovništva na područjima implementacije sustava odnosno cjelokupnog pravca te razvoju gospodarstva.

Temeljem navedenog, potrebno je obraditi sljedeće tematske jedinice: (1) važnije značajke modela i modeliranja, (2) primjena višekriterijskog odlučivanja kod implementacije ekološki održivog sustava morskih autocesta, (3) definiranje koncepcije i strukture potrebne za primjenu višekriterijskog odlučivanja na implementaciju ekološki održivog sustava morskih autocesta, (4) vrednovanje preduvjeta za implementaciju ekološki održivog sustava morskih autocesta, (5) primjena višekriterijskog odlučivanja na implementaciju ekološki održivog sustava morskih autocesta i (6) prijedlog strateških smjernica za moguću implementaciju predloženih modela u Republici Hrvatskoj.

7.1. VAŽNIJE ZNAČAJKE MODELA I MODELIRANJA

Svaki sustav od trenutka početne ideje, razvoja, nastajanja, vremena pune eksploatacije podlozan je istraživanju i analiziranju kako bi se utvrdila razina njegove uspješnosti i naravno, racionalnosti. U tu svrhu, svaki sustav moguće je analizirati na temelju pokazatelja koji omogućuju usporedbu funkcioniranja sustava kroz određeni vremenski period ili usporedbu s drugim sustavima. U slučaju kada pokazatelji pokazuju negativni rezultat u odnosu na referentne i prihvatljive vrijednosti, smišljaju

se i uvode novi sustavi ili modeli težeći što racionalnijem stanju. Funkcioniranje trenutnog prometnog sustava, kako na primjeru Republike Hrvatske, tako i u cijelom svijetu, postavljeno je na način da prevladava cestovni prijevoz te uz činjenicu da promet u svijetu raste te da će i dalje rasti, ima jasne pokazatelje ekološke i socio-ekonomske neodrživosti za društvo i okoliš. Stoga je od iznimne važnosti promišljati i analizirati mogućnost implementacije i uvođenja novih sustava koji bi bili u izravnoj funkciji zaštite okoliša, odnosno smanjenja onečišćenja okoliša, poput promatranog sustava morskih autocesta. Sukladno tome, a s ciljem primjene modeliranja na implementaciju servisa morskih autocesta, potrebno je posebnu pažnju posvetiti sljedećim temama: (1) sustavna analiza i modeliranje, te (2) modeliranje u pomorskom gospodarstvu.

7.1.1. Sustavna analiza i modeliranje

U slučajevima kada iz mnogih razloga nije moguće provesti istraživanje na postojećim realnim (stvarnim) sustavima, formiraju se modeli koji predstavljaju kopiju sustava u simulacijskim uvjetima. Modeli simuliraju funkcioniranje i procese unutar sustava te u kontroliranim uvjetima omogućuju beskonačno mnogo istraživanja koja dovode do zaključaka primjenjivim u realnom sustavu. U teoriji postoje razne vrste modela primjenjivih u praksi, koji omogućavaju istraživanje, opisivanje i rješavanje složenih sustava, kao što je npr. racionalizacija lučkog i prometnog sustava. Modeli za vrijeme istraživanja kroz mnoge postupke omogućavaju razumijevanje strukture sustava, njegovih zakonitosti te procesa i načela na temelju kojih funkcioniraju. Oni predstavljaju alat za postojanjem i dokazivanjem hipoteza. Pod modeliranjem se podrazumijeva izrada jednog ili više modela koji omogućavaju istraživanje pojava i procesa te, na temelju rezultata provedenih istraživanja, donošenje zaključaka o zakonitostima što vladaju u simuliranom sustavu.¹²⁸

Modeliranje kao znanstveni alat ima izrazitu vrijednost pri definiranju i istraživanju novih rješenja koja se često ne mogu ispitati na drugi način. Tako primjena modeliranja u lučkom sustavu može pomoći u određivanju prometne potražnje i propusne moći luke, lokaciji lučkih terminala i slično. Vjerojatno je najpoznatija primjena modeliranja kao sredstva za formuliranjem i ispitivanjem

¹²⁸ O tome detaljnije cf: Jugović, Alen: *Racionalizacija upravljanja županijskim morskim lukama u Republici Hrvatskoj*, Rijeka, 2008., doktorska disertacija (neobjavljeno), op. cit., p. 151.

znanstvenih hipoteza. Osnovni je problem pri modeliranju složenih sustava izrada modela koji će vjerodostojno oponašati realan sustav. U tome pomaže sustavna analiza koja predstavlja organizirani, kreativni, teorijski i pragmatični prilaz sustavima. Sustavna analiza istražuje nestrukturirane izlazne podatke te kao rezultat posebnim postupkom promatranja, proučavanja i analiziranja daje model. Do modela se, u pravilu, dolazi u tri koraka¹²⁹

1. razgraničavanjem s okruženjem, tj. utvrđivanjem utjecaja okruženja na promatrani sustav i obrnuto,
2. utvrđivanjem komponenata sustava i njihovih karakteristika te prenošenjem svih ili samo važnijih u model (modelu se komponente obično nazivaju elementima (objektima), a karakteristike atributima),
3. definiranjem strukture modela, tj. veza (relacija) između pojedinih elemenata.

Svaki je model zaokružena cjelina, a realni su sustavi, u pravilu, otvoreni. To znači da elementi iz okruženja, koji ne pripadaju direktno tome sustavu, mogu imati neki utjecaj na sustav, kao i utjecaj sustava na okruženje. Sustav se sastoji od odgovarajućih elemenata pri čemu svaki ima svoje karakteristike. Nije uvijek moguće predstaviti sve elemente s karakteristikama u modelu koje postoje u realnome sustavu. Elemente i njihove karakteristike, koje nisu bitne u sustavu, treba izostaviti iz modela. Stoga će se u model sigurno ugraditi bitni elementi sustava koji se često nazivaju objektima ili entitetima. Svaka se karakteristika sustavnoga elementa prenosi u model, ali uz napomenu da svi elementi i karakteristike realnoga sustava ne mogu biti reprezentirani u modelu. Poseban problem predstavlja definiranje strukture modela, odnosno međusobnih veza između pojedinih elementa, te kako opisati veze što postoje u sustavu i predstaviti ih u modelu. Sustavna su analiza i modeliranje osnova za opće znanstvene postupke.¹³⁰

U početku se ne stvara prava predodžba o sustavu koji se istražuje, nego samo nestrukturirani izlazni podatci. Dalje se na temelju sustavne analize formiraju spoznaje o sustavu u obliku apstraktnoga modela, tj. sa zamišljenim objektima, atributima objekta i zamišljenom strukturom. Ponašanje se apstraktnoga modela može istraživati na dva načina: analitičkim postupcima i realnim modeliranjem.¹³¹

¹²⁹ Čičak, Mirko: *Modeliranje u željezničkom prometu*, Institut prometa i veza, Zagreb, 2005., p. 13.

¹³⁰ Jugović, Alen: *Racionalizacija upravljanja županijskim morskim lukama u Republici Hrvatskoj*, Rijeka, 2008., doktorska disertacija (neobjavljeno), op. cit., p. 153.

¹³¹ Ibidem, p. 154.

Realni se modeli dijele na fizičke, grafičke i računalne. Oni daju samo pojedinačna rješenja, dok strukturirani izraz rješenja o ponašanju modela nije moguć. Analitičkim se postupcima dolazi do općih izraza za rješenje ponašanja modela, ali do njih nije moguće doći za sve vrste modela.

Ako za istraživanje nekoga problema treba provesti modeliranje, često se u početku nema dovoljno jasna predodžba o samoj postavci problema, njegovoj obuhvatnosti, posebno o očekivanim rezultatima. To je upravo zadatak "definiranja problema", tj. preciziranje "lutajućih" želja i određenja izlaznih podataka. Ako se to ne učini na odgovarajući način, onda se pri provedbi sustavne analize može pokazati da postavljena pitanja u istraživanju problema nisu realna ili u istraživanje treba uključiti ostale objekte ili attribute. Rezultat sustavne analize je apstraktni model. Njegovo se ponašanje opisuje analitičkim postupcima ili realnim modeliranjem, odnosno se izgrađuje – formira model. Svaki model dobiva svoju vrijednost tek kada rezultati modela približno odgovaraju rezultatima sustava, odnosno mogu se međusobno uspoređivati. Tek nakon utvrđene valjanosti modela, mogu se na njemu obavljati razni eksperimenti i analizirati rezultati. U svakom se koraku procesa modeliranja, ako se utvrde neslaganja ili nelogičnosti, treba vratiti na prethodni korak i obaviti korekcije. Ako je potrebno, treba se vratiti do početnoga koraka.

7.1.2. Modeliranje u pomorskom gospodarstvu

U pomorskome gospodarstvu, ili pobliže u pomorskome prometu, područja primjene modela su prognoze, optimizacija tehnologije i kapaciteta, optimizacija i racionalizacija funkcioniranja sustava, optimizacija razvoja te automatizacija procesa. Modeli prognoziranja se koriste za predviđanje pokazatelja rada u putničkome i teretnome prometu, kao i raznih ostalih ekonomskih i tehnoloških pokazatelja te čimbenika za razdoblje jedne smjene, dana, mjeseca, kvartala, godine ili više godina, odnosno u operativnom, kratkoročnom, srednjoročnom ili dugoročnom planiranju. Cilj optimizacijskih modela je optimizirati proces u cjelini ili u pojedinim njegovim dijelovima, bilo da je riječ o funkcioniranju postojećih sustava ili njihovu razvoju. Do sada, a i u perspektivi, modeliranje u pomorskome prometu, ali posebice u lučkome sustavu, se primjenjuje za:

- raspodjelu prijevoza putnika i robe između različitih transportnih grana,
- tekuće planiranje korištenja lučkih površina,

- racionalnu raspodjelu tokova robe,
- izbor opcija pri izradi voznog reda za brodove,
- izbor optimizacijske razine modernizacije luka,
- izbor optimiziranoga razvoja kapaciteta luka,
- racionalnu organizaciju raspodjele rada između lučkih terminala ili obala,
- usavršavanje i optimizaciju tehnoloških procesa, odnosno optimizaciju njihovoga funkcioniranja i utvrđivanje kapaciteta, bilo da je riječ o skladištima, terminalima, dijelovima mreže ili mreži u cjelini,
- izbor optimizacijskih scenarija razmještaja i lokacije različitih tipova luka, marina ili terminala,
- racionalnu organizaciju pomorskoga putničkog prometa,
- optimizacijsku raspodjelu utovarno-istovarnih strojeva i mehanizacije,
- optimizaciju rada čvorišta različitih grana transporta,
- optimizaciju razvoja transportne mreže,
- racionalizaciju upravljanja morskim lukama i dr.

Najveći se učinci korištenja modela, odnosno modeliranja, postižu njegovom implementacijom u strukturu sustava upravljanja lučkim prometom, bilo da je riječ o operativnom upravljanju, upravljanju kvalitetom, razvojem ili poslovanjem u cjelini. Pri tome, prikupljanje i obrada podataka omogućuje pravodobno dobivanje svih informacija potrebnih za proračune po modelima. Suvremeni informacijski sustavi omogućuju brzo i uspješno rješavanje zadataka i slanje preporuka u sustav upravljanja.

7.2. PRIMJENA VIŠEKRITERIJSKOG ODLUČIVANJA KOD IMPLEMENTACIJE EKOLOŠKI ODRŽIVOG SUSTAVA MORSKIH AUTOCESTA

Kako bi se opisala primjena višekriterijskog odlučivanja kod implementacije ekološki održivog sustava morskih autocesta, nužno je opisati sljedeće tematske jedinice: (1) općenito o metodama analize ocjenjivanja prometnih projekata, (2) osnovne značajke višekriterijskoga odlučivanja (višekriterijske optimizacije), (3) metode za rješavanje višekriterijskoga algoritma i (4) temeljne značajke metode PROMETHEE.

7.2.1. Općenito o metodama analize ocjenjivanja prometnih projekata

U prometnome se planiranju i projektiranju opisuje nekoliko vrsta planiranja koja se međusobno razlikuju prema vremenskom rasponu promatranja, prostornom obuhvatu, stupnju agregatnosti planiranja i slično. Jedan od načina podjele prometnoga planiranja je onaj koji razlikuje:¹³²

- sektorsko-prometno planiranje – planiranje prometa kao posebne gospodarstvene grane,
- prostorno-prometno planiranje – planiranje prometne mreže i pratećih pojava unutar zadanoga prostora,
- projektno-prometno planiranje – planiranje koje uključuje projektiranje, procjenu i izbor pojedinih prometnih objekata.

Postupak odabira rješenja za sva tri navedena područja predstavlja zahtjevan i odgovoran zadatak. **Tradicionalne metode** odabira rješenja su podrazumijevale sagledavanje vrijednosti ulaganja u prometni sustav samo sa stajališta investitora, a korist se izražava isključivo izravnom materijalno-novčanom dobiti (eng. *cost-benefit*). Međutim, razvoj društva, kao i raznih socioekonomskih uvjeta u kojima se prometno planiranje danas odvija i razvija, doveli su do napuštanja tzv. jednostranih modela te razvijanja svijesti o potrebi kompleksnijega sagledavanja problema prometnoga planiranja i projektiranja. U tom smislu, prometno planiranje u postupku pronalaženja odgovarajućih rješenja zahtijeva sagledavanje različitih mogućnosti, odnosno rješenja, kao i detaljnu analizu i komparaciju rješenja pomoću većeg broja, najčešće različito dimenzioniranih kriterija (vrijeme, cijena, udaljenost, itd.).

To je razlog razvijanja suvremenih metoda u posljednjih tridesetak godina koje uzimaju u obzir različite kriterije, odnosno učinke koji se, ovisno o zahtjevu okruženja, mogu različito vrednovati. U postupku se prometnoga planiranja i projektiranja općenito zahtijeva zadovoljavanje prometnih, ekonomskih, tehnoloških, socijalnih i ekoloških kriterija. Ovisno o prirodi i uvjetovanosti konkretnoga prometnog problema, definiraju se konkretni kriteriji te hijerarhija važnosti kriterija, odnosno težine pojedinih kriterija. Općenito je za evaluaciju transportnih projekata moguće koristiti nekoliko evaluacijskih metoda od kojih je moguće izdvojiti njih pet:¹³³

¹³² Pađen, Juraj: **Metode prostorno-prometnog planiranja**, Zagreb, Informator, 1978., p. 8.

¹³³ Macharis, Cathy; De Witte, Astrid; Festraets, Tim; Ampe, Jereon: **The multi-actor, multi-criteria analysis methodology (MAMCA) for the evaluation of transport projects: theory and practice**, Journal of Advanced Transportation, 2007., p. 186.

- **Analiza privatnih investicija** (eng. *private investment analysis* - PIA),
- **Analiza troškovne efektivnosti** (eng. *cost effectiveness analysis* - CEA),
- **Analiza ekonomskih učinaka** (eng. *economic effects analysis* - EEA),
- **Analiza socijalnih troškova i koristi** (eng. *social cost benefit analysis* - SKBA),
- **Višekriterijska analiza** (eng. *multi criteria decision analysis* - MCDA).

Unutar istraživanja i dokazivanja postavljene hipoteze, koristit će se postupak višekriterijske analize. Višekriterijska analiza omogućava stvaranje okvira za vrednovanje (evaluaciju) različitih transportnih scenarija (alternativa) temeljem nekoliko različitih kriterija vrednovanja. Iako navedena metoda, kao podrška odlučivanju, može naći svoju primjenu u različitim područjima, uočeno je njezino ograničeno korištenje u području prometnoga planiranja. Donošenje primjerenih odluka za rješavanje problema u svim fazama jedna je od bitnih pretpostavki za ostvarivanjem željenih efekata upravljanja i odlučivanja. Sukladno s tim, u definiranju određenih smjernica, mjera i aktivnosti od velike su važnosti primijenjeni postupci i načini donošenja odluka koji ovise o: strukturiranosti (složenosti) problema, formuliranim (željenim) ciljevima i neželjenim efektima, brojnosti i prirodi kriterija (aspekata) odlučivanja te raznim drugim čimbenicima neizvjesnosti specifičnima za predmetni problem istraživanja. Najčešće se uzima u obzir više alternativa koje karakterizira sljedeće: svaka promjena vrijednosti, samo jednoga kriterija, dovodi do promjena u vrijednostima najmanje jednoga ili više drugih kriterija.

Jedna od pretpostavki nužnih za razvoj prometa i prometnih sustava jest kvalitetna izrada svih potrebnih studija zasnovana na multidisciplinarnom karakteru prometnih znanosti. Iznalaženje optimalnih rješenja postavljenih prometnih problema iznimno je složen proces jer uvjeti koje ta rješenja moraju zadovoljavati u mnogim slučajevima mogu biti i međusobno proturječni. Značajnu ulogu u tom iznalaženju ima strategija odlučivanja pomoću koje se određuju praktično najbolja (ne nužno teoretski optimalna) rješenja. U Europi se ta strategija razvija više od trideset godina neprekidno se suočavajući s novim izazovima koje joj postavlja razvoj suvremene prometne tehnologije, kao i tehnologije u cjelini. Višekriterijsko odlučivanje i njegove metode zasigurno mogu pridonijeti razvoju navedenih strategija, a time izravno i razvoju prometa, odnosno cjelokupnom razvoju prometnog sustava. Stoga primjena toga odlučivanja u prometu kao predmet istraživanja predstavlja važan čimbenik

cjelokupne prometne tehnologije koji zaslužuje detaljnu kritičku analizu, te kvalitetne prijedloge za poboljšanje. U okvirima navedenoga moguće je reći da je višekriterijsko odlučivanje složen proces čije su primjene u rješavanju prometnih problema vrlo raznolike. Ono se posebno može iskoristiti u rješavanju raznih vrsta višekriterijskih transportnih problema, te problema prometnoga planiranja. Zbog postojanja odgovarajućih kvalitetnih računalnih programa moguće je, ne samo relativno brzo i uspješno riješiti postavljene probleme, nego i provesti analizu dobivenoga rješenja radi traženja i određivanja praktično najboljih rješenja.¹³⁴ Činjenice koje potvrđuju navedeno su:

- Problemi prometa i prijevoza su vrlo složeni pa ih je potrebno rješavati metodama koje ne samo relativno brzo rješavaju pripadne matematičke modele, nego i omogućuju cjelovitu analizu dobivenih rješenja.
- Zbog znatnoga broja slučajeva u kojima se kao ograničenja pojavljuju posve proturječni uvjeti, nužno je rabiti metode koje će određivati praktično najbolja (efikasna) rješenja pripadnih modela, a ne samo teorijski optimalna rješenja.
- Republika Hrvatska u svojoj prihvaćenoj strategiji razvoja prometa predviđa ne samo izgradnju novih prometnica, nego i znatno jače povezivanje postojećih oblika transporta. U tu se svrhu moraju identificirati optimalni načini prijevoza putnika i tereta koristeći što više oblika transporta, ali uz nužnu minimizaciju vremena i cijene prijevoza. Zbog relativno velikoga broja uvjeta (ograničenja) i ciljeva koji se žele postići, prikladna je uporaba metoda višekriterijskoga odlučivanja.
- Jedna od prednosti višekriterijskoga odlučivanja jest i postojanje interaktivnih računalnih programa u cijelosti prilagođenih korisnicima, u kojima su kvalitetno implementirane metode toga odlučivanja. Budući da razvoj tehnologije izravno povlači pojavu sve složenijih problema, ali i sve boljih računalnih programa, njihova primjena u svijetu postaje sve raširenija.

7.2.2. Osnovne značajke višekriterijskog odlučivanja

Primjena višekriterijskoga odlučivanja (optimizacije) u prometnome planiranju podrazumijeva sustavnu analizu problema. Sustavna se analiza, kao racionalni

¹³⁴ O tome detaljnije cf.: Kovačić, Bojan: **Višekriterijsko odlučivanje u prometu**, Zagreb, 2004., magistarski znanstveni rad (objavljeno), p. 77.

postupak u donošenju odluka na osnovi sustavne i efikasne organizacije i analize dostupnih informacija, može koristiti za analizu i rješavanje raznih složenih problema, a sastoji se od sljedećih elemenata, odnosno koraka:¹³⁵

- uočavanje problema i orijentacija,
- definiranje problema (ciljeva, kriterija, mjera, granica i plana rada),
- utvrđivanje i proučavanje stanja problema,
- generiranje scenarija (varijanti) i izbor najpovoljnijega scenarija (varijante),
- oblikovanje i provedba rješenja,
- usavršavanje postupaka rješavanja problema.

Zadatak višekriterijskoga odlučivanja (optimizacije) je izabrati najbolji scenarij (varijanta, rješenje) iz više mogućih u smislu usvojenoga kriterija. Kriterij definira kvalitetu i predstavlja mjeru za usporedbu prilikom odabira najboljega scenarija. Kriterij se izražava kriterijskom (ciljnom) funkcijom, koji za najbolji scenarij (varijantu, rješenje) treba dostići globalni ekstrem uzevši u obzir ograničenja, koja predstavljaju mogućnost postizanja cilja. Obzirom da se radi o postupku koji minimalizira ili maksimizira zadani cilj (kriterijsku funkciju), koristi se i izraz višekriterijska optimizacija. Pri tom je riječ "optimum" sinonim za maksimalno dobro ili minimalno loše. Teorija optimizacije obuhvaća kvantitativno proučavanje optimuma i metoda za njegovo određivanje. Optimizacija se u matematičkom smislu svodi na traženje ekstrema kriterijske funkcije pod danim uvjetima i ograničenjima.

Za optimizaciju se koriste različite metode, ovisno o tipu relacije u matematičkom modelu, kriterijske funkcije i ograničenja. Kada se definira model, uzimajući u obzir više kriterija, dovodi se do **višekriterijske optimizacije**, odnosno **višekriterijskoga odlučivanja**. Odlučivanje, posebno višekriterijsko, složen je proces dolaska do rješenja. Opće karakteristike svakoga višekriterijskog problema, za razliku od jednokriterijskoga, su sljedeći elementi:¹³⁶

¹³⁵ Karleuša, Barbara; Deluka Tibljaš, Aleksandra; Benigar, Milivoj: ***Mogućnosti primjene postupaka višekriterijske optimizacije u prometnom planiranju i projektiranju***, Suvremeni promet, Hrvatsko-znanstveno društvo za promet 23, Zagreb, 2003., 1-2, p. 105.

¹³⁶ O višekriterijskom programiranju (odlučivanju), generiranju scenarija (varijanti), strukturama preferencije i težinama kriterija više na cf.: 1) Nikolić, Ilija; Borović, Siniša: ***Višekriterijumska optimizacija – metode, primjena i softver***, Dio II, Beograd, Centar vojnih škola vojske Jugoslavije, 1996., 2) Karleuša, Barbara; Deluka Tibljaš, Aleksandra; Benigar, Milivoj: ***Mogućnosti primjene postupaka višekriterijske optimizacije u prometnom planiranju i projektiranju***, Suvremeni promet, Hrvatsko-znanstveno društvo za promet, 23, 1-2., 2003., 3) Poletan Jugović, Tanja; Jugović, Alen; Zelenika, Ratko: ***Multicriteria Optimisation in Logistic forwarder Activities***, Traffic & Transportation Sceentific Jornal on Traffic and Transportation Research, Fakultet prometnih znanosti,

- **više kriterija** (funkcija cilja, funkcija kriterija) **za odlučivanje**,
- **više scenarija** (varijanti, rješenja) **za izbor**,
- **proces izbora jednoga konačnog scenarija**, odnosno jednoga konačnog rješenja.

U području **višekriterijskoga odlučivanja** postoje dvije vrste višekriterijskih problema s motrišta njihova opisivanja putem matematičkog modela:¹³⁷

1. **Višeciljno odlučivanje** – prisutnost kriterija je definirana ciljevima i kriterijima, cilj je eksplicitan, atributi (kriteriji) su implicitni, ograničenja su aktivna, alternative (scenariji, rješenja, akcije ili varijante) su beskonačnoga broja, a primjena, tj. rješavanje modela se odnosi na projektiranje (nalaženje rješenja i izbor),
2. **Višeatributno odlučivanje** – prisutnost kriterija je definirana isključivo atributima (kriterijima), cilj je implicitan, atributi (kriteriji) su eksplicitni, ograničenja su neaktivna, alternative (scenariji, rješenja, akcije ili varijante) su konačnoga broja, a primjena, tj. rješenja modela su poznata, tj. odnose se na izbor.

U ovome je istraživanju primijenjeno višekriterijsko odlučivanje (optimizacija) s obzirom na višeatributno odlučivanje, kao jedna od dviju mogućih vrsta višekriterijskoga odlučivanja. Razlog tome je činjenica da su atributi, određeni isključivo kriterijima, a ne i ograničenjima (ciljevima). Jednako tako, broj scenarija (rješenja, varijanti) je određen, a željena se rješenja odnose na izbor najboljega scenarija s aspekta analiziranih kriterija, što nije slučaj kod višeciljnog odlučivanja.

Višeatributno odlučivanje ima sljedeću opću matematičku postavku:

$$\max \{ f_1(x), f_2(x), \dots, f_n(x) \}, \quad n \geq 2$$

uz ograničenja:

$$x \in A = [a_1, a_2, \dots, a_m]$$

gdje su:

19, Zagreb, 2007., str. 145-153., 4) Poletan Jugović, Tanja; Jugović, Alen; Karleuša, Barbara: *Solution Valuating in Transport Planning by Implementation of the Multicriteria Optimization*, Transportation and Globalization, Fakulteta za Pomorstvo in promet, Portorož, 32., 2006. i 5) Jugović, Alen: *Racionalizacija upravljanja županijskim morskim lukama u Republici Hrvatskoj*, Rijeka, 2008., (doktorska disertacija, neobjavljeno).

¹³⁷ Nikolić, Ilija; Borović, Siniša: *Višekriterijumska optimizacija – metode, primjena i softver*, Dio II, Beograd, Centar vojnih škola vojske Jugoslavije, 1996., p. 61.

- n** - broj kriterija (atributa), $j = 1, 2, \dots, n$
- m** - broj scenarija (rješenja, varijanti, alternativa), $i = 1, 2, \dots, m$
- f_j** - kriteriji (atributi), $j = 1, 2, \dots, n$
- a_i** - scenariji (varijante, alternative) za razmatranje, $i = 1, 2, \dots, m$
- A** - skup svih scenarija (varijanti, alternativa)

Problem odabira optimalnoga rješenja¹³⁸ postaje složen ukoliko postoji više kriterija prema kojima treba odabrati optimalno rješenje. Takvi se problemi mogu rješavati postupcima višekriterijske optimalizacije. Izbor optimalnoga rješenja se, u odnosu na više različitih kriterija, provodi određivanjem vektorske kriterijske funkcije koja je sastavljena od n kriterijskih funkcija čiji ekstrem predstavlja najbolje rješenje. Najčešće je nemoguće pronaći rješenje koje će imati ekstrem po svim kriterijskim funkcijama pa je potrebno zadovoljiti se tzv. neinferiornim rješenjem. Rješenje je neinferiorno ako ne postoji neko drugo rješenje među varijantama, koje je istodobno bolje po svim kriterijima. Za problem višekriterijskoga odlučivanja (optimizacije) je karakteristično da se povećavanjem zadovoljenja rješenja po jednoj kriterijskoj funkciji u pravilu smanjuje stupanj zadovoljenja rješenja po jednoj ili više drugih kriterijskih funkcija.

Opći (globalni) optimizacijski kriterij se može formulirati kao vektorska kriterijska funkcija, koja u sebi sadrži pojedinačne kriterijske funkcije, uz koju se može uvesti struktura preferencije. Struktura preferencije sadrži podatke o relacijama uspoređivanja između mogućih rješenja i kriterijskih funkcija. Kvaliteta provedenoga postupka izbora najboljega scenarija te ispravnost konačne odluke zavisi od kvalitete određenosti kriterija i mjera u odnosu na koje se provodi postupak optimizacije. Generiranje varijanti se provodi na način analiziranja svih mogućih rješenja problema od kojih se, prije provođenja samoga postupka višekriterijske optimizacije, selekcijom izdvaja razuman skup, odnosno broj scenarija unutar kojega će se birati konačni scenarij. Prethodnom se selekcijom scenarija postiže eliminiranje scenarija koji na samome početku ne udovoljavaju postavljenim uvjetima značajnima za izbor konačnoga scenarija.

¹³⁸ Karleuša, Barbara; Deluka-Tibljaš, Aleksandra; Benigar, Milivoj: ***Mogućnosti primjene postupaka višekriterijske optimizacije u prometnom planiranju i projektiranju***, Suvremeni promet, Hrvatsko-znanstveno društvo za promet, 23 (1-2), 2003., p. 105.

U postupku višekriterijskoga odlučivanja i kvalitetnom definiranju scenarija, kriterija i mjera, presudnu ulogu ima donositelj odluke. Kao osoba odgovorna za donošenje konačne odluke te usvajanje konačnoga rješenja, osnovna uloga donositelja odluke je definiranje kriterija i strukture preferencije te odabir i usvajanje konačnoga rješenja. Složenost procesa odlučivanja definira i struktura preferencije donositelja odluke koja se temelji na ekonomskim, tehnološkim, društvenim, tehničkim, političkim, i drugim kriterijima, a može biti poznata prije optimizacije ili se mijenjati nakon određenih koraka.

7.2.3. Metode za rješavanje višekriterijskoga algoritma

Metode rješavanja višekriterijskoga algoritma se mogu temeljiti na sljedećim postupcima s unaprijed izraženom preferencijom kao što su: PROMETHEE (eng. *Preference Ranking Organization Method*), ELECTRE (eng. *Elimination and (et) Choice Translating Reality*) i AHP (eng. *Analytic Hierarchy Process*), postupcima za isticanje skupa neinferiornih rješenja, primjerice IKOR (Iterativno kompromisno rangiranje), ili na nekim drugim postupcima višekriterijske optimizacije koji, kao izlazne podatke, daju rang listu rješenja.¹³⁹ Najčešće se koriste postupci višekriterijskoga rangiranja scenarija (varijanti): PROMETHEE, ELECTRE i AHP, od kojih PROMETHEE i ELECTRE spadaju u postupke višega ranga, a AHP u postupak prioriteta¹⁴⁰. PROMETHEE postupak se koristi za dobivanje djelomičnoga (PROMETHEE I) i potpunoga (PROMETHEE II) rangiranja scenarija (varijanti)¹⁴¹. Temelji se na proširenju pojma kriterija uvođenjem funkcije preferencije koja daje preferenciju donositelja odluke za scenarij „a“ u odnosu na scenarij „b“. Funkcija preferencije se definira za svaki kriterij posebno, a njezina se vrijednost kreće između 0 i 1. Što je manja vrijednost funkcije preferencije, veća je indiferencija donositelja odluke i obratno, što je vrijednost funkcije bliže 1, to je veća njegova preferencija. U

¹³⁹ O tome detaljnije cf.: Genova, Krasimira; Vassilev, Vassil; Andonov, Filip; Vassileva, Mariyana; Konstantinova Silvia: **A Multicriteria Analysis Decision Support System**, International Conference on Computer Systems and Technologies – CompSysTech, III A., 10-1., (17-18), Rouse, 2004., p 1-6.

¹⁴⁰ Poletan, Tanja: **Višekriterijska analiza u valoriziranju paneuropskog koridora V_B**, Pomorski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2005., Doktorska disertacija (neobjavljeno), p. 248.

¹⁴¹ O metodama za višekriterijsko rangiranje scenarija (varijanti), PROMETHEE metodi više na cf.: 1) Roy, Bernard; Vincke, Philippe; Mareschal, Bertrand: **How to Select and How to Rank Project: The PROMETHEE Method**, European Journal of Operational Research, 24., p. 207-218., 1981., 2) Brans, Jean-Pierre; Vincke, Philippe: **Preference Ranking Organisation Methods: The Promethee Method for MCDM**, Management Science, 13., p. 647-656., 1985. i 3) Čičak, Mirko: **Modeliranje u željezničkom prometu**, Institut prometa i veza, p. 495-507., Zagreb, 2005.

slučaju stroge preferencije, vrijednost funkcije je jednaka 1. Većinu slučajeva, koji se pojavljuju u praktičnoj primjeni, pokriva šest različitih tipova funkcije, a to su: običan kriterij, pseudokriterij, kriterij s linearnom preferencijom i područjem indiferentnosti te Gaussov kriterij za koje donositelj odluke mora definirati najviše dva parametra. Uporaba na prethodni način oblikovanih kriterija dopušta konstrukciju procijenjene relacije (grafa) višega ranga, čijim se korištenjem postiže djelomično (PROMETHEE I), odnosno potpuno (PROMETHEE II) rangiranje varijantnih rješenja.

ELECTRE postupci višekriterijske optimizacije omogućuju izbor najboljega scenarija (varijante), tzv. selekciju, rangiranje i sortiranje scenarija (ovisno o verziji postupka) nekoga problema vodeći računa o kriterijima i preferencijama donositelja odluke. ELECTRE postupak je razvijen za djelomično uređenje skupa rješenja na osnovi preferencije donositelja odluke. Moguć je i grafički prikaz rješenja za koji se, temeljem funkcija preferencije, konstruira graf čiji čvorovi predstavljaju moguća rješenja, a jezgra definira preferirana rješenja. Navedeni je postupak pogodan za korištenje u slučajevima gdje su kriterijske funkcije slabo definirane. Na osnovama postupka ELECTRE I razvijeni su postupci ELECTRE II, III i IV. ELECTRE TRI postupak koristi se za sortiranje varijanti po unaprijed definiranim kategorijama prema pseudokriterijima s pragovima preferencije (pseudokriterij općenito, odnosno specifični slučajevi pseudokriterija, tj. običan ili pravi kriterij, semikriterij i prekriterij) korištenjem relacije višega ranga.

AHP postupak je primjenjiv ukoliko se problem, kojega treba riješiti, može riješiti i prikazati u hijerarhijskom obliku počevši od cilja kao najviše hijerarhijske razine, preko kriterija i potkriterija do scenarija (varijanti) kao najniže razine. AHP postupak podrazumijeva provedbu proračuna težina kriterija i scenarija (varijanti) te formiranje matrica usporedbe scenarija (varijanti) i matrica usporedbe kriterija. Normaliziranjem stupaca u matricama se određuju vektori težina kriterija i vektori težina varijanti po svim kriterijima. Zatim se određuje matrica težina scenarija (varijanti) u kojoj vektori težine scenarija po pojedinom kriteriju čine stupce. Množenjem matrice težine scenarija i vektora težine kriterija određuju se ukupni vektori težina scenarija koji ujedno predstavljaju rang-listu scenarija.

7.2.4. Temeljne značajke metode PROMETHEE

Više autora briselske škole razvilo je skupinu metoda PROMETHEE u inačicama I, II, III, IV i V (Brans, Jean-Pierre 1984., Brans, Jean-Pierre i Mareschal, Bertrand 1984.; Brans, Jean-Pierre i Vincke, Philippe 1985. te Mareschal, Bertrand 1985.). Za praktičnu primjenu u prometu najviše se koristi metoda PROMETHEE II jer omogućuje određivanje redoslijeda, odnosno rangiranje scenarija (varijanti).¹⁴² PROMETHEE I daje parcijalni, II potpuni, a III intervalni poredak varijanti, dok PROMETHEE IV predstavlja proširenje metode PROMETHEE III. Osnovna načela na kojima se temelje postupci PROMETHEE metode su:¹⁴³ (1) **proširenje pojma kriterija**, (2) **procjena relacije ranga** i (3) **korištenje relacije višeg ranga**.

7.2.4.1. Proširenje pojma kriterija

Proširenje pojma kriterija temelji se na uvođenju funkcije preferacije koja daje preferaciju donositelja odluke za scenarij a u odnosu na scenarij b . Funkcija preferacije definira se za svaki kriterij posebno, a njezina se vrijednost kreće između 0 i 1. Što je manja vrijednost funkcije, veća je indifirencija donositelja odluke, odnosno, što je ta vrijednost bliže 1, veća je njegova preferencija. U slučaju stroge preferencije vrijednosti funkcije preferencije jednaka je 1. Kriterij g je stvarna funkcija iz skupa mogućih varijanti A u $\mathfrak{R}$ takva da usporedbu varijanti a i b temelji na usporedbi njihovih procijenjenih vrijednosti po kriterijima, $g(a)$ i $g(b)$.

Pridružena funkcija preferencije $P(a,b)$, od (a) prema (b) , definirana je prema izrazu:

$$P(a,b) = \begin{cases} 0 & ; \text{ ako je } g(a) \leq g(b) \\ p[g(a), g(b)] & ; \text{ ako je } g(a) > g(b) \end{cases}$$

u konkretnim slučajevima čini se razumnim odabrati p funkciju sljedećeg tipa:

$$p[g(a), g(b)] = p[g(a) - g(b)]$$

ovisno o razlici vrijednosti $g(a)$ i $g(b)$.

Da bi se jasno pokazalo područje indiferencije oko $g(b)$, označava se:

$$x = g(a) - g(b)$$

¹⁴² Čičak, Mirko: **Modeliranje u željezničkom prometu**, op. cit., p. 495.

¹⁴³ Brans, Jean-Pierre; Vincke, Philippe: **Preference Ranking Organisation Methods**, op. cit., p. 647.

i grafički prikazuje funkcija $H(x)$, tako da je:

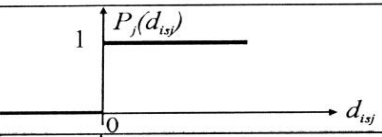
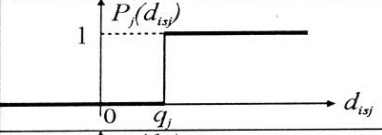
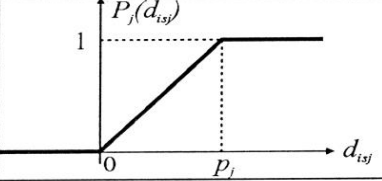
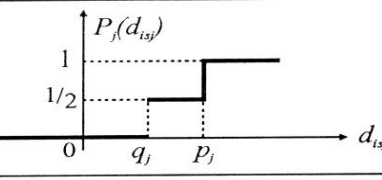
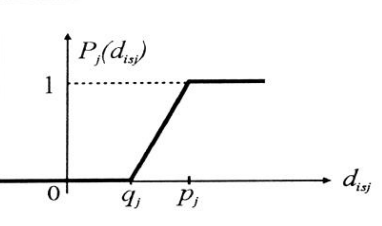
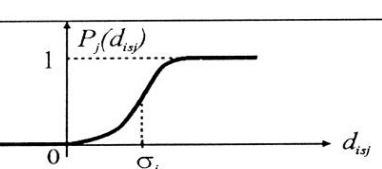
$$H(x) = \begin{cases} P(a, b) & x \geq 0 \\ P(b, a) & x \leq 0 \end{cases}$$

Ukratko, može se zaključiti da proširenje pojma kriterija podrazumijeva oblikovanje preferencije donositelja odluke uzimajući u obzir da se svaki kriterij može razmatrati u okviru šest mogućih funkcija preferacije (šest različitih tipova kriterija), odnosno kriterijskih funkcija koje se mogu koristiti pri rješavanju većine realnih problema višeatributivnog odlučivanja, a to su:¹⁴⁴

- Tip I – običan kriterij,
- Tip II – kvazikriterij (pseudokriterij),
- Tip III – kriterij s linearnom preferancijom,
- Tip IV – razina kriterija,
- Tip V – kriterij s linearnom preferancijom i područjem indifirentnosti, i
- Tip VI – Gaussov kriterij.

¹⁴⁴ Ibidem.

Tablica 22: Vrste općih kriterija i funkcije preferancija

Vrsta općeg kriterija	Funkcije preferencija $P_j(d_{isj})$	Treba definirati parametre
1	2	3
Tip I: običan kriterij $P_j(d_{isj}) = \begin{cases} 0, & \text{za } d_{isj} \leq 0 \\ 1, & \text{za } d_{isj} > 0 \end{cases}$		—
Tip II: kvazikriterij $P_j(d_{isj}) = \begin{cases} 0, & \text{za } d_{isj} \leq q_j \\ 1, & \text{za } d_{isj} > q_j \end{cases}$		q_j
Tip III: kriterij s linearnom preferencijom $P_j(d_{isj}) = \begin{cases} 0, & \text{za } d_{isj} \leq 0 \\ d_{isj} / p_j, & \text{za } 0 < d_{isj} \leq p_j \\ 1, & \text{za } d_{isj} > p_j \end{cases}$		p_j
Tip IV: razina kriterija $P_j(d_{isj}) = \begin{cases} 0, & \text{za } d_{isj} \leq q_j \\ 1/2, & \text{za } q_j < d_{isj} \leq p_j \\ 1, & \text{za } d_{isj} > p_j \end{cases}$		q_j, p_j
Tip V: kriterij s linearnom preferencijom i područjem indiferencije $P_j(d_{isj}) = \begin{cases} 0, & \text{za } d_{isj} \leq q_i \\ \frac{d_{isj} - q_j}{p_j - q_j}, & \text{za } q_j < d_{isj} \leq p_j \\ 1, & \text{za } d_{isj} > p_j \end{cases}$		q_j, p_j
Tip VI: Gaussov kriterij $P_j(d_{isj}) = \begin{cases} 0, & \text{za } d_{isj} \leq 0 \\ 1 - e^{-d_{isj}^2 / 2\sigma_j^2}, & \text{za } d_{isj} > 0 \end{cases}$		σ_j

Izvor: Čičak, Mirko: Mirko: *Modeliranje u željezničkom prometu*, Institut prometa i veza, Zagreb, 2005., p. 497.

Navedeni se kriteriji razlikuju u odnosu na različito definiranu funkciju preferencije $p(x)$ za koju donositelj odluke treba definirati najviše dva parametra. Stoga je u tablici 1 prikazana i funkcija kriterija za svaki tip kriterija.

7.2.4.2. Procjena relacije višeg ranga

Nakon što su kriteriji oblikovani na prethodni način, moguća je konstrukcija procijenjene relacije višeg ranga. Mala promjena parametara funkcije preferacije ne utječe značajno na relaciju višeg ranga. Za svaki par $a, b \in A$ definira se indeks preferancije za a u odnosu na b za sve kriterije. Pretpostavlja se da je svaki kriterij

identificiran kao jedan od šest razmotrenih tipova kriterija, tako da su funkcije preferacije $P_i(a,b)$ definirane za svaki $i=1, \dots, n$. Indeks preferacije definira se izrazom:

$$\pi(a,b) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i(a,b)$$

Jasno je da ovaj indeks daje mjeru preferancije a nad b za sve kriterije na način da što je indeks bliži jedinici, to je preferacija veća. Izraz (11) pretpostavlja da svi kriteriji imaju istu važnost. Može se uvesti i ponderirani indeks preferacije, gdje se svakom kriteriju daje određena težina. Graf, čije su jezgre rješenja iz A , takav da svaki $a,b \in A$, luk (a, b) ima vrijednost $\pi(a,b)$ naziva se procijenjeni graf ili relacije višeg ranga. Ako a dominira nad b , $\pi(a,b)=0$, $\pi(a,b)$ ne mora nužno biti 1, jer varijanta a može biti bolja od varijante b za svaki kriterij, a da ta preferacija ne bude stroga.

7.2.4.3. Korištenje relacije višeg ranga

Korištenje relacije višeg ranga podrazumijeva specifično korištenje procijenjene relacije (grafa) višeg ranga, naročito u slučaju kad varijante moraju biti rangirane od najbolje do najgore. Ovisno o tome, unutar PROMETHEE postupka razlikuju se dvije metode, PROMETHEE I i II. PROMETHEE I je metoda koja omogućuje djelomično rangiranje scenarija, odnosno rangiranje kod kojega postoji mogućnost da više različitih scenarija bude na istom rangu, čime određeni rangovi ostaju neiskorišteni (nema scenarija na određenim rangovima). Za razliku od toga, metoda PROMETHEE II omogućuje potpuno rangiranje, što drugim riječima znači da je svaki scenarij različito rangiran, ovisno o funkciji preferencije. Rješavanje problema rangiranja moguće je postupkom djelomičnog rangiranja scenarija (varijanti) – postupkom PROMETHEE I (različiti scenariji mogu biti u istom rangu, što znači da postoji mogućnost da pojedini rangovi ostanu prazni) i postupkom potpunog rangiranja scenarija – postupkom PROMETHEE II.¹⁴⁵

¹⁴⁵ Ibidem.

1) PROMETHEE I

Ako se definira procijenjeni graf višeg ranga, za svaku jezgru a izlazni tok glasi:

$$\phi^+(a) = \sum_{x \in A} \pi(a, x)$$

a ulazni tok :

$$\phi^-(a) = \sum_{x \in A} \pi(x, a)$$

Što je veći izlazni tok, to a više dominira nad ostalim rješenjima iz A , odnosno što je manji ulazni tok, to manje rješenja dominira nad a . Prvo se definiraju dva potpuna poretka (P^+, I^+) ; (P^-, I^-) tako da:

$$\begin{cases} aP^+b & \text{ako je } \phi^+(a) > \phi^+(b) \\ aP^-b & \text{ako je } \phi^-(a) < \phi^-(b) \\ aI^+b & \text{ako je } \phi^+(a) = \phi^+(b) \\ aI^-b & \text{ako je } \phi^-(a) = \phi^-(b) \end{cases}$$

Razmatrajući međusobne presjke potpunih poredaka, dobivaju se djelomični poreci $(P^{(1)}, I^{(1)}, R)$:

- a ima viši rang od $b(aI^{(1)}b)$ ako vrijedi: $\begin{cases} aP^+b & \text{i} & aP^-b \\ aP^+b & \text{i} & aI^-b \\ aI^+b & \text{i} & aI^-b \end{cases}$
- a je indiferentno $b(aI^{(1)}b)$ ako je $aI^+b = aI^-b$
- a i b su neusporedivi (aRb) u ostalim slučajevima.

Metoda PROMETHEE I daje djelomične relacije, odnosno relacije kod kojih je moguće da različiti scenariji budu na istom rangu, odnosno jednako rangirani, što znači da su neke akcije usporedive, a neke ne. Djelomične reakcije predstavljaju graf višeg ranga koji donositelju odluke daje značajne informacije o odnosima među scenarijima.

2) PROMETHEE II

Ukoliko donositelj odluke zahtjeva potpuni poredak, odnosno potpuno rangiranje bez neusporedivosti, što drugim riječima podrazumijeva rangiranje scenarija na način da svaki scenarij bude na svom rangu, odnosno da ne postoji

moгуćnost da dva ili više scenarija budu jednako rangirani, tada se za svako rješenje $a \in A$ promatra čisti tok:

$$\emptyset(a) = \emptyset^+(a) - \emptyset^-(a)$$

koji se može jednostavno upotrijebiti u rangiranju rješenja:

- a ima viši rang od b ($aP^{(2)}b$) ako je $\emptyset(a) > \emptyset(b)$
- a je indifirentno b ($aI^{(2)}b$) ako je $\emptyset(a) = \emptyset(b)$

PROMETHEE II daje potpunu relaciju kod koje se svi scenariji potpuno rangirani, uz napomenu da se kod ove relacije gubi dio informacija zbog balansirajućih efekata između ulaznog i izlaznog toka, što rezultira većim stupnjem apstrakcije.

7.3. DEFINIRANJE KONCEPCIJE I STRUKTURE POTREBNE ZA PRIMJENU VIŠEKRITERIJSKOG ODLUČIVANJA NA IMPLEMENTACIJU EKOLOŠKI ODRŽIVOG SUSTAVA MORSKIH AUTOCESTA

Za potrebe provedbe odabranog postupka višekriterijskog odlučivanja, nužno prikazati pregled svih relevantnih kriterija, njihovo bodovanje te moguće scenarije implementacije ekološki održivog sustava morskih autocesta, te će se stoga u ovome djelu obraditi: (1) Pregled kriterija relevantnih za implementaciju ekološki održivog sustava morskih autocesta i (2) Pregled mogućih scenarija implementacije ekološki održivog sustava morskih autocesta.

Pomorski dio sustava morskih autocesta su brodske servisi u sustavu *short sea shipping* te je njihovo glavno obilježje da imaju linijski karakter, preporučljivo visoke frekvencije i zadovoljavajući kapacitet u odnosu na potrebu. To su dva, uz prihvatljivu cijenu i sigurnost, osnovna preduvjeta postizanja atraktivnosti i konkurentnosti u odnosu na cestovni prijevoz, te samim time i smanjenja onečišćenja okoliša. Linijski karakter znači da servis ima unaprijed objavljen raspored polaska i dolaska u i iz luka koje koristi. Korisnici očekuju da to uvijek bude odabrani manji broj luka kako bi u njima formirali svoju stalnu operativu. Odstupanje od objavljenih rasporeda polazaka i dolazaka nije prihvatljivo jer to za sobom linearno povlači neregularnost u nastavku kopnenog putovanja, zastoje, duže vrijeme putovanja, porast troškova, odnosno ukupno narušenu pouzdanost servisa.

Luke u Republici Hrvatskoj u manjem postotku imaju brodove u ovakvom servisu. Većinom su to *feeder* brodovi koji povezuju hrvatske luke s hub lukama na Mediteranu, servisi s Dalekog istoka koji dodiruju još neke luke unutar Europe, te trajektne veze s Italijom. Dakle, ne postoji dovoljan broj podataka niti iskustva da bi se mogla provesti kvalitetna analiza i usporedba iskustava luka u interakciji s brodovima u servisima *short sea shippinga*, no moguće je provesti analizu na teorijskoj osnovi te iskustvima stručnjaka iz Europe. Brodovi u ovom sustavu većinom su novijeg godišta te nema većih problema zbog nepouzdanosti ili zadržavanja bilo da se radi o inspekcijskom zaustavljanju ili kvaru. Opremljeni su pramčanim porivnim sustavom koji im omogućuje samostalno izvođenje manevara u luci gdje nije obvezno korištenje tegljača. Svako zaustavljanje u luci dodatno narušava pouzdanost servisa te za sobom povlači kašnjenja željezničkih servisa ili zastoje u cestovnom servisu. Sustavi morskih autocesta su kompleksni logistički poduhvati povezivanja i sinkronizacije više načina prijevoza te luka i terminala koji ih povezuju u funkcionalni intermodalni lanac. Svako odstupanje jednog od njih prenosi se i generira probleme u cijelom lancu. Karakteristika *short sea shippinga* je da su polasci i dolasci servisa unaprijed objavljeni. U slučaju kratkotrajne promjene luke polaska ili dolaska, odnosno objavljenih vremena, a zbog optimizacija lučkih kapaciteta, u te dvije luke dolazi se do narušavanja pouzdanosti servisa i povećanja troškova. Naime, skretanje vlaka i preusmjeravanje u drugu luku, skretanje velikog broja kamiona u drugu luku ili skretanje broda u drugu luku, stvara veliki trošak i neminovno negodovanje korisnika. U tom slučaju klaster ili udruženje luka mora preuzeti nastali trošak i to predstavlja veliku prijetnju održivosti ovakvog modela.

Republika Hrvatska ima šest luka otvorenih za međunarodni promet od državnog značenja. Sve luke imaju jednak status i potpuno samostalno mogu zamisliti svoj nastup na tržištu. Prema modelu funkcioniranja, Republika Hrvatska je odgovorna za izgradnju infrastrukture u lukama i vezane željezničke i cestovne infrastrukture. Kada bi sve luke željele osigurati maksimalne infrastrukturne uvjete za koncipiranje sustava morskih autocesta, to bi značilo izrazito veliko financijsko opterećenje države, te novi štetan pritisak na okoliš.

Nameće se logično i smisleno rješenje političke odluke države da favorizira određeni broj luka (jednu ili dvije) i u njima sagrađi infrastrukturne objekte. To ni u kojem slučaju ne znači da se odriče ostalih luka već se u njihovom slučaju traži

moгуćnost prenamjene lućkih kapaciteta, odnosno usmjeravanje luke u smjeru trţišne potraţnje ovisno o postojećim infrastrukturnim kapacitetima. Na taj se naćin smanjuje iznos ulaganja te pritisak na okoliš koji predstavljaju veliki građevinski zahvati, te ujedno i koncentrira tok tereta na jedan ili dva pravca. Na ovaj naćin, te obzirom na trenutne kolićine u Jadranu, ulaganje moţe biti smisleno, prije svega misleći se na ulaganja u luke s najvećim potencijalom u pogledu privlaćenja tereta i zašćite okoliša. Time se koncentrira i jaćina te ili tih luka, te njihova konkurentnost u odnosu na luke susjednih drţiava. Uzimajući u obzir trenutno stanje infrastrukture te rezultate dobivene višekriterijskom optimizacijom doktorand predlaţe, u prvom redu, analizu moгуćnosti implementacije modela jedne luke s lukom Rijeka kao glavnom lukom, te nadalje analizu modela dvije luke s lukama Rijeka i Ploće, te kao posljednju od navedenih model tri luke; Rijeka, Zadar i Ploće.

7.3.1. Pregled kriterija relevantnih za implementaciju ekološki održivog sustava morskih autocesta

U dosadašnjem dijelu istraţivanja i analize problema implementacije održivog sustava morskih autocesta detaljno je prikazan izraćun emisija ispušnih plinova, eksternih troškova prijevoza, te analizirana vaţnost i dostupnost postojećih infrastrukturnih kapaciteta. Navedeni elementi utjeću na funkcioniranje sustava te izbor relevantnih kriterija za implementaciju održivog sustava morskih autocesta u okruţenju luke koja je u funkciji povezivanja i tranzicije tereta s jednog na drugi naćin prijevoza, odnosno primjene sustava intermodalnog prijevoza. Luka u tom smislu nosi veliki potencijal usporavanja besprijekornog funkcioniranje servisa, i posljedićno, smanjivanju njegove konkurentnosti u odnosu na cestovni naćin prijevoza. Međutim, ukoliko izbjegne spomenuto, luka nosi i veliki potencijal u funkciji zašćite okoliša, smanjenjem emisije ispušnih plinova, smanjenjem ekološki i socio-ekonomskih eksternih troškova prijevoza, te minimizacijom novih infrastrukturnih investicija koje imaju za posljedicu nove negativne ućinke po okoliš.

S obzirom na to da je identificirano više modela implementacije održivog sustava morskih autocesta s aspekta organizacija pomorskih luka, potrebno je modele jednostavno, sustavno i objektivno usporediti koristeći postupak višekriterijskog odlućivanja, ovisno na postavljene kriterije. Kriteriji su skup smisleno i tematski povezanih pod-kriterija koji u svakom slućaju moraju biti mjerljivi bilo da se

koriste njihove stvarne vrijednosti (t, km, m², m³, kn ili sl.) ili *ponderi* (procijenjena vrijednost jednog kriterija u odnosu na neku referentnu točku)¹⁴⁶.

Odabrani kriteriji rezultat su izračuna emisija ispušnih plinova na pojedinim promatranim relacijama/tokovima tereta, proračuna ekoloških i socio-ekonomskih eksternih troškova prijevoza, te izvedenih zaključaka o mogućnostima optimizacije postojećih infrastrukturnih kapaciteta na temelju provedenog istraživanja i analize za potrebe definiranja modela, mjera i aktivnosti za implementaciju ekološki održivog sustava morskih autocesta. Emisije ispušnih plinova, eksterni troškovi prijevoza, te postojeći infrastrukturni i organizacijski kapaciteti koji se odnose na lučku efikasnost, pristupačnost luke i sigurnost elementi su koji definiraju kriterije uspješnosti lučkog sustava u funkciji implementacije sustava morskih autocesta u funkciji zaštite okoliša. Elementi se mogu podijeliti prema sljedećim kategorijama:

Emisije ispušnih plinova;

- NO_x – dušični oksidi,
- SO_x – sumporni oksidi,
- CO – ugljični monoksidi,
- CO₂ – ugljični dioksidi,
- NMHC – nemetanski ugljikovodici,
- PM 10 – čestice, čađa.

Eksterni troškovi prijevoza;

- Zagađenje zraka,
- Klimatske promjene,
- Onečišćenje bukom,
- Nesreće,
- Zagušenja.

Postojeći infrastrukturni kapaciteti;

1. Lučka efikasnost

- Kapacitet željezničke infrastrukture,
- Kapacitet cestovne infrastrukture,

¹⁴⁶ *Ponderiranje* (engl. *ponderation*, njem. *Abwägung*) je postupak dodjeljivanja odgovarajuće važnosti pojedinim veličinama prilikom izračunavanja srednjih vrijednosti. Faktori važnosti ili ponderi mogu se izraziti apsolutno ili relativno. Ponder izražen apsolutno je broj koji pokazuje koliko se puta pojavljuje određena veličina (vrijednost) koja sudjeluje u izračunavanju srednje vrijednosti, a relativni ponder pokazuje udio pojedine vrijednosti u strukturi cjeline.

- Kapacitet skladišnog prostora TEU,
- Kapacitet parkirališnog prostora,
- Lučka oprema za manipulaciju kontejnerima,
- Lučka Ro-Ro oprema.

2. Pristupačnost luke (veza s kopnenim načinima prijevoza)

- Direktan spoj s željezničkom infrastrukturom,
- Direktan spoj na mrežu autocesta,
- Dubina mora na kontejnerskom terminalu – gaz [m],
- Dubina mora na Ro-Ro terminalu – gaz [m],
- Dužina operativne obale kontejnerskog terminala [m],
- Dužina operativne obale Ro-Ro terminala [m],
- Sigurnost boravka broda u luci.

3. Sigurnost prometnog sustava

- Sigurnost na željezničkoj infrastrukturi,
- Sigurnost na cestovnoj infrastrukturi,
- Sigurnost na maritimnom putu prilaza luci,
- Održavanost željezničke infrastrukture,
- Održavanost cestovne infrastrukture,
- Označenost i održavanje plovnih putova,
- Sigurnost rada u luci.

7.3.2. Pregled mogućih scenarija implementacije održivog sustava morskih autocesta

Detaljnou analizom postojećih sustava morskih autocesta u Europi te analizom funkcioniranja luka u nacionalnim sustavima, definirani su mogući modeli implementacije sustava morskih autocesta. Modeli su definirani u odnosu prema identificiranim gravitirajućim tržištima promatranih morskih luka. Modeli predstavljaju moguće samostalno razvijanje i funkcioniranje luka, ili njihovo grupiranje na razini države. Takvo modeliranje omogućuje primjenu modela i njihove analize s obzirom na implementiranje ekološki održivog sustava morskih autocesta bilo gdje u svijetu. Identificirano je pet modela i to:

- Model samostalnih luka,

- Model nacionalno grupiranih luka,
- Model jedne luke,
- Model dvije luke,
- Model tri luke.

U slučaju ovog istraživanja, za testiranje predloženih modela odabrana je Republika Hrvatska, njezine pomorske luke, prometni sustav te gravitirajuća tržišta. Stoga su identificirani gore navedeni modeli modificirani prema uvjetima i trenutnom stanju prometnog sustava Republike Hrvatske te tržišnoj potražnji odnosno kretanjima tokova tereta. Obzirom na spomenuto, definirani su konkretni scenariji koji će se analizirati prema definiranim kriterijima uz postupak višekriterijskog odlučivanja za sljedeće modele:

1. Scenarij prema modelu samostalnih luka:

- Rijeka,
- Zadar,
- Šibenik,
- Split,
- Ploče,
- Dubrovnik.

Razvoj svih šest luka usmjeren je podjednako prema kontejnerskom i Ro-Ro sustavu prijevoza, te sve morske luke samostalno nastupaju za sva 4 gravitirajuća tržišta i samostalno osiguravaju infrastrukturu.

2. Scenarij prema modelu nacionalno grupiranih luka:

- Riječka luka koja je zasebna cjelina i samostalno nastupa za sva 4 gravitirajuća tržišta, samostalno osigurava infrastrukturu.
- Luke srednjodalmatinskog područja, Zadar, Šibenik i Split. Luke zajednički nastupaju i osiguravaju/dijele postojeće infrastrukturne kapacitete za sva 4 gravitirajuća tržišta.
- Luke južnodalmatinskog područja, Ploče i Dubrovnik. Luke zajednički nastupaju i osiguravaju/dijele postojeće infrastrukturne kapacitete za sva 4 gravitirajuća tržišta.

3. Scenarij prema modelu jedne luke – Rijeka:

- Rijeka kao nacionalno prioritetizirana luka za implementaciju sustava morskih autocesta. Razvoj luke usmjeren je podjednako prema kontejnerskom i Ro-Ro sustavu prijevoza za sva 4 gravitirajuća tržišta, samostalno osigurava infrastrukturu.

4. Scenarij prema modelu dvije luke – Rijeka i Ploče:

- Razvoj luke Rijeka usmjeren je podjednako prema kontejnerskom i Ro-Ro sustavu prijevoza za gravitirajuća tržišta; Zagreb, Budimpešta i Beograd.
- Razvoj luke Ploče usmjeren je podjednako prema kontejnerskom i Ro-Ro sustavu prijevoza za gravitirajuća tržišta; Sarajevo i Beograd.

5. Scenarij prema modelu tri luke – Rijeka, Zadar i Ploče:

- Razvoj luke Rijeka usmjeren je prema kontejnerskom sustavu prijevoza za gravitirajuća tržišta, Budimpešta i Beograd.
- Razvoj luke Zadar usmjeren je prema Ro-Ro sustavu prijevoza za gravitirajuća tržišta; Zagreb, Budimpešta i Beograd.
- Razvoj luke Ploče usmjeren je prema kontejnerskom sustavu prijevoza za gravitirajuća tržišta; Sarajevo i Beograd.

Predloženi modeli i razrađeni kriteriji mogu se primijeniti, testirati i implementirati na pomorski i prometni sustav bilo koje države, ali zbog dostupnosti podataka te uočenih nedostataka u upravljanju lučkim i prometnim sustavom, odabran je lučki sustav Republike Hrvatske. S obzirom na velik broj scenarija te njihove relativno dugačke nazive, a za jasnije praćenje analiza koje slijede, scenariji će se osim nazivom obilježiti i rednim brojem te kraticom (tablica 23).

Tablica 23: Generirani scenariji implementacije održivog sustava morskih autocesta na primjeru Republike Hrvatske

REDNI BROJ SCENARIJA	KRATICA	NAZIV SCENARIJA
Scenarij 1.	SL	Samostalne luke
Scenarij 2.	NGL	Nacionalno grupirane luke
Scenarij 3.	1L	Model jedne luke – Rijeka
Scenarij 4.	2L	Model dvije luke – Rijeka i Ploče
Scenarij 5.	3L	Model tri luke – Rijeka, Zadar i Ploče

Izvor: Doktorand

U daljnjem dijelu istraživanja scenariji će se postupkom višekriterijskog ocjenjivanja analizirati i usporediti identificiranim kriterijima i pripadajućim potkriterijima. Na taj će se način precizno i objektivno sagledati koji od scenarija je najprihvatljiviji za implementaciju ekološki održivog sustava morskih autocesta u Republici Hrvatskoj. Valja napomenuti da neki drugi nacionalni lučki i prometni sustavi mogu generirati drugačije rezultate analize i voditi zaključku da je primjenjiviji drugi model. No, u svakom slučaju dana analiza i identifikacija modela te kriterija, može poslužiti za donošenje individualne nacionalne odluke o modelu implementacije ekološki održivog sustava morskih autocesta bilo gdje u svijetu. Model je prikazan na primjeru Republike Hrvatske isključivo zbog dostupnosti podataka.

7.4. VREDNOVANJE PREDUVJETA ZA IMPLEMENTACIJU ODRŽIVOG SUSTAVA MORSKIH AUTOCESTA

Postupak višekriterijskog odlučivanja zahtijeva vrednovanje svih kriterija kojima će se uspoređivati predstavljeni scenariji. U svim slučajevima gdje je moguće, vrednovat će se kvantitativno (t, kg, m, € ili sl.), dok će se u slučajevima gdje to nije moguće¹⁴⁷ koristiti metoda ponderiranja uz detaljnu argumentaciju. To je nužno kako bi se objektivno moglo pratiti njegovo vrednovanje i ocijeniti uspješnost, ali i kako bi se ukoliko u budućnosti dođe do promjene stvarnog stanja, mogla izvršiti promjena vrednovanja te ponoviti postupak višekriterijskog ocjenjivanja. U ovom će se dijelu opisati sljedeće tematske jedinice: (1) Vrednovanje scenarija prema kriteriju emisije ispušnih plinova, (2) Vrednovanje scenarija prema kriteriju eksternih troškova prijevoza, (3) Vrednovanje scenarija prema kriteriju postojećih infrastrukturnih kapaciteta.

7.4.1. Vrednovanje scenarija prema kriteriju emisije ispušnih plinova

Grupa potkriterija emisije ispušnih plinova odnosi se na analizu proračunatih vrijednosti štetnih emisija ispušnih plinova pojedine luke u odnosu na određeno gravitacijsko tržište. Ovisno u kojem je modelu koja luka, dodjeljena joj je prosječna

¹⁴⁷ Neki od kriterija ne mogu se kvantitativno vrednovati već jedino ponderirati. Primjer je razina sigurnosti infrastrukture koju je nemoguće izraziti mjernim jedinicama, već objektivno vrednovati u usporednom odnosu.

vrijednost emisija, obzirom na proračun. S obzirom na to da se kriterij odnosno ukupna prosječna vrijednost emisija ispušnih plinova različito određuje s obzirom na pojedini model implementacije sustava u sljedećim tematskim jedinicama potrebno je definirati sljedeće: (1) Definiranje vrijednosti kriterija za modele sl, ngl, 1l, (2) Definiranje vrijednosti kriterija za model 2 luke, (3) Definiranje vrijednosti kriterija za model 3 luke i (4) Vrednovanje scenarija prema definiranim vrijednostima.

7.4.1.1. Definiranje vrijednosti kriterija za modele sl, ngl, 1l.

Prilikom definiranja vrijednosti kriterija za modele sl, ngl i 1l povodilo se sljedećim činjenicama. Razvoj promatranih definiranih modela luka usmjeren je podjednako prema kontejnerskom i Ro-Ro sustavu prijevoza, te sve morske luke nastupaju za sva 4 gravitirajuća tržišta i osiguravaju infrastrukturu. Temeljem toga za pretpostaviti je kako se svaka luka podjednako nastupa na tržištu te privlači teret na svoj prometni pravac, bilo da se radi o modelu samostalnih luka, nacionalno grupiranih luka ili modelu 1 luke. Naime, svakom je modelu značajno osigurati što veće prekrcajne učinke prema sva četiri definirana gravitirajuća tržišta. Stoga, u tablici 24. prikazan je izračun prosječnih vrijednosti štetnih emisija ispušnih plinova koje će se u nastavku koristiti za postupak viškriterijske optimizacije Promethe software-om.

Tablica 24: Pregled vrijednosti kriterija za modele sl, ngl, 1l.

LUKA		Rijeka, Prosjek ZG, BU, BG, SA.	Zadar, Prosjek ZG, BU, BG, SA.	Šibenik, Prosjek ZG, BU, BG, SA.	Split, Prosjek ZG, BU, BG, SA.	Ploče, Prosjek ZG, BU, BG, SA.	Dubrovnik, Prosjek ZG, BU, BG, SA.
Kriterij	Kombinacija prijevoznog sustava						
Potrošnja energije [megajoule]	Pomorski + Zeljeznički	4.731,50	5.237,75	4.724,75	4.856,00	4.422,50	12.630,25
	Pomorski + Cestovni	10.755,50	12.056,75	11.180,50	11.602,75	12.099,00	12.630,25
	Prosjek	7.743,50	8.647,25	7.952,63	8.229,38	8.260,75	12.630,25
Ugljični dioksid - CO ₂ [t]	Pomorski + Zeljeznički	0,282	0,337	0,300	0,309	0,252	0,915
	Pomorski + Cestovni	0,782	0,877	0,810	0,841	0,874	0,915
	Prosjek	0,532	0,607	0,555	0,575	0,563	0,915
Nemetanski ugljikovodik - NMHC [kilogram]	Pomorski + Zeljeznički	0,181	0,346	0,297	0,311	0,120	0,437
	Pomorski + Cestovni	0,442	0,473	0,422	0,433	0,442	0,437
	Prosjek	0,311	0,409	0,360	0,372	0,281	0,437
Čestice, čadja - PM ₁₀ [kilogram]	Pomorski + Zeljeznički	0,146	0,180	0,170	0,148	0,096	0,149
	Pomorski + Cestovni	0,204	0,205	0,195	0,171	0,168	0,149
	Prosjek	0,175	0,192	0,182	0,159	0,132	0,149
Ugljični monoksid - CO [t]	Pomorski + Zeljeznički	0,267	0,324	0,285	0,295	0,237	0,880
	Pomorski + Cestovni	0,758	0,844	0,782	0,813	0,844	0,880
	Prosjek	0,513	0,584	0,533	0,554	0,541	0,880
Dušični oksid - NO _x [kilogram]	Pomorski + Zeljeznički	3,177	4,426	3,716	3,695	2,036	3,693
	Pomorski + Cestovni	4,879	4,903	4,246	4,170	4,078	3,693
	Prosjek	4,028	4,664	3,981	3,932	3,057	3,693

Sumporni oksid - SOx [kilogram]	Pomorski + Željeznički	0,952	0,980	1,045	0,784	0,647	1,300
	Pomorski + Cestovni	1,558	1,613	1,650	1,406	1,402	1,300
	Prosjek	1,255	1,296	1,348	1,095	1,025	1,300

Izvor: Doktorand

7.4.1.2. Definiranje vrijednosti kriterija za model 2 luke

Prilikom definiranja vrijednosti kriterija za model 2 luke povodilo se sljedećim činjenicama. Razvoj promatranog definiranog modela usmjeren je podjednako prema kontejnerskom i Ro-Ro sustavu prijevoza dviju morskih luka, Rijeka i Ploče, koje nastupaju i osiguravaju infrastrukturu prema sljedećim gravitirajućim tržištima:

- Luka Rijeka prema tržištima; Zagreb, Budimpešta i Beograd,
- Luka Ploče prema tržištima; Beograd i Sarajevo.

Temeljem toga proračunate su prosječne vrijednosti štetnih emisija ispušnih plinova prema definiranim pripadajućim gravitacijskim tržištima. U tablici 25. prikazan je izračun prosječnih vrijednosti štetnih emisija ispušnih plinova koje će se u nastavku koristiti za postupak viškriterijske optimizacije Promethe software-om.

Tablica 25: Proračun prosječnih vrijednosti kriterija za model 2 luke

LUKA		Rijeka, Prosjek ZG, BU, BG				Ploče, Prosjek BG, SA.		
Kriterij	Kombinacija prijevoznog sustava	ZG	BU	BG	Ukupno prosjek	BG	SA	Ukupno prosjek
Potrošnja energije [megajoule]	Pomorski + Zeljeznički	2.844,00	5.427,00	5.247,00	4.506,00	4.552,00	2.064,00	3.308,00
	Pomorski + Cestovni	5.131,00	12.575,00	13.608,00	10.438,00	11.731,00	5.268,00	8.499,50
	Prosjek	3.987,50	9.001,00	9.427,50	7.472,00	8.141,50	3.666,00	5.903,75
Ugljični dioksid - CO ₂ [t]	Pomorski + Zeljeznički	0,189	0,306	0,316	0,270	0,258	0,132	0,195
	Pomorski + Cestovni	0,378	0,916	0,986	0,760	0,847	0,382	0,615
	Prosjek	0,284	0,611	0,651	0,515	0,553	0,257	0,405
Nemetanski ugljikovodik - NMHC [kilogram]	Pomorski + Zeljeznički prijevoz	0,165	0,203	0,177	0,182	0,116	0,104	0,110
	Pomorski + Cestovni	0,268	0,498	0,530	0,432	0,431	0,231	0,331
	Prosjek	0,217	0,351	0,354	0,307	0,274	0,168	0,221
Čestice, čađa - PM ₁₀ [kilogram]	Pomorski + Zeljeznički	0,139	0,148	0,148	0,145	0,097	0,087	0,092
	Pomorski + Cestovni	0,161	0,218	0,225	0,201	0,164	0,116	0,140
	Prosjek	0,150	0,183	0,187	0,173	0,131	0,102	0,116
Ugljični monoksid - CO [t]	Pomorski + Zeljeznički	0,183	0,285	0,295	0,254	0,247	0,127	0,187
	Pomorski + Cestovni	0,367	0,885	0,955	0,736	0,820	0,373	0,597
	Prosjek	0,275	0,585	0,625	0,495	0,534	0,250	0,392
Dušični oksid - NO _x [kilogram]	Pomorski + Zeljeznički	3,089	3,216	3,196	3,167	2,042	1,928	1,985
	Pomorski + Cestovni	3,748	5,206	5,396	4,783	3,994	2,783	3,389
	Prosjek	3,419	4,211	4,296	3,975	3,018	2,356	2,687

Sumporni oksid - SO _x [kilogram]	Pomorski + Željeznički	0,871	1,005	0,965	0,947	0,642	0,552	0,597
	Pomorski + Cestovni	1,107	1,705	1,785	1,532	1,371	0,854	1,113
	Prosjek	0,989	1,355	1,375	1,240	1,007	0,703	0,855

Izvor: Doktorand

7.4.1.3. Definiranje vrijednosti kriterija za model 3 luke

Prilikom definiranja vrijednosti kriterija za model 3 luke povodilo se sljedećim činjenicama. Razvoj promatranog definiranog modela usmjeren je prema kontejnerskom i Ro-Ro sustavu prijevoza triju morskih luka, Rijeka, Zadar i Ploče, koje nastupaju i osiguravaju infrastrukturu prema sljedećim gravitirajućim tržištima:

- Luka Rijeka prema tržištima; Zagreb, Budimpešta i Beograd,
- Luka Rijeka prema tržištima; Zagreb, Budimpešta i Beograd,
- Luka Ploče prema tržištima; Beograd i Sarajevo.

Sukladno definiranim pripadajućim gravitacijskim tržištima pojedine luke nužno je i definirati i smjer njihova daljnjeg razvoja. Tako je u modelu 3 luke zamišljeno da se daljnji razvoj odnosno implementacija sustava morskih autocesta usmjeri na sljedeći način. Razvoj Luke Rijeka usmjeren je prema kontejnerskom i željezničkom sustavu prijevoza, Luke Zadar prema Ro-Ro odnosno cestovnom sustavu prijevoza te Luke Ploče podjednako i prema željezničkom i cestovnom sustavu prijevoza koristeći kontejnerski i Ro-Ro sustav. Temeljem toga proračunate su prosječne vrijednosti štetnih emisija ispušnih plinova prema definiranim pripadajućim gravitacijskim tržištima i vrstama prijevoza. U tablici 26. prikazan je izračun prosječnih vrijednosti štetnih emisija ispušnih plinova koje će se u nastavku koristiti za postupak viškriterijske optimizacije Promethe software-om.

Tablica 26: Prikaz izračuna prosječnih vrijednosti štetnih emisija ispušnih plinova

Luka		Rijeka, Prosjek ZG, BU, BG				Zadar, Prosjek ZG, BU, BG				Ploče, Prosjek BG, SA		
Kriterij	Kombinacija prijevoznog sustava	ZG	BU	BG	Ukupno prosjek	ZG	BU	BG	Ukupno prosjek	BG	SA	Ukupno prosjek
Potrošnja energije [megajoule]	Pomorski + Željeznički	2.844,00	5.427,00	5.247,00	4.506,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4.552,00	2.064,00	3.308,00
	Pomorski + Cestovni	0,00	0,00	0,00	0,00	7.642,00	15.085,00	16.119,00	12.948,67	11.731,00	5.268,00	8.499,50
	Prosjek	2.844,00	5.427,00	5.247,00	4.506,00	7.642,00	15.085,00	16.119,00	12.948,67	8.141,50	3.666,00	5.903,75
Ugljični dioksid - CO ₂ [t]	Pomorski + Željeznički	0,189	0,306	0,316	0,270	0,000	0,000	0,000	0,000	0,258	0,132	0,195
	Pomorski + Cestovni	0,000	0,000	0,000	0,000	0,557	1,097	1,167	0,940	0,847	0,382	0,615
	Prosjek	0,189	0,306	0,316	0,270	0,557	1,097	1,167	0,940	0,553	0,257	0,405
Nemetanski ugljikovodik - NMHC [kilogram]	Pomorski + Željeznički	0,165	0,203	0,177	0,182	0,000	0,000	0,000	0,000	0,116	0,104	0,110
	Pomorski + Cestovni	0,000	0,000	0,000	0,000	0,338	0,568	0,598	0,501	0,431	0,231	0,331
	Prosjek	0,165	0,203	0,177	0,182	0,338	0,568	0,598	0,501	0,274	0,168	0,221
Čestice, čađa - PM ₁₀ [kilogram]	Pomorski + Željeznički	0,139	0,148	0,148	0,145	0,000	0,000	0,000	0,000	0,097	0,087	0,092
	Pomorski + Cestovni	0,000	0,000	0,000	0,000	0,171	0,227	0,235	0,211	0,164	0,116	0,140
	Prosjek	0,139	0,148	0,148	0,145	0,171	0,227	0,235	0,211	0,131	0,102	0,116
Ugljični monoksid - CO [t]	Pomorski + Željeznički	0,183	0,285	0,295	0,254	0,000	0,000	0,000	0,000	0,247	0,127	0,187
	Pomorski + Cestovni	0,000	0,000	0,000	0,000	0,536	1,056	1,126	0,906	0,820	0,373	0,597
	Prosjek	0,183	0,285	0,295	0,254	0,536	1,056	1,126	0,906	0,534	0,250	0,392

Dušični oksid - NOx [kilogram]	Pomorski + Željeznički	3,089	3,216	3,196	3,167	0,000	0,000	0,000	0,000	2,042	1,928	1,985
	Pomorski + Cestovni	0,000	0,000	0,000	0,000	4,023	5,473	5,673	5,056	3,994	2,783	3,389
	Prosjek	3,089	3,216	3,196	3,167	4,023	5,473	5,673	5,056	3,018	2,356	2,687
Sumporni oksid - SOx [kilogram]	Pomorski + Željeznički	0,871	1,005	0,965	0,947	0,000	0,000	0,000	0,000	0,642	0,552	0,597
	Pomorski + Cestovni	0,000	0,000	0,000	0,000	1,255	1,855	1,945	1,685	1,371	0,854	1,113
	Prosjek	0,871	1,005	0,965	0,947	1,255	1,855	1,945	1,685	1,007	0,703	0,855

Izvor: Doktorand

7.4.1.4. Vrednovanje scenarija prema definiranim vrijednostima

Grupa potkriterija štetnih emisija ispušnih plinova odnosi se na proračun i analizu definiranih vrijednosti štetnih emisija ispušnih plinova pojedinih modela lučkih sustava. Podkriteriji koji se razmatraju su sljedeći:

- NO_x – dušični oksidi,
- SO_x – sumporni oksidi,
- CO – ugljični monoksidi,
- CO₂ – ugljični dioksidi,
- NMHC – nemetanski ugljikovodici,
- PM 10 – čestice, čađa.

U tablici 27. prikazan je pregled vrednovanja potkriterija unutar grupe emisije ispušnih plinova za svih pet promatranih modela lučkih sustava.

Tablica 27: Vrednovanje potkriterija unutar grupe emisije ispušnih plinova

Model luka	Grupacija luka		POTKRITERIJI (emisije ispušnih plinova, potrošnja energije)						
			Potrošnja energije [megajoule]	Ugljični dioksid - CO ₂ [t]	Nemetanski ugljikovodik - NMHC [kilogram]	Čestice, čađa - PM ₁₀ [kilogram]	Ugljični monoksid - CO [t]	Dušični oksid - NO _x [kilogram]	Sumporni oksid - SO _x [kilogram]
1. SL	Slobodne luke	Rijeka	7.743,50	0,532	0,311	0,175	0,513	4,028	1,255
		Zadar	8.647,25	0,607	0,409	0,192	0,584	4,664	1,296
		Šibenik	7.952,63	0,555	0,360	0,182	0,533	3,981	1,348
		Split	8.229,38	0,575	0,372	0,159	0,554	3,932	1,095
		Ploče	8.260,75	0,563	0,281	0,132	0,541	3,057	1,025
		Dubrovnik	12.630,25	0,915	0,437	0,149	0,880	3,693	1,300
	MODEL SVEUKUPNO		8.910,63	0,625	0,362	0,165	0,601	3,893	1,220
2. NGL	Riječka luka kao zasebna cjelina	Rijeka (Ukupno)	7.743,500	0,532	0,311	0,175	0,513	4,028	1,255
	Srednjo-dalmatinske luke	Zadar	8.647,250	0,607	0,409	0,192	0,584	4,664	1,296
		Šibenik	7.952,630	0,555	0,360	0,182	0,533	3,981	1,348
		Split	8.229,380	0,575	0,372	0,159	0,554	3,932	1,095
		Ukupno	8.276,420	0,579	0,380	0,178	0,557	4,192	1,246
	Južno-dalmatinske luke	Ploče	8.260,750	0,563	0,281	0,132	0,541	3,057	1,025
		Dubrovnik	12.630,250	0,915	0,437	0,149	0,880	3,693	1,300

		Ukupno	10.445,500	0,739	0,359	0,141	0,711	3,375	1,163
	MODEL SVEUKUPNO		8.821,807	0,617	0,350	0,164	0,594	3,865	1,221
3. 1L	Nacionalno prioritetizirana luka	Rijeka	7.743,500	0,532	0,311	0,175	0,513	4,028	1,255
	MODEL SVEUKUPNO		7.743,500	0,532	0,311	0,175	0,513	4,028	1,255
4. 2L	Prioritetizacija razvoja dviju luka	Rijeka	7.472,000	0,515	0,307	0,173	0,495	3,975	1,240
		Ploče	5.903,750	0,405	0,221	0,116	0,392	2,687	0,855
	MODEL SVEUKUPNO		6.687,875	0,460	0,264	0,145	0,444	3,331	1,048
5. 3L	Prioritetizacija razvoja triju luka	Rijeka	4.506,000	0,270	0,182	0,145	0,254	3,167	0,947
		Zadar	12.948,670	0,940	0,501	0,211	0,906	5,056	1,685
		Ploče	5.903,750	0,405	0,221	0,116	0,392	2,687	0,855
	MODEL SVEUKUPNO		7.786,140	0,538	0,301	0,157	0,517	3,637	1,162

Izvor: Doktorand

7.4.2. Vrednovanje scenarija prema kriteriju eksternih troškova prijevoza

S obzirom na to da se kriterij eksternih troškova prijevoza sastoji od većeg broja potkriterija, te većeg broja pripadajućih gravitirajućih tržišta. Za jasno razumijevanje i određivanje vrednovanja pojedinog scenarija ovisno o predloženim modelima luka ovo poglavlje podjeljeno je na sljedeće tematske jedinice: (1) Definiranje vrijednosti kriterija za modele slobodnih, nacionalno grupiranih te model jedne luke, (2) Definiranje vrijednosti kriterija za model dviju luka i (3) Definiranje vrijednosti kriterija za model tri luke. Svi definirani podkriteriji unutar grupe eksternih troškova prijevoza su u izravnoj funkciji zaštite okoliša. Naime, identifikacijom i optimizacijom postojećih infrastrukturnih kapaciteta te gravitirajućih tržišta morskih luka se smanjuju ukupni ekološki i socio-ekonomski troškovi prijevoza na pojedinom pravcu.

7.4.2.1. Definiranje vrijednosti kriterija za modele slobodnih, nacionalno grupiranih te model jedne luke

Prilikom definiranja vrijednosti kriterija za modele sl, ngl i 1l povodilo se sljedećim činjenicama. Razvoj promatranih definiranih modela luka usmjeren je podjednako prema kontejnerskom i Ro-Ro sustavu prijevoza, te sve morske luke nastupaju za sva 4 gravitirajuća tržišta i osiguravaju infrastrukturu. Temeljem toga za pretpostaviti je kako se svaka luka podjednako nastupa na tržištu te privlači teret na svoj prometni pravac, bilo da se radi o modelu samostalnih luka, nacionalno grupiranih luka ili modelu jedne luke. Naime, svakom je modelu značajno osigurati što veće prekrcajne učinke prema sva četiri definirana gravitirajuća tržišta. Stoga, u tablici 28 prikazan je izračun prosječnih vrijednosti ekoloških i socio-ekonomskih troškova prijevoza, koje će se u nastavku koristiti za postupak viškriterijske optimizacije Promethe software-om.

Tablica 28: Pregled vrijednosti kriterija eksternih troškova za modele slobodnih, nacionalno grupiranih te model jedne luke

LUKA		Rijeka, Prosjek ZG, BU, BG, SA.	Zadar, Prosjek ZG, BU, BG, SA.	Šibenik, Prosjek ZG, BU, BG, SA.	Split, Prosjek ZG, BU, BG, SA.	Ploče, Prosjek ZG, BU, BG, SA.	Dubrovnik, Prosjek ZG, BU, BG, SA.
Kriterij	Kombinacija prijevoznih sustava						
Zagađenje zraka	Pomorski + Zeljeznički	53,71	97,36	84,51	86,28	38,92	113,88
	Pomorski + Cestovni	115,49	122,41	109,74	109,82	113,55	113,88
	Prosjek	84,60	109,89	97,13	98,05	76,23	113,88
Klimatske promjene	Pomorski + Zeljeznički	20,55	24,70	22,80	23,59	20,28	46,22
	Pomorski + Cestovni	38,52	43,19	40,21	41,36	42,89	46,22
	Prosjek	29,54	33,95	31,51	32,48	31,58	46,22
Buka	Pomorski + Zeljeznički	15,23	19,76	18,98	20,22	17,06	21,63
	Pomorski + Cestovni	16,20	18,79	17,86	18,65	19,36	21,63
	Prosjek	15,71	19,27	18,42	19,43	18,21	21,63
Nesreće	Pomorski + Zeljeznički	3,37	5,06	4,83	5,16	3,78	7,17
	Pomorski + Cestovni	5,37	6,23	5,92	6,19	6,42	7,17
	Prosjek	4,37	5,64	5,37	5,67	5,10	7,17
Zagušenje	Pomorski + Zeljeznički	2,05	2,39	2,30	2,45	2,29	44,04
	Pomorski + Cestovni	32,98	38,25	36,37	37,98	39,43	44,04
	Prosjek	17,51	20,32	19,34	20,21	20,86	44,04

Izvor: Doktorand

7.4.2.2. Definiranje vrijednosti kriterija za model 2 luke

Prilikom definiranja vrijednosti kriterija za model dvije luke povodilo se sljedećim činjenicama. Razvoj promatranog definiranog modela usmjeren je podjednako prema kontejnerskom i Ro-Ro sustavu prijevoza dviju morskih luka, Rijeka i Ploče, koje nastupaju i osiguravaju infrastrukturu prema sljedećim gravitirajućim tržištima:

- Luka Rijeka prema tržištima; Zagreb, Budimpešta i Beograd,
- Luka Ploče prema tržištima; Beograd i Sarajevo.

Temeljem toga proračunate su prosječne vrijednosti štetnih emisija ispušnih plinova prema definiranim pripadajućim gravitacijskim tržištima. U tablici 29 prikazan je izračun prosječnih vrijednosti ekoloških i socio-ekonomskih troškova prijevoza, koje će se u nastavku koristiti za postupak viškriterijske optimizacije Promethe software-om.

Tablica 29: Izračun vrijednosti kriterija eksternih troškova za model dvije luke

LUKA		Rijeka, Prosjek ZG, BU, BG				Ploče, Prosjek BG, SA.		
Kriterij	Kombinacija prijevoznog sustava	Zagreb	Budimpešta	Beograd	Ukupno prosjek	Beograd	Sarajevo	Ukupno prosjek
Zagađenje zraka	Pomorski + Zeljeznički	47,66	54,77	55,93	52,79	39,65	31,09	35,37
	Pomorski + Cestovni	71,08	130,19	138,41	113,23	105,40	60,82	83,11
	Prosjek	59,37	92,48	97,17	83,01	72,53	45,96	59,24
Klimatske promjene	Pomorski + Zeljeznički	11,72	22,09	23,79	19,20	21,34	8,85	15,10
	Pomorski + Cestovni	18,23	45,24	49,00	37,49	39,16	18,80	28,98
	Prosjek	14,98	33,67	36,40	28,35	30,25	13,83	22,04
Buka	Pomorski + Zeljeznički	6,22	16,80	18,53	13,85	18,15	5,40	11,78
	Pomorski + Cestovni	6,21	19,50	21,35	15,69	17,53	7,50	12,52
	Prosjek	6,22	18,15	19,94	14,77	17,84	6,45	12,15
Nesreće	Pomorski + Zeljeznički	1,38	3,72	4,10	3,07	4,02	1,20	2,61
	Pomorski + Cestovni	2,06	6,47	7,08	5,20	5,81	2,49	4,15
	Prosjek	1,72	5,10	5,59	4,14	4,92	1,85	3,38
Zagušenje	Pomorski + Zeljeznički	0,83	2,26	2,49	1,86	2,44	0,72	1,58
	Pomorski + Cestovni	12,64	39,71	43,48	31,94	35,69	15,28	25,49
	Prosjek	6,74	20,99	22,99	16,90	19,07	8,00	13,53

Izvor: Doktorand

7.4.2.3. Definiranje vrijednosti kriterija za model tri luke

Prilikom definiranja vrijednosti kriterija za model 3 luke povodilo se sljedećim činjenicama. Razvoj promatranog definiranog modela usmjeren je prema kontejnerskom i Ro-Ro sustavu prijevoza triju morskih luka, Rijeka, Zadar i Ploče, koje nastupaju i osiguravaju infrastrukturu prema sljedećim gravitirajućim tržištima:

- Luka Rijeka prema tržištima; Zagreb, Budimpešta i Beograd,
- Luka Rijeka prema tržištima; Zagreb, Budimpešta i Beograd,
- Luka Ploče prema tržištima; Beograd i Sarajevo.

Sukladno definiranim pripadajućim gravitacijskim tržištima pojedine luke nužno je i definirati i smjer njihova daljnjeg razvoja. Tako je u modelu 3 luke zamišljeno da se daljnji razvoj odnosno implementacija sustava morskih autocesta usmjeri na sljedeći način. Razvoj Luke Rijeka usmjeren je prema kontejnerskom i željezničkom sustavu prijevoza, Luke Zadar prema Ro-Ro odnosno cestovnom sustavu prijevoza te Luke Ploče podjednako i prema željezničkom i cestovnom sustavu prijevoza koristeći kontejnerski i Ro-Ro sustav. Temeljem toga proračunate su prosječne vrijednosti štetnih emisija ispušnih plinova prema definiranim pripadajućim gravitacijskim tržištima i vrstama prijevoza. U tablici 30. prikazan je izračun prosječnih vrijednosti ekoloških i socio-ekonomskih troškova prijevoza, koje će se u nastavku koristiti za postupak viškriterijske optimizacije Promethe software-om.

Tablica 30: Izračun vrijednosti kriterija eksternih troškova za model tri luke

LUKA		Rijeka, Prosjek ZG, BU, BG				Zadar, Prosjek ZG, BU, BG				Ploče, Prosjek BG, SA.		
Kriterij	Kombinacija prijevoznog sustava	ZG	BU	BG	Ukupno prosjek	ZG	BU	BG	Ukupno prosjek	BG	SA	Ukupno prosjek
Zagađenje zraka	Pomorski + Željeznički	47,66	54,77	55,93	52,79	0,00	0,00	0,00	0,00	39,65	31,09	35,37
	Pomorski + Cestovni	0,00	0,00	0,00	0,00	87,51	146,62	154,84	129,66	105,40	60,82	83,11
	Prosjek	47,66	54,77	55,93	52,79	87,51	146,62	154,84	129,66	72,53	45,96	59,24
Klimatske promjene	Pomorski + Željeznički	11,72	22,09	23,79	19,20	0,00	0,00	0,00	0,00	21,34	8,85	15,10
	Pomorski + Cestovni	0,00	0,00	0,00	0,00	27,24	54,25	58,01	46,50	39,16	18,80	28,98
	Prosjek	11,72	22,09	23,79	19,20	27,24	54,25	58,01	46,50	30,25	13,83	22,04
Buka	Pomorski + Željeznički	6,22	16,80	18,53	13,85	0,00	0,00	0,00	0,00	18,15	5,40	11,78
	Pomorski + Cestovni	0,00	0,00	0,00	0,00	10,93	24,23	26,08	20,41	17,53	7,50	12,52
	Prosjek	6,22	16,80	18,53	13,85	10,93	24,23	26,08	20,41	17,84	6,45	12,15
Nesreće	Pomorski + Željeznički	1,38	3,72	4,10	3,07	0,00	0,00	0,00	0,00	4,02	1,20	2,61
	Pomorski + Cestovni	0,00	0,00	0,00	0,00	3,63	8,03	8,65	6,77	5,81	2,49	4,15
	Prosjek	1,38	3,72	4,10	3,07	3,63	8,03	8,65	6,77	4,92	1,85	3,38
Zagušenje	Pomorski + Željeznički	0,83	2,26	2,49	1,86	1,50	2,92	2,75	2,39	2,44	0,72	1,58
	Pomorski + Cestovni	0,00	0,00	0,00	0,00	22,26	49,34	53,10	41,57	35,69	15,28	25,49
	Prosjek	0,83	2,26	2,49	1,86	23,76	52,26	55,85	43,96	19,07	8,00	13,53

Izvor: Doktorand

7.4.2.4. Vrednovanje scenarija prema definiranim vrijednostima

Grupa potkriterija eksternih troškova prijevoznih sustava odnosi se na proračun i analizu definiranih ekoloških i socio-ekonomskih troškova prijevoza.

Podkriteriji koji se razmatraju su sljedeći:

- Ekološki troškovi zagađenja zraka,
- Ekološki troškovi klimatskih promjena,
- Ekološki troškovi uzrokovani bukom,
- Socio-ekonomski troškovi prometnih nesreća,
- Socio-ekonomski troškovi zagušenja.

U tablici 31. prikazan je pregled vrednovanja potkriterija unutar grupe eksternih troškova prijevoza za svih pet promatranih modela lučkih sustava.

Tablica 31: Vrednovanje potkriterija unutar grupe eksternih troškova prijevoza

Model luka	Grupacija luka		POTKRITERIJI (eksterni troškovi prijevoza)				
			Zagađenje zraka	Klimatske promjene	Buka	Nesreće	Zagušenja
1. SL	Slobodne luke	Rijeka	84,60	29,54	15,71	4,37	17,51
		Zadar	109,89	33,95	19,27	5,64	20,32
		Šibenik	97,13	31,51	18,42	5,37	19,34
		Split	98,05	32,48	19,43	5,67	20,21
		Ploče	76,23	31,58	18,21	5,10	20,86
		Dubrovnik	113,88	46,22	21,63	7,17	44,04
	Model sveukupno		96,63	34,21	18,78	5,55	23,71
2. NGL	Riječka luka kao zasebna cjelina	Rijeka (Ukupno)	84,60	29,54	15,71	4,37	17,51
	Srednjo-dalmatinske luke	Zadar	109,89	33,95	19,27	5,64	20,32
		Šibenik	97,13	31,51	18,42	5,37	19,34
		Split	98,05	32,48	19,43	5,67	20,21
		Ukupno	101,69	32,65	19,04	5,56	19,96
	Južno-dalmatinske luke	Ploče	76,23	31,58	18,21	5,10	20,86
		Dubrovnik	113,88	46,22	21,63	7,17	44,04
		Ukupno	95,06	38,90	19,92	6,14	32,45
	Model sveukupno		93,78	33,70	18,22	5,36	23,31
3. 1L	Nacionalno prioritetizirana luka	Rijeka	84,60	29,54	15,71	4,37	17,51

	Model sveukupno		84,60	29,54	15,71	4,37	17,51
4. 2L	Prioretizacija razvoja dviju luka	Rijeka	83,01	28,35	14,77	4,14	16,90
		Ploče	59,24	22,04	12,15	3,38	13,53
	Model sveukupno		71,13	25,20	13,46	3,76	15,22
5. 3L	Prioretizacija razvoja triju luka	Rijeka	52,79	19,20	13,85	3,07	1,86
		Zadar	129,66	46,50	20,41	6,77	43,96
		Ploče	59,24	22,04	12,15	3,38	13,53
	Model sveukupno		80,56	29,25	15,47	4,41	19,78

Izvor: Doktorand

7.4.3. Vrednovanje scenarija prema kriteriju postojećih infrastrukturnih kapaciteta

S obzirom na to da se kriterij postojećih infrastrukturnih kapaciteta sastoji od većeg broja potkriterija, svaki od njih je vrednovan unutar svoje grupe u sljedećim tematskim jedinicama: (1) Vrednovanje potkriterija unutar grupe kriterija lučke efikasnosti, (2) Vrednovanje potkriterija unutar grupe pristupačnosti luke i (3) Vrednovanje potkriterija unutar grupe sigurnosti prijevoznih sustava. Svi definirani podkriteriji unutar grupe postojećih infrastrukturnih kapaciteta su u izravnoj funkciji zaštite okoliša. Naime, identifikacijom i optimizacijom postojećih infrastrukturnih kapaciteta uvelike se doprinosi minimizaciji i optimizaciji novih infrastrukturnih investicija koje vrše novi štetan pritisak po okoliš. Također, spomenute investicije osim negativnih učinaka po okoliš, iznimno negativan utjecaj imaju i na gospodarstvo i ekonomiju određene zemlje, pošto se radi o iznimno visokim kapitalnim ulaganjima, posebice ako se financiraju iz državnog proračuna uz kreditno zaduživanje države.

7.4.3.1. Vrednovanje potkriterija unutar grupe kriterija lučke efikasnosti

Kako što je u prethodnim analizama opisano, radi jasnijeg snalaženja i opisa, kriteriji su grupirani u smislene grupe potkriterija. Grupa potkriterija lučke efikasnosti odnosi se na postojeće infrastrukturne kapacitete morskih luka. U ovome slučaju to je kapacitet željezničke i cestovne infrastrukture te kapacitet određenih terminala pojedine luke, dok su unutarnja plovidba i zračni prijevoz isključeni. Elementi koji određuju infrastrukturne kapacitete potrebne za implementaciju sustava morskih autocesta prema promatranom kriteriju su sljedeći:

- Kapacitet željezničke infrastrukture,
- Kapacitet cestovne infrastrukture,
- Kapacitet skladišnog prostora TEU,
- Kapacitet parkirališnog prostora,
- Lučka oprema za manipulaciju kontejnerima,
- Lučka Ro-Ro oprema.

Tablica 32: Vrednovanje potkriterija unutar grupe lučka efikasnost

Model luka	Grupacija luka		LUČKA EFIKASNOST - potkriteriji					
			Kapacitet željezničke infrastrukture	Kapacitet cestovne infrastrukture	Kapacitet skladišnog prostora [TEU]	Kapacitet parkirališnog prostora (vozila)	Lučka oprema za manipulaciju kontejnerima	Lučka Ro-Ro oprema
1. SL	Slobodne luke	Rijeka	6	10	9.100	3	9	5
		Zadar	1	10	0	8	0	9
		Šibenik	3	2	0	4	0	0
		Split	3	2	800	5	3	6
		Ploče	3	6	1.408	8	7	5
		Dubrovnik	0	1	0	3	0	8
	MODEL SVEUKUPNO		2,67	5,17	1.884,67	5,17	3,17	5,50
2. NGL	Riječka luka kao zasebna cjelina	Rijeka (Ukupno)	6	10	9.100	3	9	5
	Srednjo-dalmatinske luke	Zadar	1	10	0	8	0	9
		Šibenik	3	2	0	4	0	0
		Split	3	2	800	5	3	6
		Ukupno	2,33	4,67	266,67	5,67	1,00	5,00
	Južno-dalmatinske luke	Ploče	3	6	1.408	8	7	5
		Dubrovnik	0	1	0	3	0	8
		Ukupno	2,83	5,58	1.646,33	6,58	5,08	5,25
	MODEL SVEUKUPNO		3,72	6,75	3.671,00	5,08	5,03	5,08
3. 1L	Nacionalno	Rijeka	6	10	9.100	3	9	5

	prioretizirana luka							
	MODEL SVEUKUPNO		6	10	9.100	3	9	5
4. 2L	Prioretizacija razvoja dviju luka	Rijeka	6	10	9.100	3	9	5
		Ploče	3	6	1.408	8	7	5
	MODEL SVEUKUPNO		4,50	8,00	5.254,00	5,50	8,00	5,00
5. 3L	Prioretizacija razvoja triju luka	Rijeka	6	10	9.100	3	9	5
		Zadar	1	10	0	8	0	9
		Ploče	3	6	1.408	8	7	5
	MODEL SVEUKUPNO		3,33	8,67	3.502,67	6,33	5,33	6,33

Izvor: Doktorand

Pri vrednovanju potkriterija unutar grupe kriterija lučke efikasnosti nije bilo moguće koristiti stvarne vrijednosti već se koristila metoda ponderiranja jer, s obzirom na karakteristike, nije moguće kvantificiranje svakog od elemenata osim elementa kapaciteta TEU koji se može izraziti u maksimalnom jednokratnom prihvatu TEU jedinica. Primjerice, lučka oprema za manipulaciju kontejnerima i vozilima sastoji se od mnogobrojnih elemenata koje je nemoguće sve prikazati pojedinačno. Kapacitet željezničke i cestovne mreže mora biti maksimalno sinkroniziran s ostalim operacijama u luci kako bi se minimaliziralo eventualno čekanje na ukrcaj ili iskrcaj, bilo da se radi o brodu, kamionu ili vagonu. Procijeniti taj element gotovo je nemoguće jer na njega utječe izrazito velik broj čimbenika. Za neke od potkriterija, poput primjerice parkirališnog prostora za vozila, moguće je učiniti kvantificiranje, ali bi taj podatak bio varljiv s obzirom da ne očituje stanje prostora ili opreme.

Stoga se je za vrednovanje spomenutih potkriterija izvršilo ponderiranje temeljem detaljne analize postojećih infrastrukturnih kapaciteta promatranih luka te njihove učinkovitosti i postojećih sustava prijevoza, mnogih razgovora sa odgovornim djelatnicima Lučkih uprava te osobnog iskustva kroz provođenje projekata razvoja, promocije i informatizacije intermodalnog sustava prijevoza u Republici Hrvatskoj i Europi. Svi podaci odnose se na trenutno postojeće stanje i ne uključuju daljnje planove razvoja i novih investicija. Pri dodjeljivanju ocjene, korištena je skala od 1 do 10 gdje je 10 besprijekorna infrastruktura.

7.4.3.2. Vrednovanje potkriterija unutar grupe pristupačnosti luke

Grupa potkriterija pristupačnosti luke odnosi se na spoj luke s infrastrukturom ostalih načina prijevoza. U ovome slučaju to je željeznica i mreža autoputova, dok su unutarnja plovidba i zračni prijevoz isključeni. Elementi koji određuju idealnu povezanost morske luke sa zaleđem su sljedeći:

- Direktan spoj s željezničkom infrastrukturom,
- Direktan spoj na mrežu autocesta,
- Dubina mora na kontejnerskom terminalu – gaz [m],
- Dubina mora na Ro-Ro terminalu – gaz [m],
- Dužina operativne obale kontejnerskog terminala [m],
- Dužina operativne obale Ro-Ro terminala [m],

- Sigurnost boravka broda u luci.

Definirani podkriteriji unutar grupe pristupačnosti luke u izravnoj su funkciji zaštite okoliša. Primjerice, postojanje direktanih spojeva sa željezničkom i cestovnom infrastrukturom direktno se odražava na smanjenje onečišćenje zraka na urbanim i gusto naseljenim područjima gdje i najmanje zagađenje ima iznimno štetne posljedice po ljudsko zdravlje. Također, odražava se i na smanjuju ekološke troškove zagađenja zraka, klimatskih promjena te buke, kao i socio-ekonomskih, troškove prometnih nesreća i zagušenja. Dubina more te dužina terminala direktno utječu na minimizaciju novih investicija, posebice ako se uzme u obzir da se radi o iznimno visokim, složenim i vremenski dugim kapitalnim ulaganjima. Naime, produbljivanje obale i izgradnja morskih terminala predstavlja iznimno složeni građevinski projekt.

Tablica 33: Vrednovanje potkriterija unutar grupe pristupačnost luke

Model luka	Grupacija luka		PRISTUPAČNOST LUKE - potkriteriji						
			Direktan spoj s željezničkom infrastrukturom	Direktan spoj na mrežu autocesta	Dubina mora na kontejnerskom terminalu [m]	Dubina mora na Ro-Ro terminalu [m]	Dužina operativne obale kontejnerskog terminala [m]	Dužina operativne obale Ro-Ro terminala [m]	Sigurnost boravka broda u luci
1. SL	Slobodne luke	Rijeka	10	10	13,8	10,0	328	164	8
		Zadar	2	10	0	13,0	0	375	10
		Šibenik	6	4	0	0	0	0	9
		Split	6	4	10,2	7,2	198	198	9
		Ploče	6	7	14,0	14,0	280	280	10
		Dubrovnik	0	2	0	11,0	0	900	7
	MODEL SVEUKUPNO		5,00	6,17	6,33	9,20	134,33	319,50	8,83
2. NGL	Riječka luka kao zasebna cjelina	Rijeka (Ukupno)	10	10	13,8	10,0	328	164	8
	Srednjo-dalmatinske luke	Zadar	2	10	0	13,0	0	375	10
		Šibenik	6	4	0	0	0	0	9
		Split	6	4	10,2	7,2	198	198	9
		Ukupno	4,67	6,00	3,40	6,73	66,00	191,00	9,33
	Južno-dalmatinske luke	Ploče	6	7	14,0	14,0	280	280	10
		Dubrovnik	0	2	0	11,0	0	900	7
		Ukupno	3,00	4,50	7,00	12,50	140,00	590,00	8,50

	MODEL SVEUKUPNO		5,89	6,83	8,07	9,74	178,00	315,00	8,61
3. 1L	Nacionalno prioretizirana luka	Rijeka	10	10	13,8	10,0	328	164	8
	MODEL SVEUKUPNO		10	10	13,8	10	328	164	8
4. 2L	Prioretizacija razvoja dviju luka	Rijeka	10	10	13,8	10,0	328	164	8
		Ploče	6	7	14,0	14,0	280	280	10
	MODEL SVEUKUPNO		8,00	8,50	13,90	12,00	304,00	222,00	9,00
5. 3L	Prioretizacija razvoja triju luka	Rijeka	10	10	13,8	10,0	328	164	8
		Zadar	2	10	0	13,0	0	375	10
		Ploče	6	7	14,0	14,0	280	280	10
	MODEL SVEUKUPNO		6,00	9,00	9,27	12,33	202,67	273,00	9,33

Izvor: Doktorand

Dubina mora te dužina mora element je kojeg je moguće točno kvantificirati. Na kontejnerskom terminalu u luci Rijeka iznosi 11,6 metara i omogućuje prihvat brodova Panamax generacije. To je dubina koja omogućava konkurentski odnos s lukama u okruženju. S druge strane dubina mora na kontejnerskom terminalu u luci Ploče iznosi 13,8 metara, no zbog slabe lučke prekrcajne mehanizacije nije u stanju odgovarajuće prihvatiti i brzo odraditi prekrcaj tereta na brodovima većih dimenzija. Ostale luke imaju ograničenja, bilo da se radi o dubini ili dužini terminala. Izuzetak je luka Zadar u smislu razvoja Ro-Ro sustava prijevoza koja na prostoru Gaženice gdje je izgrađen novi putnički Ro-Ro terminal ima dubinu 13 metara, te najveću dužinu terminala od 400 m.

Za vrednovanje ostalih potkriterija unutar grupe potkriterija lučke dostupnosti korištena je metoda ponderiranja jer, s obzirom na karakteristike, nije moguće kvantificiranje svakog od elemenata. Primjerice, udaljenost od ulaza u luku do mreže autocesta ili željezničke mreže mogla bi se izraziti u metrima, no to bi bio varljivi podatak jer nije moguće opisati u kojem je infrastrukturnom stanju spomenuti prometni spoj. Moguće da je kraća dionica u naravi puno lošijeg stanja nego neka duža koja je vrlo dobre propusne moći. Dakle, jedino je moguće obaviti ponderiranje. Jednako je i sa maritimnim uvjetima u luci koji ovise o godišnjim prosjecima zatvaranja luke ili nemogućnosti priveza brodova zbog loših vremenskih uvjeta; vjetar, valovi i sl. Ponderiranje je izvršeno na temelju analize svih promatranih luka, njihove učinkovitosti i postojeće infrastrukture, mnogih razgovora s odgovornim djelatnicima Lučkih uprava te osobnog iskustva kroz provođenje projekata razvoja i promocije i informatizacije intermodalnog sustava prijevoza u Republici Hrvatskoj. Svi podaci odnose se na trenutno postojeće stanje i ne uključuju daljnje planove razvoja i novih investicija. Pri dodjeljivanju ocjene, korištena je skala od 1 do 10 gdje je 10 besprijekorna infrastruktura. Pri dodjeljivanju ocjene, korištena je skala od 1 do 10 gdje je 10 besprijekorna infrastruktura.

7.4.3.3. Vrednovanje potkriterija unutar grupe sigurnosti prijevoznih sustava

Grupa potkriterija sigurnosti prometnog sustava odnosi se na postojeći stupanj sigurnosti pojedinog prometnog sustava u funkciji zaštite okoliša i ostalih štetnih događaja. U ovome slučaju to se odnosi pomorski, željeznički i cestovni sustav prijevoza, dok su unutarnja plovidba i zračni prijevoz isključeni.

Unutar ove grupe potkriteriji su:

- Sigurnost na željezničkoj infrastrukturi,
- Sigurnost na cestovnoj infrastrukturi,
- Sigurnost na maritimnom putu prilaza luci,
- Održavanost željezničke infrastrukture,
- Održavanost cestovne infrastrukture,
- Označenost i održavanje plovnih putova,
- Sigurnost rada u luci (policija, lučka kapetanija, carina, itd.).

Tablica 34: Vrednovanje potkriterija unutar grupe sigurnost prometnog sustava

MODEL LUČKOG SUSTAVA		SIGURNOST - potkriteriji						
		Sigurnost na željezničkoj infrastrukturi	Sigurnost na cestovnoj infrastrukturi	Sigurnost na maritimnom putu prilaza luci	Održavanost željezničke infrastrukture	Održavanost cestovne infrastrukture	Označenost i održavanje plovnih putova	Sigurnost rada u luci
Slobodne luke	Rijeka	8	8	10	8	9	10	10
	Zadar	4	8	7	3	9	10	7
	Šibenik	4	4	2	5	7	10	7
	Split	4	4	5	5	7	10	8
	Ploče	4	7	8	5	8	10	8
	Dubrovnik	0	2	7	0	2	10	7
MODEL SVEUKUPNO		4,00	5,50	6,50	4,33	7,00	10,00	7,83
Riječka luka kao zasebna cjelina	Rijeka (Ukupno)	8	8	10	8	9	10	10
Srednjo-dalmatinske luke	Zadar	4	8	7	3	9	10	7
	Šibenik	4	4	2	5	7	10	7
	Split	4	4	5	5	7	10	8
	Ukupno	4,00	5,33	4,67	4,33	7,67	10,00	7,33
Južno-dalmatinske luke	Ploče	4	7	8	5	8	10	8
	Dubrovnik	0	2	7	0	2	10	7

	Ukupno	4,00	6,25	7,25	4,67	7,50	10,00	7,92
MODEL SVEUKUPNO		5,33	6,53	7,31	5,67	8,06	10,00	8,42
Nacionalno prioritetizirana luka	Rijeka	8	8	10	8	9	10	10
MODEL SVEUKUPNO		8,00	8,00	10,00	8,00	9,00	10,00	10,00
Prioritetizacija razvoja dviju luka	Rijeka	8	8	10	8	9	10	10
	Ploče	4	7	8	5	8	10	8
MODEL SVEUKUPNO		6,00	7,50	9,00	6,50	8,50	10,00	9,00
Prioritetizacija razvoja triju luka	Rijeka	8	8	10	8	9	10	10
	Zadar	4	8	7	3	9	10	7
	Ploče	4	7	8	5	8	10	8
MODEL SVEUKUPNO		5,33	7,67	8,33	5,33	8,67	10,00	8,33

Izvor: doktorand

Za vrednovanje potkriterija unutar grupe potkriterija sigurnost prometnog sustava korištena je metoda ponderiranja jer, s obzirom na njihove karakteristike, nije moguće kvantificiranje svakog od elemenata. Pri dodjeljivanju ocjene, korištena je skala od 1 do 10 gdje je 10 besprijeckorna infrastruktura.

7.4.4. Pregled vrednovanja scenarija prema kriterijima

Iz objektivnih razloga nemogućnosti kvantificiranja vrijednosti potkriterija, određena vrednovanja u pogledu kriterija postojećih infrastrukturnih kapaciteta učinjena je metodom ponderiranja. To u svakom slučaju ne šteti kvaliteti rezultata postupka višekriterijskog odlučivanja, jer jednako kao i kvantificirani, ovako vrednovani potkriteriji jasno omogućuju usporedbu scenarija. Pregled vrednovanja prema kriterijima odnosno potkriterijima u odnosu na pojedini model lučkog sustava koji će se u nastavku koristiti za postupak višekriterijskog odlučivanja prikazan je u tablici 35.

Tablica 35: Pregled vrednovanja prema kriterijima i potkriterijima

Kriterij	Potkriterij	Jedinica mjere	Model lučkog sustava				
			SL	NGL	1L	2L	3L
Emisije ispušnih plinova	Potrošnja energije	broj	8.910,63	8.821,81	7.743,50	6.687,87	7.786,14
	CO ₂ – ugljični dioksidi	broj	0,625	0,617	0,532	0,460	0,538
	NMHC – nemetanski ugljikovodici	broj	0,362	0,350	0,311	0,264	0,301
	PM 10 – čestice, čađa	broj	0,165	0,164	0,175	0,145	0,157
	CO – Ugljični monoksid	broj	0,601	0,594	0,513	0,444	0,517
	NO _x – Dušični oksid	broj	3,893	3,865	4,028	3,331	3,637
	SO _x – Sumporni oksid	broj	1,220	1,221	1,255	1,048	1,162
Eksterni troškovi prijevoza	Zagađenje zraka	broj	96,63	93,78	84,60	71,13	80,56
	Klimatske promjene	broj	34,21	33,70	29,54	25,20	29,25
	Buka	broj	18,78	18,22	15,71	13,46	15,47
	Nesreće	broj	5,55	5,36	4,37	3,76	4,41

		Zagušenja	broj	23,71	23,31	17,51	15,22	19,78
Postojeći infrastrukturni kapaciteti	Lučka efikasnost	Kapacitet željezničke infrastrukture	ocjena	2,67	3,72	6,00	4,50	3,33
		Kapacitet cestovne infrastrukture	ocjena	5,17	6,75	10,00	8,00	8,67
		Kapacitet skladišnog prostora TEU	ocjena	1.884,67	3.671,00	9.100,00	5.254,00	3.502,67
		Kapacitet parkirališnog prostora	ocjena	5,17	5,08	3,00	5,50	6,33
		Lučka oprema za manipulaciju kontejnerima	ocjena	3,17	5,03	9,00	8,00	5,33
		Lučka Ro-Ro oprema	ocjena	5,50	5,08	5,00	5,00	6,33
	Pristupačnost luke	Direktan spoj s željezničkom infrastrukturom	ocjena	5,00	5,89	10,00	8,00	6,00
		Direktan spoj na mrežu autoputova	ocjena	6,17	6,83	10,00	8,50	9,00
		Dubina mora na kontejnerskom terminalu – gaz [m]	broj	6,33	8,07	13,8	13,90	9,27
		Dubina mora na Ro-Ro terminalu – gaz [m]	broj	9,20	9,74	10,00	12,00	12,33
		Dužina operative obale kontejnerskog terminala [m]	broj	134,33	178,00	328,00	304,00	202,67
		Dužina operative obale Ro-Ro terminala [m]	broj	319,50	315,00	164,00	222,00	273,00
		Sigurnost boravka broda u luci	ocjena	8,83	8,61	8,00	9,00	9,33

	Sigurnost prijevoznih sustava	Sigurnost na željezničkoj infrastrukturi	ocjena	4,00	5,33	8,00	6,00	5,33
		Sigurnost na cestovnoj infrastrukturi	ocjena	5,50	6,53	8,00	7,50	7,67
		Sigurnost na maritimnom putu prilaza luci	ocjena	6,50	7,31	10,00	9,00	8,33
		Održavanost željezničke infrastrukture	ocjena	4,33	5,67	8,00	6,50	5,33
		Održavanost cestovne infrastrukture	ocjena	7,00	8,06	9,00	8,50	8,67
		Označenost i održavanje plovni putova	ocjena	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
		Sigurnost rada u luci	ocjena	7,83	8,42	10,00	9,00	8,33

Izvor: Doktorand

7.5. PRIMJENA VIŠEKRITERIJSKOG ODLUČIVANJA NA IMPLEMENTACIJU EKOLOŠKI ODRŽIVOG SUSTAVA MORSKIH AUTOCESTA

Kod usporedbe scenarija postupkom višekriterijskog odlučivanja, nužno je odrediti težinu svakog od kriterija u odnosu na ostale kriterije. Na taj se način omogućuje analiza scenarija iz više kutova gledišta, odnosno omogućuje se promjenom težine (važnosti) pojedinih kriterija i potkriterija aktivno promatrati, analizirati i tražiti optimalni scenarij, ovisno o željama i mogućnostima donositelja odluke.

Pri analizi i traženju optimalnog rješenja za implementaciju održivog sustava morskih autocesta u funkciji zaštite i očuvanja okoliša nije moguće koristiti prethodna istraživanja i definirane težine kriterija jer oni u svjetskoj literaturi ne postoje. Stoga je potrebno definirati razine težine i odnose među kriterijima i potkriterijima. U tom slučaju, kriterij Emisije štetnih ispušnih plinova odnosi se na ukupnu količinu ispušenih štetnih plinova u atmosferu, kriterij Eksternih troškova prijevoza odnosi se na ukupnu iznos ekoloških i socio-ekonomskih troškova uzrokovanih prijevozom, te kriterij Postojećih infrastrukturnih kapaciteta koji se odnosi na identifikaciju postojećih kapaciteta te njihove optimizacije. Ovisno o tome koji se pristup odabere, ovise i težine kriterija i potkriterija, a posljedično i rezultat višekriterijskog odlučivanja.

Imajući u vidu dosadašnje zaključke istraživanja, identificirani scenariji će se analizirati kroz nekoliko različitih razina i kombinacija težina kriterija i potkriterija. Rangiranje je provedeno uključujući:

- samo kriterije Emisije štetnih ispušnih plinova (1),
- samo kriterije Ekoloških i Socio-ekonomskih troškova prijevoza (2),
- samo kriterije Postojećih infrastrukturnih kapaciteta (3),
- istodobne utjecaje kriterija Emisije štetnih ispušnih plinova i Ekoloških i Socio-ekonomskih troškova prijevoza (4),
- istodobne utjecaje kriterija Emisije štetnih ispušnih plinova i Postojećih infrastrukturnih kapaciteta (5),
- istodobne utjecaje kriterija Ekoloških i Socio-ekonomskih troškova prijevoza i Postojećih infrastrukturnih kapaciteta (6),
- istodobne utjecaje kriterija Emisije štetnih ispušnih plinova, Ekoloških i Socio-ekonomskih troškova prijevoza i Postojećih infrastrukturnih kapaciteta (7).

Težine kriterija kojima će se vrednovati važnost što se uzima u obzir kod postupka višekriterijskog vrednovanja scenarija, prikazani su u tablici 36.

Tablica 36: Težine kriterija

Značenje kriterija u kombinaciji	Težine kriterija
Kriterij se ne uzima u obzir	0
Mala težina kriterija	1
Srednja težina kriterija	2
Velika težina kriterija	3

Izvor: Doktorand

Kriteriju koji se neće uzimati u obzir prilikom vrednovanja postupkom višekriterijske analize dodijelit će se vrijednost 0, dok će se ostalima dodijeliti vrijednost od 1 do 3 ovisno o njegovoj težini. U tablici 37. prikazane su kombinacije težina kriterija za višekriterijsko odlučivanje uključujući navedeno ranigarnje prema rednom broju u zagradi na kraju definiranih kombinacija kriterija.

Tablica 37: Pregled vrijednosti težina pojedinih podkriterija

KRITERIJ	POTKRITERIJ	Težina kriterija (0-3)						
		1	2	3	4	5	6	7
Emisije ispušnih plinova	Potrošnja energije	3	0	0	3	3	0	3
	CO ₂ – ugljični dioksidi	3	0	0	3	3	0	3
	NMHC – nemetanski ugljikovodici	3	0	0	3	3	0	3
	PM 10 – čestice, čađa	3	0	0	3	3	0	3
	CO – Ugljični monoksid	3	0	0	3	3	0	3
	NO _x – Dušični oksid	3	0	0	3	3	0	3

		SOx – Sumporni oksid	3	0	0	3	3	0	3
Eksterni troškovi prijevoza		Zagađenje zraka	0	3	0	3	0	3	3
		Klimatske promjene	0	3	0	3	0	3	3
		Buka	0	3	0	3	0	3	3
		Nesreće	0	3	0	3	0	3	3
		Zagušenja	0	3	0	3	0	3	3
Postojeći infrastrukturni kapaciteti	Lučka efikasnost	Kapacitet željezničke infrastrukture	0	0	3	0	3	3	3
		Kapacitet cestovne infrastrukture	0	0	3	0	3	3	3
		Kapacitet skladišnog prostora TEU	0	0	3	0	3	3	3
		Kapacitet parkirališnog prostora	0	0	3	0	3	3	3
		Lučka oprema za manipulaciju kontejnerima	0	0	3	0	3	3	3
		Lučka Ro-Ro oprema	0	0	3	0	3	3	3
	Pristupačnost luke	Direktan spoj s željezničkom infrastrukturom	0	0	3	0	3	3	3
		Direktan spoj na mrežu autocesta	0	0	3	0	3	3	3
		Dubina mora na kontejnerskom terminalu – gaz [m]	0	0	3	0	3	3	3
		Dubina mora na Ro-Ro terminalu – gaz [m]	0	0	3	0	3	3	3

		Dužina operative obale kontejnerskog terminala [m]	0	0	3	0	3	3	3
		Dužina operative obale Ro-Ro terminala [m]	0	0	3	0	3	3	3
		Sigurnost boravka broda u luci	0	0	3	0	3	3	3
	Sigurnost prijevoznih sustava	Sigurnost na željezničkoj infrastrukturi	0	0	3	0	3	3	3
		Sigurnost na cestovnoj infrastrukturi	0	0	3	0	3	3	3
		Sigurnost na maritimnom putu prilaza luci	0	0	3	0	3	3	3
		Održavanost željezničke infrastrukture	0	0	3	0	3	3	3
		Održavanost cestovne infrastrukture	0	0	3	0	3	3	3
		Označenost i održavanje plovnih putova	0	0	3	0	3	3	3
		Sigurnost rada u luci	0	0	3	0	3	3	3

Izvor: Doktorand

Računalni program Visual PROMETHEE (verzija 1.3.1.0. – academic edition) za provođenje postupka višekriterijskog odlučivanja PROMETHEE metodom zahtjeva unošenje:

1. Podatke o scenarijima:

- broj, oznaku i naziv scenarija (modela) implementacije održivog sustava morskih autocesta, kao što je navedeno u tablici 35.

2. Podatke o kriterijima:

- nazive potkriterija te njihove jedinice mjere i vrijednosti, kao što je navedeno u tablici 37,
- težinu kriterija za rangiranje scenarija prema kriteriju Emisija štetnih ispušnih plinova, kao što je navedeno u tablici 37,

- težinu kriterija za rangiranje scenarija prema kriteriju Eksternih troškova prijevoza, kao što je navedeno u tablici 37,
- težinu kriterija za rangiranje scenarija prema kriteriju Postojećih infrastrukturnih kapaciteta, kao što je navedeno u tablici 37,
- težinu kriterija za rangiranje scenarija prema istodobnom utjecaju kriterija Emisije štetnih ispušnih plinova i Ekoloških i Socio-ekonomskih troškova prijevoza, kao što je navedeno u tablici 37,
- težinu kriterija za rangiranje scenarija prema istodobnom utjecaju kriterija Emisije štetnih ispušnih plinova i Postojećih infrastrukturnih kapaciteta, kao što je navedeno u tablici 37,
- težinu kriterija za rangiranje scenarija prema istodobnom utjecaju kriterija Eksternih troškova (Ekoloških i Socio-ekonomskih) troškova prijevoza i Postojećih infrastrukturnih kapaciteta, kao što je navedeno u tablici 37,
- težinu kriterija za rangiranje scenarija Prema istodobnom utjecaju kriterija Emisije štetnih ispušnih plinova, Eksternih troškova prijevoza i Postojećih infrastrukturnih kapaciteta. kao što je navedeno u tablici 37.

3. Podatke o rangiranju pojedinog scenarija (koje su kombinacije uključene).

Nakon unesenih ulaznih podataka, računalni program je izradio rangiranje scenarija, ovisno o zadanim utjecajima samih kriterija ili njihovih kombinacija. Rangiranje scenarija omogućuje izvođenje zaključaka u skladu s problemom, svrhom i ciljem istraživanja te glavnom hipotezom. Rangiranje scenarija za implementaciju održivog sustava pomorskih prometnica na primjeru Republike Hrvatske prikazano je u tablici 39.

Tablica 38: Pregled ulaznih i izlaznih podataka postupka višekriterijskog rangiranja scenarija implementacije ekološki održivog sustava morskih autocesta koristeći računalni program Visual PROMETHEE (verzija 1.3.1.0. – academic edition)

ULAZNI PODACI		
SCENARIJI	Scenarij 1 - model samostalnih luka	
	Scenarij 2 - model nacionalno grupiranih luka	
	Scenarij 3 – model jedne luke	
	Scenarij 4 - model dvije luke	
	Scenarij 5 - model tri luke	
KRITERIJI	Tip kriterija	Kriterij Emisije štetnih ispušnih plinova
		Kriterij Eksternih troškova prijevoza
		Kriterij Postojećih infrastrukturnih kapaciteta
	Vrednovanje kriterija za svaki scenarij (kvantitativni podaci i ocjene)	
	Definiranje optimalnih vrijednosti (minimalna ili maksimalna vrijednosti kriterija)	
	Težina kriterija (vrijednosti od 0 do 3)	



IZLAZNI PODACI	
RANGIRANJE SCENARIJA	Prema kriteriju Emisija štetnih ispušnih plinova (1)
	Prema kriteriju Eksternih troškova prijevoza (2)
	Prema kriteriju Postojećih infrastrukturnih kapaciteta (3)
	Prema istodobnom utjecaju kriterija Emisije štetnih ispušnih plinova i Eksternih troškova prijevoza (4)
	Prema istodobnom utjecaju kriterija Emisije štetnih ispušnih plinova i Postojećih infrastrukturnih kapaciteta (5)
	Prema istodobnom utjecaju kriterija Eksternih troškova prijevoza i Postojećih infrastrukturnih kapaciteta (6)
	Prema istodobnom utjecaju kriterija Emisije štetnih ispušnih plinova, Eksternih troškova prijevoza i Postojećih infrastrukturnih kapaciteta (7)

Izvor: Doktorand

U nastavku, u tablici 44. prikazan je pregled izlaznih podataka odnosno rezultata provedenog postupka višekriterijskog rangiranja scenarija implementacije ekološki održivog sustava morskih autocesta koristeći računalni program Visual PROMETHEE (verzija 1.3.1.0. – academic edition). Rezultati se odnose na rangiranje pojedinog modela lučkog sustava u odnosu na definirane kriterije.

Tablica 39: Pregled rangiranja pojedinog modela prema utjecaju određenog kriterija ili kombinacije kriterija

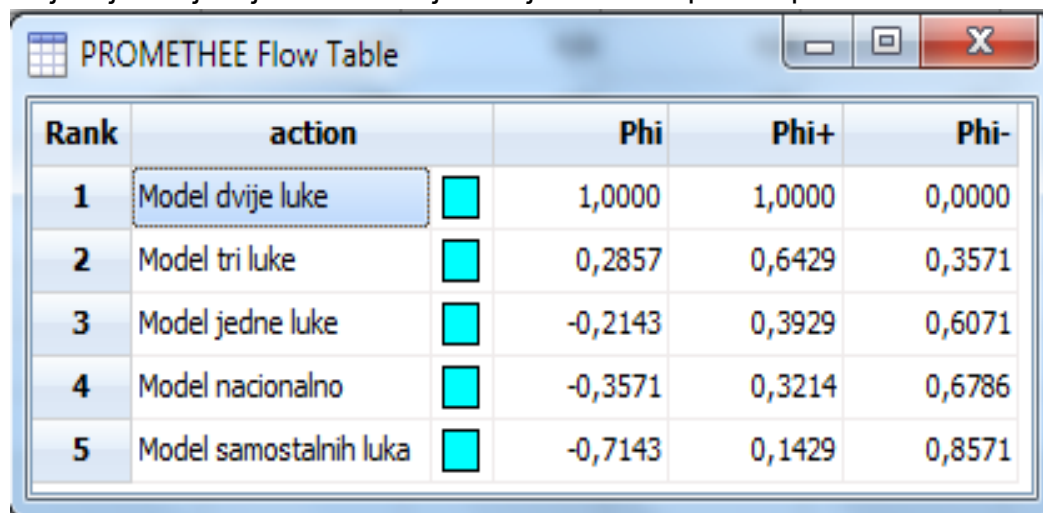
UTJECAJI KRITERIJA	SCENARIJI				
	1. Model samostalnih luka	2. Model nacionalno grupiranih luka	3. Model jedne luke	4. Model dvije luke	5. Model tri luke
1. Prema kriteriju Emisija štetnih ispušnih plinova	5	4	3	1	2
2. Prema kriteriju Eksternih troškova prijevoza	5	4	3	1	2
3. Prema kriteriju Postojećih infrastrukturnih kapaciteta	5	4	1	2	3
4. Prema istodobnom utjecaju kriterija Emisije štetnih ispušnih plinova i Ekoloških i Socio-ekonomskih troškova prijevoza	5	4	3	1	2
5. Prema istodobnom utjecaju kriterija Emisije štetnih ispušnih plinova i Postojećih infrastrukturnih kapaciteta	5	4	3	1	2
6. Prema istodobnom utjecaju kriterija Ekoloških i Socio-ekonomskih troškova prijevoza i Postojećih infrastrukturnih kapaciteta	5	4	1	2	3
7. Prema istodobnom utjecaju kriterija Emisije štetnih ispušnih plinova, Eksternih troškova (ekoloških i socio-ekonomskih) troškova prijevoza i Postojećih infrastrukturnih kapaciteta.	5	4	3	1	2

Izvor: Doktorand

Računalni program omogućuje usporedbu preferencije scenarija za utjecaj svakog kriterija i kombinacije kriterija. Rangiranje scenarija implementacije održivog

sustava morskih autocesta uključujući različite kombinacije kriterija, prikazano je u nastavku. Računalni program svakom modelu (scenariju) dodjeljuje indeks indifferencije (Phi).

Slika 8: Rangiranje scenarija implementacije održivog sustava morskih autocesta uključujući utjecaj samo kriterij Emisija štetnih ispušnih plinova

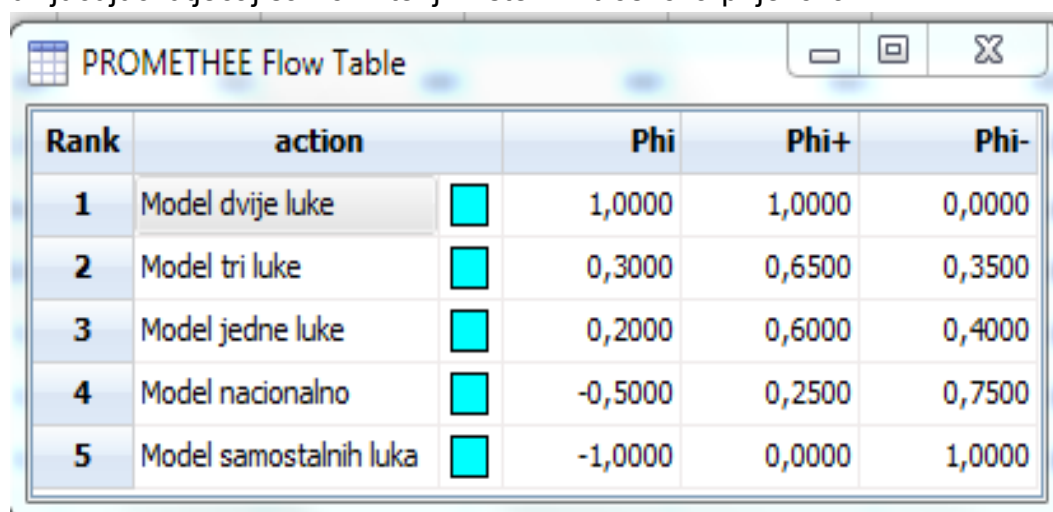


Rank	action		Phi	Phi+	Phi-
1	Model dvije luke		1,0000	1,0000	0,0000
2	Model tri luke		0,2857	0,6429	0,3571
3	Model jedne luke		-0,2143	0,3929	0,6071
4	Model nacionalno		-0,3571	0,3214	0,6786
5	Model samostalnih luka		-0,7143	0,1429	0,8571

Izvor: računalni program Visual PROMETHEE

Prema slici 8 je vidljivo da je pri implementaciji održivog sustava morskih autocesta, uključujući samo utjecaj kriterija Emisije štetnih ispušnih plinova, najslabije rangiran model samostalnih luka. Jednako tako, model nacionalno grupiranih luka rangiran je nepovoljno i nalazi se na 4. mjestu, dok je model jedne luke nešto povoljniji i rangiran na 3. mjestu. Na slici je jasno vidljivo da je model dvije luke najbolje rangiran i optimalan za implementaciju, dok se model tri luke nalazi na drugom mjestu.

Slika 9: Rangiranje scenarija implementacije održivog sustava morskih autocesta uključujući utjecaj samo kriterij Eksternih troškova prijevoza

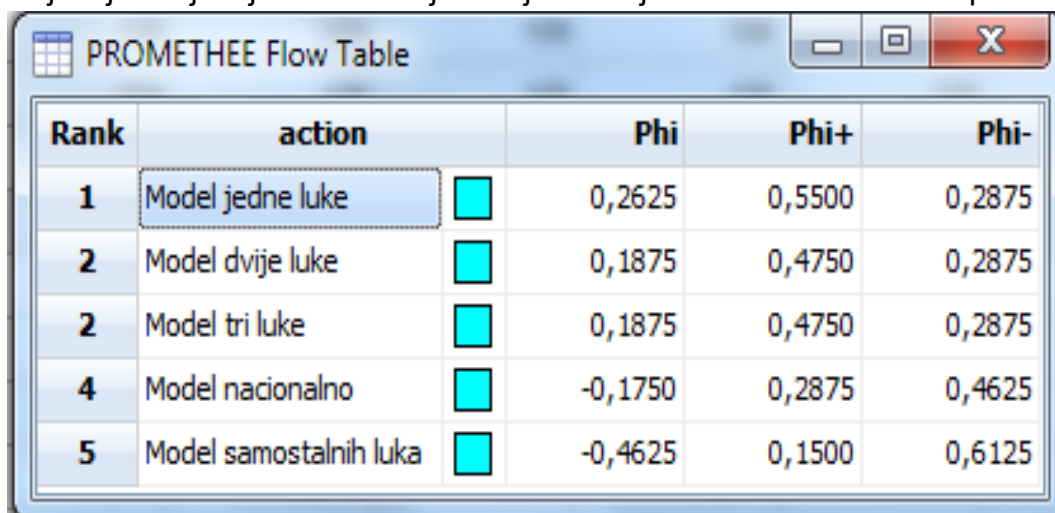


Rank	action		Phi	Phi+	Phi-
1	Model dvije luke		1,0000	1,0000	0,0000
2	Model tri luke		0,3000	0,6500	0,3500
3	Model jedne luke		0,2000	0,6000	0,4000
4	Model nacionalno		-0,5000	0,2500	0,7500
5	Model samostalnih luka		-1,0000	0,0000	1,0000

Izvor: računalni program Visual PROMETHEE

Prema slici 9 je vidljivo da je pri implementaciji održivog sustava morskih autocesta, uključujući samo utjecaj kriterija Eksternih troškova prijevoza, najslabije rangiran model samostalnih luka. Jednako tako, model nacionalno grupiranih luka rangiran je nepovoljno i nalazi se na 4. mjestu, dok je model jedne luke nešto povoljniji i rangiran na 3. mjestu. Na slici je jasno vidljivo da je model dvije luke najbolje rangiran i optimalan za implementaciju, dok se model tri luke nalazi na drugom mjestu.

Slika 10: Rangiranje scenarija implementacije održivog sustava morskih autocesta uključujući utjecaj samo kriterij kriteriju Postojećih infrastrukturnih kapaciteta

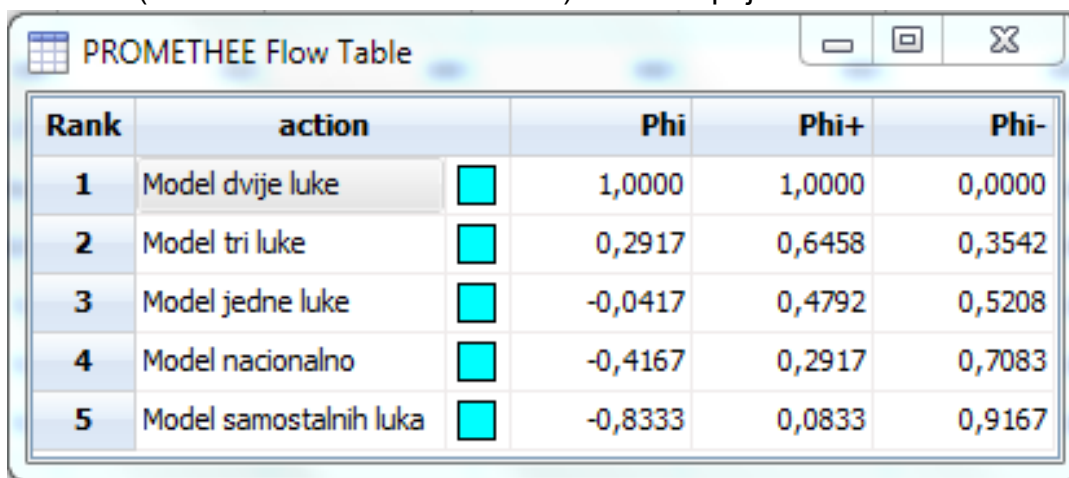


Rank	action		Phi	Phi+	Phi-
1	Model jedne luke		0,2625	0,5500	0,2875
2	Model dvije luke		0,1875	0,4750	0,2875
2	Model tri luke		0,1875	0,4750	0,2875
4	Model nacionalno		-0,1750	0,2875	0,4625
5	Model samostalnih luka		-0,4625	0,1500	0,6125

Izvor: računalni program Visual PROMETHEE

Prema slici 10 je vidljivo da je pri implementaciji održivog sustava morskih autocesta, uključujući samo utjecaj kriterija Postojećih infrastrukturnih kapaciteta, najslabije rangiran model samostalnih luka. Razumljivo, s obzirom da se većina infrastrukturnih potkriterija odnosi na značajna infrastrukturna ulaganje u luke i prilaze lukama te je stoga ulaganje u više luka svako značajno i nepovoljno opterećenje. Jednako tako, model nacionalno grupiranih luka rangiran je nepovoljno i nalazi se na 4. mjestu, dok je model tri luke nešto povoljniji i rangiran na 3. mjestu. Na slici je jasno vidljivo da je model jedne luke najbolje rangiran i optimalan za implementaciju, dok se model dvije luke nalazi na drugom mjestu.

Slika 11: Rangiranje scenarija implementacije održivog sustava morskih autocesta
 Prema istodobnom utjecaju kriterija Emisije štetnih ispušnih plinova i Eksternih
 troškova (ekoloških i socio-ekonomskih) troškova prijevoza

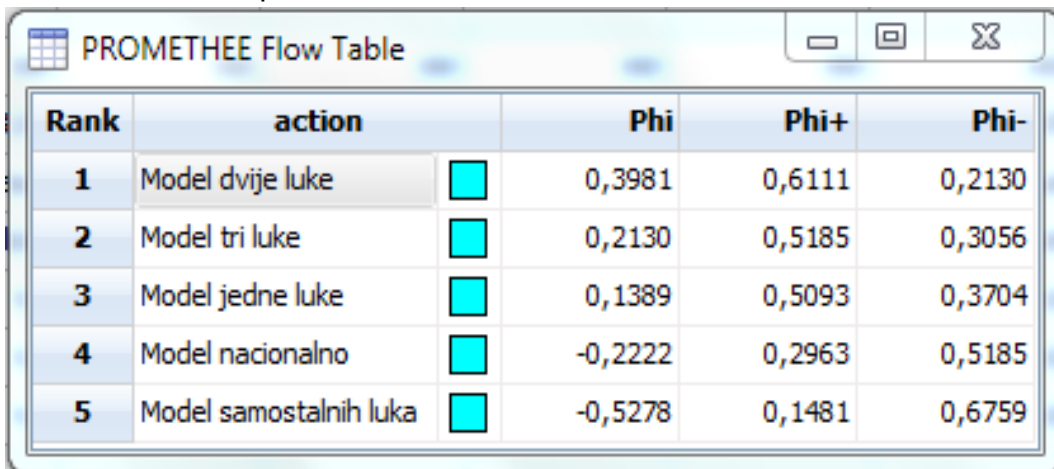


Rank	action		Phi	Phi+	Phi-
1	Model dvije luke		1,0000	1,0000	0,0000
2	Model tri luke		0,2917	0,6458	0,3542
3	Model jedne luke		-0,0417	0,4792	0,5208
4	Model nacionalno		-0,4167	0,2917	0,7083
5	Model samostalnih luka		-0,8333	0,0833	0,9167

Izvor: računalni program Visual PROMETHEE

Prema slici 11 je vidljivo da je pri implementaciji održivog sustava morskih autocesta, uključujući istodoban utjecaj kriterija Emisije štetnih ispušnih plinova i Eksternih troškova (ekoloških i socio-ekonomskih) troškova prijevoza, najslabije rangiran model samostalnih luka. Razumljivo, s obzirom da se većina infrastrukturnih potkriterija odnosi na značajna infrastrukturna ulaganje u luke i prilaze lukama te je stoga ulaganje u više luka svako značajno i nepovoljno opterećenje. Jednako tako, model nacionalno grupiranih luka rangiran je nepovoljno i nalazi se na 4. mjestu, dok je model regionalno grupiranih luka nešto povoljniji i rangiran na 3. mjestu. Na slici je jasno vidljivo da je model jedne luke najbolje rangiran i optimalan za implementaciju, dok se model dvije luke nalazi na drugom mjestu.

Slika 12: Rangiranje scenarija implementacije održivog sustava morskih autocesta
Prema istodobnom utjecaju kriterija Emisije štetnih ispušnih plinova i Postojećih
infrastrukturnih kapaciteta

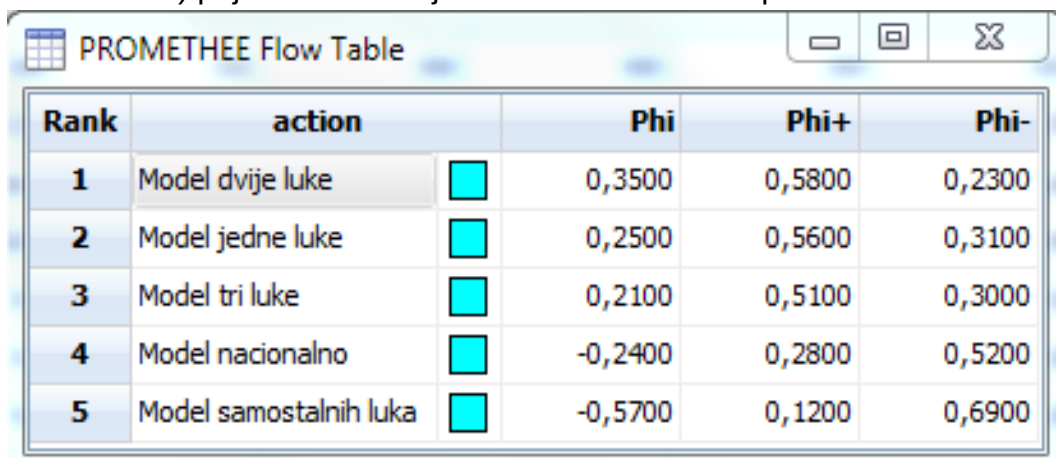


Rank	action		Phi	Phi+	Phi-
1	Model dvije luke		0,3981	0,6111	0,2130
2	Model tri luke		0,2130	0,5185	0,3056
3	Model jedne luke		0,1389	0,5093	0,3704
4	Model nacionalno		-0,2222	0,2963	0,5185
5	Model samostalnih luka		-0,5278	0,1481	0,6759

Izvor: računalni program Visual PROMETHEE

Prema slici 12 je vidljivo da je pri implementaciji održivog sustava morskih autocesta, uključujući istodoban utjecaj kriterija Emisije štetnih ispušnih plinova i Postojećih infrastrukturnih kapaciteta, najslabije rangiran model samostalnih luka. Razumljivo, s obzirom da se većina infrastrukturnih potkriterija odnosi na značajna infrastrukturna ulaganje u luke i prilaze lukama te je stoga ulaganje u više luka svako značajno i nepovoljno opterećenje. Jednako tako, model nacionalno grupiranih luka rangiran je nepovoljno i nalazi se na 4. mjestu, dok je model regionalno grupiranih luka nešto povoljniji i rangiran na 3. mjestu. Na slici je jasno vidljivo da je model jedne luke najbolje rangiran i optimalan za implementaciju, dok se model dvije luke nalazi na drugom mjestu.

Slika 13: Rangiranje scenarija implementacije održivog sustava morskih autocesta prema istodobnom utjecaju kriterija Eksternih troškova (ekoloških i socio-ekonomskih) prijevoza i Postojećih infrastrukturnih kapaciteta

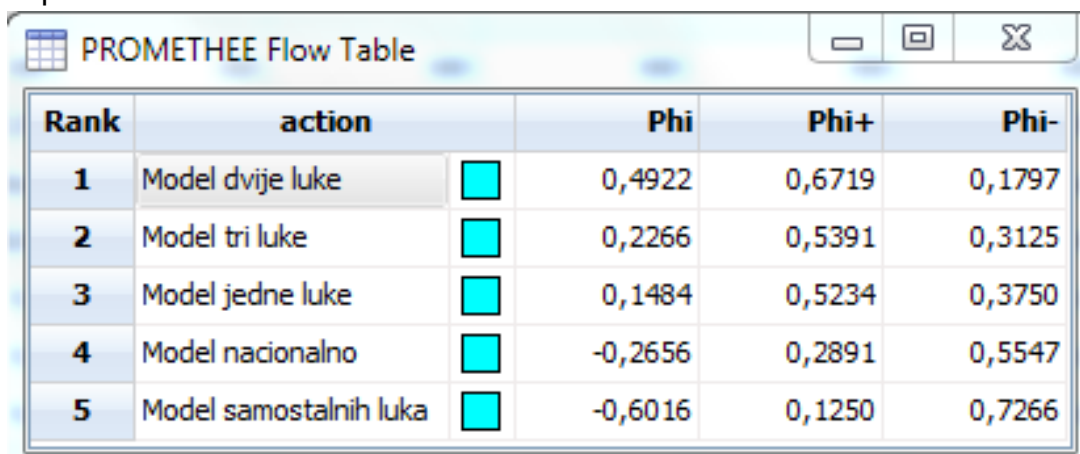


Rank	action		Phi	Phi+	Phi-
1	Model dvije luke	☒	0,3500	0,5800	0,2300
2	Model jedne luke	☒	0,2500	0,5600	0,3100
3	Model tri luke	☒	0,2100	0,5100	0,3000
4	Model nacionalno	☒	-0,2400	0,2800	0,5200
5	Model samostalnih luka	☒	-0,5700	0,1200	0,6900

Izvor: računalni program Visual PROMETHEE

Prema slici 13 je vidljivo da je pri implementaciji održivog sustava morskih autocesta, uključujući istodoban utjecaj kriterija Eksternih troškova (ekoloških i socio-ekonomskih) prijevoza i Postojećih infrastrukturnih kapaciteta, najslabije rangiran model samostalnih luka. Jednako tako, model nacionalno grupiranih luka rangiran je nepovoljno i nalazi se na 4. mjestu, dok je model tri luke nešto povoljniji i rangiran na 3. mjestu. Na slici je jasno vidljivo da je model dvije luke najbolje rangiran i optimalan za implementaciju, dok se model jedne luke nalazi na drugom mjestu.

Slika 14: Rangiranje scenarija implementacije održivog sustava morskih autocesta prema istodobnom utjecaju kriterija Emisije štetnih ispušnih plinova, Eksternih troškova (ekoloških i socio-ekonomskih) prijevoza i postojećih infrastrukturnih kapaciteta



Rank	action		Phi	Phi+	Phi-
1	Model dvije luke	☒	0,4922	0,6719	0,1797
2	Model tri luke	☒	0,2266	0,5391	0,3125
3	Model jedne luke	☒	0,1484	0,5234	0,3750
4	Model nacionalno	☒	-0,2656	0,2891	0,5547
5	Model samostalnih luka	☒	-0,6016	0,1250	0,7266

Izvor: računalni program Visual PROMETHEE

Prema slici 14 je vidljivo da je pri implementaciji održivog sustava morskih autocesta, uključujući istodoban utjecaj kriterija Emisije štetnih ispušnih plinova, Eksternih troškova (ekoloških i socio-ekonomskih) prijevoza i postojećih infrastrukturnih kapaciteta, najslabije rangiran model samostalnih luka. Jednako tako, model nacionalno grupiranih luka rangiran je nepovoljno i nalazi se na 4. mjestu, dok je model jedne luke nešto povoljniji i rangiran na 3. mjestu. Na slici je jasno vidljivo da je model dvije luke najbolje rangiran i optimalan za implementaciju, dok se model tri luke nalazi na drugom mjestu.

7.6. MOGUĆNOST PRIMJENE MODELA I PRIJEDLOG STRATEŠKIH SMJERNICA NA PRIMJERU REPUBLIKE HRVATSKE

Analiza rezultata rangiranja scenarija pokazuje da odabir određenog modela implementacije ekološki i socio-ekonomski održivog sustava morskih autocesta u pogledu prometnog sustava Republike Hrvatske nije jednostavan i jednosmjernan te ovisi o definiranim elementima. U prvom redu to su identificirani kriteriji, ali i njihove težine, ovisno u utjecajima kriterija. Na temelju analize utjecaja svakog od kriterija zasebno, te njihovih kombinacija, može se zaključiti kako se kod implementacije ekološki i socio-ekonomski održivog sustava morskih autocesta na primjeru prometnog sustava Republike Hrvatske model dvije luke (2L) može se izdvojiti kao optimalni izbor. Nadalje, modeli jedne luke (1L) i tri luke (3L) mogu se izdvojiti kao prihvatljivi modeli implementacije; model 1L koji se je pokazao kao najoptimalniji model uključujući samo kriterije postojećih infrastrukturnih kapaciteta, te model 3L koji je u većini kombinacija drugo rangirani model.

Model dvije luke optimalno je rješenje pri implementaciji ekološki i socio-ekonomski održivog sustava morskih autocesta u slučajevima kada se naglasak stavlja na sve kombinacije kriterija osim kada je naglasak na kriteriju Postojećih infrastrukturnih kapaciteta. U tom slučaju model dvije luke je drugo rangirani scenarij. Stoga, može se zaključiti kako je za primjer Republike Hrvatske i njezin prometni i lučki sustav model dvije luke optimalno rješenje pri uvođenju i implementaciji sustava morskih autocesta.

Slika 15: Model dvije luke



Izvor: Doktorand

Model tri luke drugo je po redu optimalno rješenje pri implementaciji ekološki i socio-ekonomski održivog sustava morskih autocesta u slučajevima kada se naglasak stavlja na sve kombinacije kriterija, osim kada je naglasak na kriteriju Postojećih infrastrukturnih kapaciteta te istodobnom utjecaju kriterija Ekoloških i Socio-ekonomskih eksternih troškova prijevoza i Postojećih infrastrukturnih kapaciteta gdje je treće rangirani scenarij.

Slika 16: Model tri luke



Izvor: Doktorand

Model jedne luke treće je po redu optimalno rješenje pri implementaciji ekološki i socio-ekonomski održivog sustava morskih autocesta posebice iz razloga što je treće rangirani scenarij u slučajevima kada se naglasak stavlja na kriterij

Emisije štetnih ispušnih plinova, kriterij Ekoloških i Socio-ekonomskih eksternih troškova prijevoza, istodoban utjecaj kriterija Emisije štetnih ispušnih plinova i Ekoloških i Socio-ekonomskih eksternih troškova prijevoza te istodoban utjecaj kriterija Ekoloških i Socio-ekonomskih eksternih troškova prijevoza i Postojećih infrastrukturnih kapaciteta. Međutim, bitno je napomenuti kako je model jedne luke prvo rangirani scenarij u slučaju kada je naglasak stavljen samo na kriterij Postojećih infrastrukturnih kapaciteta te drugo rangirani model u slučaju kada je naglasak stavljen na istodobne utjecaje kriterija Ekoloških i Socio-ekonomskih eksternih troškova prijevoza i Postojećih infrastrukturnih kapaciteta.

Slika 17: Model jedne luke



Izvor: Doktorand

Ukoliko Republika Hrvatska ocijeni da je njezin prioritet i interes razvoj i implementacija sustava morskih autocesta, te da će implementaciju inicirati i provoditi samostalno, tada su definirani kriteriji ti koji određuju odluku te se može zaključiti kako je za implementaciju optimalan model dvije luke. U odnosu na trenutni model funkcioniranja prometnog sustava u Republici Hrvatskoj, gdje je razvoj lučkog i gravitacijskog prometnog sustava prepušten svakoj luci samostalno (šest samostalnih luka – scenarij 1), te gdje ne postoji sustavno specijaliziranje svake luke ili pravca, rezultati analize su poražavajući. Oni svjedoče da je trenutni model implementacije morskih autocesta (imajući u vidu da su sustavi morskih autocesta trenutno dominantni u ukupnoj europskoj pomorskoj razmjeni dobara) potpuno pogrešan i da ne postoji niti jedan element koji bi opravdao njegovo zadržavanje. Dakle, analiza upućuje na zaključak da se znanstvenim pristupom koji uključuje

identifikaciju svih relevantnih čimbenika, trenutnu analizu stanja cjelokupne prometne infrastrukture te identifikacijom kriterija koji utječu na funkcioniranje sustava morskih autocesta, može sigurno i točno odrediti koji je model optimalan za uvođenje ekološki i socio-ekonomski održivog sustava morskih autocesta, ali i ocjenu postojećeg modela.

Zaključno, analiza rezultata istraživanja navodi na četiri ključna zaključka u slučaju Republike Hrvatske:

- Trenutni model funkcioniranja prometnog i lučkog sustava Republike Hrvatske potpuno je neprimjeren za razvoj i implementaciju ekološki održivog sustava morskih autocesta i najlošije je rješenje u odnosu na sve identificirane modele.
- Optimalno rješenje je razvoj dvije luke i gravitacijske prometne infrastrukture u odnosu na identificirana gravitirajuća tržišta. Koncept je on baziran na potpunoj specijalizaciji dviju odabranih luka i gravitirajuće prometne infrastrukture u odnosu na identificirana gravitirajuća tržišta.
- Visoka infrastrukturna ulaganja treba minimizirati, te sve napore usmjeriti u smjeru efikasne i učinkovite optimizacije postojećih infrastrukturnih kapaciteta.
- Visoko kapitalne investicije koje su opravdane te ekološki i socio-ekonomski održive u slučaju uvođenja sustava morskih autocesta jesu investicije u izgradnju i modernizaciju željezničkog sustava prijevoza, odnosno povezivanju luka sa identificiranim gravitirajućim tržištima.
- U slučaju da Republika Hrvatska odluči aktivno sudjelovati u razvoju održivog sustava morskih autocesta, samostalno ili koordinirano s prijevozničkim operaterima, optimalan je model dvije luke. Taj model znači specijalizaciju i preferiranje tih dviju luka, fokusiranje infrastrukturnih ulaganja na te luke, dok se ostale luke svjesno prepuštaju razvoju ostalih vrsta tereta te privatnim ulaganjima. Stoga, ovaj model može se smatrati optimalnim rješenjem za implementaciju ekološki i socio-ekonomski održivog sustava morskih autocesta u Republici Hrvatskoj.

Ovakve zaključke generirala je analiza trenutnog stanja infrastrukture, svih uključenih relevantnih čimbenika pretvorenih u kriterije i potkriterije te dodjeljivanje težina u odnosu na kombinacije njihovog utjecaja. Rezultati istraživanja svakako mogu biti i drugačiji promjenom bilo kojeg od ovih elemenata. U ovakvoj kombinaciji modeli su analizirani na slučaju Hrvatske i prema trenutnom stanju infrastrukture

Hrvatske. Analiza je svakako primjenjiva na bilo koji prometni sustav u svijetu, bilo da se radi o nacionalnom sustavu ili regionalnom sustavu. Za očekivati je da bi ista analiza na primjeru nekoga drugoga nacionalnog sustava rezultirala drugačijim zaključcima, ali i da se na navedene zaključke analize na primjeru Hrvatske može utjecati intervencijom u kriterije, potkriterije, njihove težine ili promjenom stanja infrastrukture.

7.7. TESTIRANJE MODELA IMPLEMENTACIJE ODRŽIVOG SUSTAVA MORSKIH AUTOCESTA PRIMJENOM SWOT ANALIZE

SWOT analiza je znanstvena metoda koja pomaže sagledavanje situacije (scenarija, modela) sustavno i cjelovite te omogućuje donošenje cjelovite i ispravne odluke uz mogućnost praćenja razvoja buduće situacije. SWOT je kratica kombinacije engleskih riječi strength (snaga), weakness (slabosti), opportunities (prilike) i threats (prijetnje). To je kvalitativna analitička metoda koja kroz četiri čimbenika nastoji prikazati snage, slabosti, prilike i prijetnje određene pojave ili situacije. Međutim, treba uzeti u obzir da se radi o subjektivnoj metodi. U tom se kontekstu ova analiza može razumjeti kao prikaz unutrašnjih snaga i slabosti situacije i vanjskih prilika i prijetnji s kojima se ta ista situacija suočava. U kontekstu vremena, snage i slabosti predstavljaju sadašnjost temeljenu na prošlosti, dok prilike i prijetnje predstavljaju budućnost temeljenu na prošlosti i sadašnjosti.

Provedena analiza rangiranja scenarija implementacije ekološki i socio-ekonomski održivog sustava morskih autocesta na primjeru Republike Hrvatske predočila je nekoliko različitih optimalnih scenarija implementacije, ovisno o utjecajima kriterija. Ukupno promatrajući prometni sustav Republike Hrvatske i jadranske regije te stanja na tržištu i nastojanja za uvođenjem novih servisa morskih autocesta koristeći te pravce, zaključuje se da je model (scenarij) implementacije održivog sustava morskih autocesta kroz dvije luke optimalno rješenje. Usprkos tomu što analiza prikazuje da su i neki drugi modeli (model jedne luke i model tri luke) u nekoliko varijacija različitih utjecaja kriterija dobro rješenje, SWOT analizom obraditi će se scenarij implementacije sustava prema modelu dvije luke. SWOT analiza zahtjeva bazične pretpostavke na temelju kojih se opisuju snaga, slabosti, prilike i prijetnje, a to su trenutni način funkcioniranja prometnog sustava u regiji i ostali prethodno analizirani scenariji (modeli).

Tablica 40: SWOT matrica za model implementacije ekološki i socio-ekonomski održivog sustava morskih autocesta na primjeru Republike Hrvatske kroz dvije luke

LOKACIJA ČIMBENIKA	TIP ČIMBENIKA	
	POGODAN	NEPOGODAN
UNUTARNJI	SNAGE	SLABOSTI
	- Model je najmanje financijski opterećujući za državu, - Postoji relativno odgovarajuća već razvijena infrastruktura, - Model ne ovisi značajno o djelovanju prijevoznčkih operatera, - Model ujedinjuje svu raspoloživu snagu i znanje te fokusira napore, što stvara sustavan odnos prema razvoju prometnog sustava, - Model uzima u obzir sve relevantne kriterije.	- Financijsko opterećenje je veće u odnosu na model jedne luke, - Izrazito fokusiranje na samo dvije luke slabi položaj ostalih nacionalnih luka i ograničava njihov rast u smislu implementacije sustava morskih autocesta u budućnosti, - Dvije luke stvaraju konkurentski odnos među sobom i u situaciji malog prometa tržišno su ugrožene obje luke.
VANJSKI	PRILIKE	PRIJETNJE
	- Razvoj sustava morskih autocesta je izraziti prioritet Europske komisije i Republike Hrvatske, - Postojanje financijskog instrumenta za bespovratnu subvenciju razvoja servisa pomorskih prometnica (Marco Polo II), - Postojanje financijskog instrumenta za bespovratnu subvenciju razvoja prometne infrastrukture namijenjene razvoju sustava pomorskih prometnica (TEN-T i Operativni program za promet), - Postojanje primjera uspješne prakse uvođenje servisa pomorskih prometnica u Europi, - Relativno mala količina tereta koristi servise pomorskih prometnica na području Jadrana, a postoji izrazito veliki potencijal - Pozitivan odnos društva prema „ekološki prihvatljivijim“ načinima prijevoza tereta.	- Trenutni model funkcioniranja ne predviđa favoriziranje i specijaliziranje među lukama i za očekivati je otpor pri promjeni načina funkcioniranja, - Luke u okruženju provode značajne mjere, što stvara jaki konkurentski odnos, - Nepostojanje sustavnog planiranja u Republici Hrvatskoj vodi k stihijskom razvoju i investicijama što umanjuje izgleda za korištenje EU sredstava, - Nepostojanje znanja o sustavima pomorskih prometnica među voditeljima prometnog sustava u Republici Hrvatskoj.

Izvor: Doktorand

Pregled i analiza SWOT matrice odnosa modela implementacije ekološki i socio-ekonomski održivog sustava pomorskih prometnica u Republici Hrvatskoj u

odnosu na ostale modele daje približno jednake zaključke kao i postupak višekriterijske analize. Moguće je identično analizirati da je model dvije luke najbolje rješenje, ali uz jednu značajnu razliku. Višekriterijska analiza omogućuje rangiranje modela u odnosu na utjecaje kriterija i u tom smislu je primjenjivija za analizu optimalnog rješenja. Omogućuje jasnu usporedbu koji je model dominantniji u kojoj kombinaciji i zašto. SWOT analiza daje pregled njegovih prednosti i nedostataka u odnosu na ostale, ali ne može prikazati rangiranje. Njezina stvarana korist je sustavno sagledavanje situacije na pregledan i jednostavan način i mogućnost jasne identifikacije nužnih koraka, ali i elemenata na koje treba obratiti posebnu pozornost, pri implementaciji modela. Kombinacija postupka višekriterijske analize kao metode odabira najpovoljnijeg rješenja te SWOT analize za sistematizaciju prednosti i nedostataka odabranog rješenja omogućava cjelovito sagledavanje problema i donošenje točne odluke.

8. ZAKLJUČAK

Efikan i učinkovit transportni sustav osnovni je preduvjet ekološke zaštite područja kojima se odvija. Tvrdnja da je intermodalni prijevoz generator razvoja, može se samo djelomično smatrati točnom. Točnija je činjenica kako je transport općenito generator razvoja određenog područja, odnosno teret koji se treba prevesti određenim pravcem. Razvoj prometnog sustava (izgradnja infrastrukture) i njezina eksploatacija korištenjem prometne infrastrukture (npr. željeznički ili cestovni prijevoznici) i organizaciju prijevoza tereta (logističke tvrtke), vrijedni su elementi razvoja gospodarstva tog područja. Izgradnja infrastrukture i prijevoznih jedinica potiče proizvodnju; eksploatacija kroz primjerice osnivanje i funkcioniranje prijevoznčkih tvrtki ili logističkih operatera stvara tijekom novca i omogućuje potrošnju. Sve su to ekonomski čimbenici nužni za razvoj gospodarstva. No, promet ima i negativne posljedice. U prvom redu tu su socio-ekonomski i društveni (zagušenje prometa, povećanje broja prometnih nesreća te broja poginulih i ozljeđenih osoba, povećanje buke, povećanje razine stresa u zajednici, itd.) i ekološki problemi (visoke emisije ispušnih plinova). Intermodalni prijevoz odgovor je na zahtjev i potrebu društva da se maksimalno umanje te negativne posljedice razvoja. Intermodalnost omogućuje prijevoz dostatan ekološki i socio-ekonomski održivom razvoju društva, ali, za društvo, na prihvatljiv način. To je razlog stalnih napora unaprijeđenju kako bi se što je više tereta preusmjerilo na pomorski sustav prijevoza, unutarnje plovne putove ili željeznički sustav prijevoza.

Intermodalni prijevoz, posebice sustav *od vrata do vrata*, u potpunosti je usmjeren korisniku. Ponuđena mu je i osigurana viša razina usluge i sigurnosti njegovog tereta. S obzirom na posvećenost korisniku, intermodalni prijevoj pruža uslugu koja je fleksibilna i omogućuje više poslovnih opcija te brži odaziv na izazove poslovanja i prilagodbe tržištu. Rezultat takvog modela usluge je povećano očekivanje korisnika, nego što je to bilo u prošlosti. Intermodalni prijevoz u svojoj osnovi smanjuje broj transportnih (prekrcajnih) operacija, maksimalno iskorištava kapacitete transportne infrastrukture (brod ili željeznica) i time smanjuje troškove, što povećava zadovoljstvo korisnika. Izrazite prednosti logističkog koncepta intermodalnog prijevoza, rezultiraju sve većim udjelom u odnosu na konvencionalni rasuti teret. Kontejnerizacija se događa i kod tereta za koji se smatralo da je najbolji način prijevoza u rasutom stanju (šećer, žito i sl.). Pronalaze se tehnološka rješenja

krcaja u *jumbo bags* ili sl. te potom prevoziti u kontejnerima. U kemijskoj industriji, koju najčešće obilježava visoka cijena i osjetljivost tereta, uvode se tank kontejneri, ne samo zbog prijevoza, već i zbog njihove sekundarne uloge, jer omogućavaju da ujedno služe kao skladišni prostor. Ovakav način prijevoza omogućuje prijevoznicima, u prvom redu brodarima, nebrojene mogućnosti optimizacije svojih kapaciteta i ponude usluga. U odnosu na klasične brodove za prijevoz generalnog tereta, s lakoćom se prevozi mnogo različitih vrsta tereta, u potpunosti iskorištava zatvoreni brodski prostor i višestruko iskorištava otvoreni prostor. Kontejneri omogućuju slaganje u visinu i time povećanje brodskih kapaciteta. Omogućeno je brodarima povezati više luka i u njima jednostavno obavljati iskrcaj ili ukrcaj tereta, brzo i efikasno. Na taj način logistički transportni sustav se izrazito unapređuje i otvaraju se mnoge mogućnosti.

Moguće je reći da je kontejner, ta jednostavna tehnologija razvijena da pojednostavi i ubrza prijevoz, pridonio svjetskoj globalizaciji. On je omogućio da se tradicionalna industrija premjesti na drugi kraj svijeta, ali da u isto vrijeme gotovi proizvodi dođu brzo, jednostavno i jeftino do kupaca. Dakle, omogućio je da se proizvodnja iz razvijenih zemalja gdje je skupa radna snaga i sirovina, premjesti u nerazvijene krajeve i potakne njihov rast, društveni i gospodarski razvoj. U isto vrijeme, omogućio je smanjenje troškova i pad cijene proizvoda, što je rezultiralo da je velika količina roba sada postala dostupna mnogim tržištima te svjetsku potaknulo potrošnju. Može se reći da su globalizacija i intermodalni prijevoz u uzajamnoj vezi. Iz navedenog, jasno se zaključuje da kontejnerski promet u svijetu raste i da će rasti, te da je to način prijevoza u koji treba ulagati i koji svakako nosi izraziti potencijal. Stoga je razumno i nužno razvijati prometni sustav u tom smjeru.

Prema definiciji, međuobalno prometno povezivanje (eng. Short Sea Shipping, skr. SSS) je kretanje tereta morskim putem između luka koje su smještene unutar Europe u geografskom smislu i/ili između tih luka i luka smještenih u zemljama izvan Europe, koje imaju obalnu liniju na moru i graniče s Europom. Uz dodatak da to uključuje i *feeder-ing*. Međuobalno prometno povezivanje je praktičan primjer pomorskog dijela intermodalnog prijevoza.

Morske autoceste (eng. Motorways of the Sea ili Marine Highways) su postojeći ili novi pomorski servisi integrirani u logistički lanac *od vrata do vrata* koristeći održive, redovite, učestale, visokokvalitetne i pouzdane short sea shipping

veze. Sustav morskih autocesta praktičan je primjer definicije kombiniranog ekološki i socio-ekonomski održivog sustava prijevoza. Radi se o prijevozu intermodalnim načinom gdje je pomorski dio veći dio puta a ostatak puta željeznički sustav, te cestovni dio kao najkraći.

Dakle, može se reći da su morske autoceste širi pojam od *short sea shippinga*, da za razliku od njega uključuju i kopneni dio puta (bilo samo cestovni ili i željeznički), ali da je pomorski dio puta organiziran prema konceptu *short sea shippinga*. U ovakvoj objašnjenju pojma pomorskih prometnica korištena tehnologija (RO-RO, LO-LO, itd) nije definirajući element.

Promet, pogotovo cestovni prijevoz kao jedan od načina, ali dominantni način prijevoza, uzrokuje negativan utjecaj na okoliš i društvo. Očituje se kroz učestala prometna zagušenja, povećani rizik od prometnih nezgoda, povećanu razinu buke, povećani stres svih sudionika i društva općenito, velike količine ispušnih plinova što prijevozna sredstva direktno ispuštaju u okoliš te one koje su ispuštene u procesu proizvodnje pogonskog goriva. Sve to jasno dokazuje da postoje određena ograničenja cestovnog prijevoza uz izražen izravan negativan učinak na okoliš i društvo. U isto vrijeme, nedostatak slobodnog prostora za širenje i protesti stanovništva protiv izgradnje novih cesta, povećavaju cijene izgradnje i održavanja cesta. Sve to, a prije svega financijska ograničenja, pridonose spoznaji da je prijeke potrebno pronaći i razvijati alternativna prometna rješenja, poput *short sea shippinga* i sustava morskih autocesta. S obzirom na sva navedena negativna ograničenja cestovnog prijevoza, 2001. godine Europska komisija je uvela koncept pomorskih prometnica u Bijeloj knjizi o transportu za 2010. godinu (revidirana 2006. godine). Naime, pomorske prometnice pridonose smanjenju svakoga negativnog elementa cestovnog prijevoza i stoga su privlačno rješenje prometnih problema. To je nov i nadograđen koncept nastao kao nastavak uspješnog sustava *short sea shippinga* kako bi se teretni prijevoz prebacio s prepunih cestovnih mreža na ekološki prihvatljivije plovne putove. Nadogradnjom uspostavljenih frekventnih i visokokvalitetnih pomorskih servisa (SSS) logističkim rješenjima kojima se osigurava usluga *od vrata do vrata* unutar zemalja članica EU, pomorske prometnice su postale prava alternativa zagušenim cestama. Frekventnost i redovitost servisa koji korisnicima pruža uslugu *od vrata do vrata*, te činjenica da ovakav oblik prijevoza može biti jeftiniji od cestovnog prijevoza, glavni su čimbenici koji podižu

konkurentnost ovog oblika prijevoza. Njegova puna funkcionalnost vidjet će se u narednim godinama kada, osim dijela tereta koji je danas na cestama, preuzme količine tereta koje razvojem gospodarstva progresivno rastu iz godine u godinu te pridonese spajanju periferijalnih područja Europske Unije.

Sustav morskih autocesta ne zahtjeva značajne infrastrukturne investicije u lukama, ali se za uspješnost servisa podrazumijeva izvrsna integracija s ostalim načinima prijevoza, u prvom redu željeznicom i cestom. U tom smislu potrebna je daljnja prilagodba ovoga prometnog sustava u smislu infrastrukturne i logističke integracije kako bi se moglo konkurirati jednostavnom i fleksibilnom cestovnom prijevozu u usluzi *od vrata do vrata*.

Uzme li se u obzir da su smanjenje emisija štetnih ispušnih plinova, smanjenje ekoloških i socio-ekonomskih eksternih troškova prijevoza te optimizacija korištenja postojećih infrastrukturnih kapaciteta odnosno minimizacija novih infrastrukturnih investicija glavne karakteristike i komparativne prednosti promatranog sustava, početak i funkcioniranje sustava morskih autocesta zahtijeva usklađenost svih subjekata uključenih u prijevozni proces. Osim toga, infrastruktura predstavlja temelj za izgradnju kvalitetnog i ekološki održivog prijevoznog sustava. Za ostvarivanje spomenutih karakteristika, osim tehničkog dijela organizacije prijevoza u smislu tehničko-tehnoloških rješenja za ostvarivanje ekološki i energetski učinkovitog i optimiziranog sustava morskih autocesta te intermodalnog sustava prijevoza u cijelosti, potrebna je potpuna administrativna i logistička usklađenost svih sudionika. Potrebno je učiniti dodatan napor radi podizanje razine usluge kako bi pomorski i željeznički sustava prijevoza mogao biti konkurentniji u odnosu na cestovni sustav. To je moguće ostvariti ukoliko se razvoj prijevoznog servisa shvaća na razini koridora (prometnog pravca od polazišta do odredišta) i sve aktivnosti za njegov razvoj i funkcioniranje planiraju i implementiraju na cjelokupnom pravcu.

Za razliku od *short sea shippinga*, koji se odnosi samo na pomorski dio prijevoza, morske autoceste sustav su koji pruža uslugu *od vrata do vrata*, dakle uključuje i kopneni dio prijevoza. Kopneni prijevoz može se odvijati cestom, željeznicom, unutaršnjim plovnim putovima ili njihovim kombinacijama, međutim naglasak je na željezničkom sustavu prijevoza i unutaršnjim plovnim putovima kao višestruko ekološki prihvatljivijim prijevoznim sustavima u odnosu na cestovni. Sustav morskih autocesta odnosno cjelokupni intermodalni prijevoz podrazumijeva

prijevoz uključujući dva ili više načina prijevoza. Luka je u tom smislu čvorište u kojem se spajaju tehnologije prijevoza (cesta, željeznica, brod, barža). Kako bi se osigurala konkurentnost promatranog sustava u odnosu na konvencionalni cestovni prijevoz, luka mora biti vrlo protočna, što može osigurati jedino postojanjem kvalitetne i efikasne infrastrukture i suprastrukture. Najveće prijetnje su u pogledu kapaciteta, efikasnosti prekrcaja i interakcije s ostalim načinima prijevoza. U procesu planiranja prijevoza, odabir luke uvelike utječe na pravac u daljnjem prijevozu do odredišta. Pravac koji je konkurentniji i koji privlači više tereta ostvaruje i veći društveni i gospodarski učinak na tom području. Iz tog razloga istraživanje je usmjereno na lučki sustav i vezujuću prometnu infrastrukturu.

U kojem će se pravcu razvijati, specijalizirati, udruživati ili ne luke na nekom području, teško je definirati bez sustavne analize prema postavljenim kriterijima za ostvarivanje ekološki i energetski učinkovitog sustava morskih autocesta. Radi analize mogućih modela, nacionalni lučki sustav moguće je modelirati na sljedeće načine:

- model samostalnih luka – sustav u kojem luke samostalno djeluju,
- model nacionalno grupiranih luka – sustav u kojem su luke grupirane u nacionalne klastere,
- model jedne luke – sustav sa jednom ukom,
- model dvije luke – sustav sa dvije luke,
- model dvije luke – sustav sa tri luke.

Lučki sustav Republike Hrvatske idealan je za modeliranje i analizu prema postavljenim kriterijima iz više razloga, a ističu se njegove posebnosti:

- lučki sustav sastoji se od šest jednakih luka bez preferencija u trenutnom funkcioniranju i razvoju,
- sve luke su relativno slabo infrastrukturno i organizacijski razvijene te je moguć značajan pomak u smislu uspješnosti i učinkovitosti,
- lučki sustavi u okruženju imaju brojne i vrlo razvijene luke u više zemalja (Italija, Slovenija, Crna Gora, Albanija, Grčka),
- kroz neke od luka u okruženju prolaze uspješni servisi pomorskih prometnica i pozitivan su primjer uspješnosti u Europskoj Uniji,

- veći dio prometa kroz hrvatske luke ima odredište u zemljama Mađarske, Srbije, BiH te u samoj republici Hrvatskoj (ostala odredišta sudjeluju u iznimno malom postotnom udjelu stoga su zanemariva).

Analizom dostupne literature, znanstvenih i stručnih radova, razgovorom s gospodarstvenicima (luke, prijevoznici, organizatori prijevoza), sveučilišnim profesorima na području Eurposke Unije uključenih u istraživanje transportnih sustava, predstavnicima lokalnih i nacionalnih javnih tijela te kolegama iz svakodnevnog poslovnog okruženja doktorand je došao do zaključka da ne postoji jedinstveni i cjeloviti popis kriterija koji sustav morskih autocesta mora zadovoljiti kako bi se osigurala njegova ekološka i socio-ekonomska učinkovitost i održivost. Temeljem spomenutog (dostupne literature i razgovora sa stručnjacima) identificirani su relevantni kriteriji vrednovanja razvoja ekološke i socio-ekonomske održivosti sustava morskih autocesta. Kriteriji uspješnosti prema kojim se mogu ocjenjivati predloženi modeli implementacije sustava morskih autocesta su: Vrednovanje kriterija emisije ispušnih plinova, Vrednovanje kriterija eksternih troškova prijevoza, Vrednovanje kriterija postojećih infrastrukturnih kapaciteta.

Odabrani kriteriji rezultat su izvedenih zaključaka na temelju provedenog istraživanja potrebnog za definiranje modela, mjera i aktivnosti za implementaciju ekološki i socio-ekonomski održivog sustava morskih autocesta. Odabrani su sljedeći kriteriji s pripadajućim potkriterijima i grupama potkriterija:

1. Emisije ispušnih plinova;

- NO_x – dušični oksidi,
- SO_x – sumporni oksidi,
- CO – ugljični monoksidi,
- CO₂ – ugljični dioksidi,
- NMHC – nemetanski ugljikovodici,
- PM 10 – čestice, čađa.

2. Eksterni troškovi prijevoza;

- Zagađenje zraka,
- Klimatske promjene,
- Onečišćenje bukom,
- Nesreće,
- Zagušenja.

3. Postojeći infrastrukturni kapaciteti;

Lučka efikasnost

- Kapacitet željezničke infrastrukture,
- Kapacitet cestovne infrastrukture,
- Kapacitet skladišnog prostora TEU,
- Kapacitet parkirališnog prostora,
- Lučka oprema za manipulaciju kontejnerima,
- Lučka Ro-Ro oprema.

Pristupačnost luke (veza s kopnenim načinima prijevoza)

- Direktan spoj s željezničkom infrastrukturom,
- Direktan spoj na mrežu autocesta,
- Dubina mora na kontejnerskom terminalu – gaz [m],
- Dubina mora na Ro-Ro terminalu – gaz [m],
- Dužina operativne obale kontejnerskog terminala [m],
- Dužina operativne obale Ro-Ro terminala [m],
- Sigurnost boravka broda u luci (prirodni uvjeti u luci s obzirom na vjetar, valove, morske struje, mijene, itd.).

Sigurnost prometnog sustava

- Sigurnost na željezničkoj infrastrukturi,
- Sigurnost na cestovnoj infrastrukturi,
- Sigurnost na maritimnom putu prilaza luci,
- Održavanost željezničke infrastrukture,
- Održavanost cestovne infrastrukture,
- Označenost i održavanje plovni putova,
- Sigurnost rada u luci (Sigurnosna zaštita u luci; policija, kapetanija, tegljačka služba, itd.).

Za testiranje predloženih modela odabrana je Republika Hrvatska, njezine pomorske luke i prometni sustav zbog dostupnosti podataka, međutim model je primjenjiv na bilo kojem području na svijetu gdje postoji razvijena prometna infrastruktura. Stoga su identificirani modeli modificirani prema uvjetima i trenutnom stanju prometnog sustava Republike Hrvatske, te na taj način definirani konkretni scenariji koji će se analizirati prethodno definiranim kriterijima. Dakle, postupak višekriterijskog odlučivanja proveo se za sljedeće scenarije:

1. Scenarij prema modelu samostalnih luka.¹⁴⁸

- Rijeka,
- Zadar,
- Šibenik,
- Split,
- Ploče, i
- Dubrovnik.

2. Scenarij prema modelu nacionalno grupiranih luka.¹⁴⁹

- Riječka luka koja je zasebna cjelina i samostalno nastupa za sva 4 gravitirajuća tržišta, samostalno osigurava infrastrukturu.
- Luke srednjodalmatinskog područja, Zadar, Šibenik i Split. Luke zajednički nastupaju i osiguravaju/dijele postojeće infrastrukturne kapacitete za sva 4 gravitirajuća tržišta.
- Luke južnodalmatinskog područja, Ploče i Dubrovnik. Luke zajednički nastupaju i osiguravaju/dijele postojeće infrastrukturne kapacitete za sva 4 gravitirajuća tržišta.

3. Scenarij prema modelu jedne luke – Rijeka.¹⁵⁰

- Rijeka kao nacionalno prioritetizirana luka za implementaciju sustava morskih autocesta. Razvoj luke usmjeren je podjednako prema kontejnerskom i Ro-Ro sustavu prijevoza za sva 4 gravitirajuća tržišta, samostalno osigurava infrastrukturu.

4. Scenarij prema modelu dvije luke – Rijeka i Ploče.¹⁵¹

- Razvoj luke Rijeka usmjeren je podjednako prema kontejnerskom i Ro-Ro sustavu prijevoza za gravitirajuća tržišta; Zagreb, Budimpešta i Beograd.
- Razvoj luke Ploče usmjeren je podjednako prema kontejnerskom i Ro-Ro sustavu prijevoza za gravitirajuća tržišta; Sarajevo i Beograd.

5. Scenarij prema modelu tri luke – Rijeka, Zadar i Ploče.¹⁵²

- Razvoj luke Rijeka usmjeren je prema kontejnerskom sustavu prijevoza za gravitirajuća tržišta, Budimpešta i Beograd.

¹⁴⁸ O tome opširnije cf. supra točku: 5.2.1. **Model samostalnih luka**, p. 79.

¹⁴⁹ O tome opširnije cf. supra točku: 5.2.2. **Model nacionalno grupiranih luka**, p. 81.

¹⁵⁰ O tome opširnije cf. supra točku: 5.2.4. **Model jedne luke**, p. 82.

¹⁵¹ O tome opširnije cf. supra točku: 5.2.5. **Model dvije luke**, p. 83.

¹⁵² O tome opširnije cf. supra točku: 5.2.6. **Model tri luke**, p. 85.

- Razvoj luke Zadar usmjeren je prema Ro-Ro sustavu prijevoza za gravitirajuća tržišta; Zagreb, Budimpešta i Beograd.
- Razvoj luke Ploče usmjeren je prema kontejnerskom sustavu prijevoza za gravitirajuća tržišta; Sarajevo i Beograd.

Pri analizi te identifikaciji optimalnog rješenja nužnog za implementaciju ekološki i socio-ekonomski održivog sustava morskih autocesta, nije moguće koristiti prethodna istraživanja i definirane težine kriterija jer oni u svjetskoj literaturi ne postoje. Stoga je bilo potrebno definirati razine težine i odnose među kriterijima i potkriterijima. S obzirom na to da implementacija održivog sustava morskih autocesta ovisi o tri razine (prijevoznčki operateri, lučki operateri i država), težine kriterija obrađene su u odnosu na uključenost svakog od njih.

Identificirani scenariji analizirani su kroz nekoliko različitih razina i kombinacija težina kriterija i potkriterija. Rangiranje je provedeno uključujući:

- samo kriterije Emisije štetnih ispušnih plinova,
- samo kriterije Ekoloških i Socio-ekonomskih troškova prijevoza,
- samo kriterije Postojećih infrastrukturnih kapaciteta,
- istodobne utjecaje kriterija Emisije štetnih ispušnih plinova i Ekoloških i Socio-ekonomskih troškova prijevoza,
- istodobne utjecaje kriterija Emisije štetnih ispušnih plinova i Postojećih infrastrukturnih kapaciteta,
- istodobne utjecaje kriterija Ekoloških i Socio-ekonomskih troškova prijevoza i Postojećih infrastrukturnih kapaciteta,
- istodobne utjecaje kriterija Emisije štetnih ispušnih plinova, Ekoloških i Socio-ekonomskih troškova prijevoza i Postojećih infrastrukturnih kapaciteta.

Analiza rezultata rangiranja scenarija dokazuje da odluka o načinu implementacije održivog sustava morskih autocesta na prometnom sustavu Republike Hrvatske nije jednostavna i jednosmjerna već da ovisi o mnogo elementa. U prvom redu to su identificirani kriteriji, ali i njihove težine ovisno u utjecajima kriterija. Iz analize utjecaja svakog od kriterija zasebno, te svih kombinacija, može se zaključiti da kod implementacije održivog sustava na primjeru prometnog sustava Republike Hrvatske mogu se izdvojiti dva scenarija (modela) kao optimalni izbor. Radi se o modelima dvije luke i regionalno grupiranih luka. Koji od modela odabrati,

ovisi o čijoj se inicijativi radi (država ili privatni prijevoznički operateri) i da li postoji zajednički pristup kod razvoja.

Model dvije luke optimalno je rješenje pri implementaciji ekološki i socio-ekonomski održivog sustava morskih autocesta u slučajevima kada se naglasak stavlja na sve kombinacije kriterija osim kada je naglasak na kriteriju Postojećih infrastrukturnih kapaciteta. U tom slučaju model dvije luke je drugo rangirani scenarij. Stoga, može se zaključiti kako je za primjer Reublike Hrvatske i njezin prometni i lučki sustav model dvije luke optimalno rješenje pri uvođenju i implementaciji sustava morskih autocesta.

Model tri luke drugo je po redu optimalno rješenje pri implementaciji ekološki i socio-ekonomski održivog sustava morskih autocesta u slučajevima kada se naglasak stavlja na sve kombinacije kriterija, osim kada je naglasak na kriteriju Postojećih infrastrukturnih kapaciteta te istodobnom utjecaju kriterija Ekoloških i Socio-ekonomskih eksternih troškova prijevoza i Postojećih infrastrukturnih kapaciteta gdje je treće rangirani scenarij.

Model jedne luke treće je po redu optimalno rješenje pri implementaciji ekološki i socio-ekonomski održivog sustava morskih autocesta posebice iz razloga što je treće rangirani scenarij u slučajevima kada se naglasak stavlja na kriterij Emisije štetnih ispušnih plinova, kriterij Ekoloških i Socio-ekonomskih eksternih troškova prijevoza, istodoban utjecaj kriterija Emisije štetnih ispušnih plinova i Ekoloških i Socio-ekonomskih eksternih troškova prijevoza te istodoban utjecaj kriterija Ekoloških i Socio-ekonomskih eksternih troškova prijevoza i Postojećih infrastrukturnih kapaciteta. Međutim, bitno je napomenuti kako je model jedne luke prvo rangirani scenarij u slučaju kada je naglasak stavljen samo na kriterij Postojećih infrastrukturnih kapaciteta te drugo rangirani model u slučaju kada je naglasak stavljen na istodobne utjecaje kriterija Ekoloških i Socio-ekonomskih eksternih troškova prijevoza i Postojećih infrastrukturnih kapaciteta.

U odnosu na trenutni model funkcioniranja prometnog sustava u Republici Hrvatskoj, gdje je razvoj lučkog i gravitacijskog prometnog sustava prepušten svakoj luci samostalno (šest samostalnih luka), te gdje ne postoji sustavno specijaliziranje svake luke ili pravca, rezultati analize su poražavajući. Oni svjedoče da je trenutni model implementacije morskih autocesta (imajući u vidu da su servisi morskih autocesta trenutno dominantni u ukupnoj europskoj pomorskoj razmjeni dobara)

potpuno neprimjereni i da ne postoji niti jedan element koji bi opravdao njegovo zadržavanje. Dakle, analiza upućuje na zaključak da se znanstvenim pristupom koji uključuje identifikaciju svih relevantnih čimbenika, trenutnu analizu stanja cjelokupne prometne infrastrukture te identifikacijom kriterija koji utječu na funkcioniranje sustava morskih autocesta, može sigurno i točno odrediti koji je model optimalan za uvođenje održivog sustava morskih autocesta, ali i ocjenu postojećeg modela.

Zaključno, analiza rezultata istraživanja navodi na pet ključnih zaključaka na promatranom primjeru Republike Hrvatske:

- Trenutni model funkcioniranja prometnog i lučkog sustava Republike Hrvatske potpuno je neprimjeren za razvoj i implementaciju ekološki i socio-ekonomski održivog sustava pomorskih prometnica i najlošije je rješenje u odnosu na sve identifikiranje modele.
- Optimalno rješenje je razvoj dvije luke i gravitacijske prometne infrastrukture u odnosu na identificirana gravitirajuća tržišta. Koncept je on baziran na potpunoj specijalizaciji dviju odabranih luka i gravitirajuće prometne infrastrukture u odnosu na identificirana gravitirajuća tržišta.
- Visoka infrastrukturna ulaganja treba minimizirati, te sve napore usmjeriti u smjeru efikasne i učinkovite optimizacije postojećih infrastrukturnih kapaciteta.
- Visoke kapitalne Investicije koje su opravdane te ekološki i socio-ekonomski održive u slučaju uvođenja sustava morskih autocesta jesu investicije u izgradnju i modernizaciju željezničkog sustava prijevoza, odnosno povezivanju luka sa identificiranim gravitirajućim tržištima.
- U slučaju da Republika Hrvatska odluči aktivno sudjelovati u razvoju održivog sustava morskih autocesta, samostalno ili koordinirano s prijevozničkim operaterima, optimalan je model dvije luke. Taj model znači specijalizaciju i preferiranje tih dviju luka, fokusiranje infrastrukturnih ulaganja na te luke, dok se ostale luke svjesno prepuštaju razvoju ostalih vrsta tereta te privatnim ulaganjima. Stoga, ovaj model može se smatrati optimalnim rješenjem za implementaciju ekološki i socio-ekonomski održivog sustava morskih autocesta u Republici Hrvatskoj.

Spomenute zaključke generirala je analiza emisija ispušnih plinova i eksternih troškova prijevoza pojedinih relacija u odnosu na postavljene scenarije, trenutnog stanja infrastrukture, svih uključenih relevantnih čimbenika pretvorenih u kriterije i

potkriterije te dodjeljivanje težina u odnosu na kombinacije njihovog utjecaja. Rezultati istraživanja svakako mogu biti i drugačiji promjenom bilo kojeg od ovih elemenata. U ovakvoj kombinaciji modeli su analizirani na slučaju Republike Hrvatske i prema trenutnom stanju infrastrukture Republike Hrvatske. Analiza je svakako primjenjiva na bilo koji prometni sustav u svijetu, bilo da se radi o nacionalnom sustavu ili regionalnom sustavu. Za očekivati je da bi ista analiza na primjeru nekoga drugoga nacionalnog sustava rezultirala drugačijim zaključcima, ali i da se na navedene zaključke analize na primjeru Republike Hrvatske može utjecati intervencijom u kriterije, potkriterije, njihove težine ili promjenom stanja infrastrukture.

Doktorand je provedenim istraživanjem dokazao hipotezu da je znanstveno utemeljenim spoznajama o tehnologiji i organizaciji funkcioniranja intermodalnog prijevoza, a posebno o kreiranju sustava morskih autocesta, moguće predložiti model, mjere i aktivnosti za implementaciju ekološki i socio-ekonomski održivog sustava morskih autocesta čime se omogućava daljnji rast i razvoj intermodalnog prijevoza, povećanje učinkovitosti i konkurentnosti prometnog pravca, gospodarski razvoj uključenih područja, te efikasna zaštita okoliša istih.

Hipotezom se dokazuje da odgovarajuće modeliran, optimalno strukturiran i vođen sustav morskih autocesta pozitivno utječe na razvoj intermodalnog sustava prijevoza, te povećanje učinkovitosti i konkurentnosti pojedinog prometnog pravca uz istodoban gospodarski razvoj i zaštitu okoliša uključenih područja smanjenjem ukupnih ekoloških i socio-ekonomskih troškova prijevoza.

POPIS LITERATURE

1. Knjige

1. Brnjac, Nikolina: **Intermodalni transportni sustavi**, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, 2012.
2. Čičak, Mirko: **Modeliranje u željezničkom prometu**, Institut prometa i veza, Zagreb, 2005.
3. Dundović, Čedomir: **Lučki terminali**, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet, Rijeka, 2002.
4. Dundović, Čedomir: **Pomorski sustav i pomorska politika**, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci, Glosa d.o.o., 2003.
5. Dundović, Čedomir: **Prekrcajna sredstva prekidnog transporta**, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci, Glosa d.o.o., 2005.
6. Dundović, Čedomir; Kesić, Blanka: **Tehnologija i organizacija luka**, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci, 2001.
7. Dundović, Čedomir; Poletan Jugović, Tanja; Jugović, Alen; Hess, Svjetlana: **Integracija i koordinacija lučkog i prometnog sustava Republike Hrvatske**, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet, Glosa d.o.o., 2006.
8. Golubić, Jasna: **Promet i okoliš**, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, 1999.
9. Jolić, Natalija: **Luke i ITS**, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008.
10. Jolić, Natalija: **Lučki terminali**, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2003.
11. Kesić, Blanka: **Ekonomika luka**, Pomorski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2003.
12. Kesić, Blanka; Jugović, Alen: **Menadžement pomorskoputničkih luka**, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet, Liber d.o.o., 2006.
13. Kirinčić, J.: **Luke i terminali**, Školska knjiga, Zagreb, 1991.
14. Komadina, Pavao: **Brodovi multimodalnog transportnog sustava**, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci, 1998.
15. Mrnjavac, Edna: **Multimodalni transportni sustavi**, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci, 1994.
16. Mrnjavac, Edna: **Pomorski sustav**, Pomorski fakultet, Sveučilište u Rijeci, 1998.

17. Nes van, Robertus: ***Design of multimodal transport networks: a hierarchical approach***, Delft, Universiti Press, 2002.
18. Newborne, Malcom J.: ***An Illustrated Guide to Intermodal Transport by Land In the United States***, Cargo Transport Corporation, Marco Island, Florida, 2003.
19. Nikolić, Ilija; Borović, Siniša: ***Višekriterijumska optimizacija – metode, primjena i softver***, Dio II, Beograd, Centar vojnih škola vojske Jugoslavije, 1996.
20. Pađen, Juraj: ***Metode prostorno-prometnog planiranja***, Zagreb, Informator, 1978.
21. Perkner, Radim: ***Intermodal transportation***, Union College, New York, 2001.
22. Saaty, Thomas L.: ***Decision making with the analitics hierarchy process***, Int. J. Services Science, 1 (1), 2008.
23. Schumer, Leslie Arthur: ***Elements of transport***, Butterworths, Sydney, 1974.
24. Triantaphyllou, E.; Shu, B.; Nieto Sanchez, S.; Ray, T.: ***Multi-Criteria Decision Making: An Operations Research Approach***, Encycloperia of Electrical and Electronics Engineering, (J. G. Webster, Ed.), John Wiley & Sons, New York, 1998.
25. Vranić, Duško; Kos, Serđo: ***Morska kontejnerska transportna tehnologija I.***, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci, 2008.
26. Vranić, Duško; Kos, Serđo: ***Morska kontejnerska transportna tehnologija II.***, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci, 2006.
27. Vrenken, Huub; Macharis, Cathy; Wolters, Peter: ***Intermodal Transport in Europe***, European Intermodal Association, Brussels, 2005.
28. Zelenika, Ratko: ***Logistički sustavi***, Sveučilište u Rijeci, Ekonomski fakultet u Rijeci, 2005.
29. Zelenika, Ratko: ***Multimodalni prometni sustavi***, Sveučilište u Rijeci, Ekonomski fakultet u Rijeci, 2006.
30. Zelenika, Ratko: ***Pravo multimodalnoga prometa***, Sveučilište u Rijeci, Ekonomski fakultet u Rijeci, 2006.
31. Zelenika, Ratko: ***Prometni sustavi***, Sveučilište u Rijeci, Ekonomski fakultet u Rijeci, 2001.
32. Zelenika, Ratko; Skender Pavlić, Helga: ***Upravljanje logističkim mrežama***, Ekonomki fakultet u Rijeci, Sveučilište u Rijeci, Rijeka, 2007.

2. Članci, referati, izvješća

1. Ángel, Miguel; Navarro, López; ***Environmental Factors and Intermodal Freight Transportation: Analysis of the Decision Bases in the Case of Spanish Motorways of the Sea***, Sustainability, 6, 1544-1566., 2014.
2. Baird, Alfred: EU Motorways of the Sea Policy, European Conference on Sustainable Goods and Passenger Transport, Kristiansand, 2005.
3. Baird, Alfred: ***Redefining maritime transport infrastructure***, Proceedings of ICE, Civil Engineering 163, Paper 09-00054, 2010.
4. Belamarić, Goran: ***LASH & RO-RO TEHNOLOGIJA***, Sveučilište u Splitu, Pomorski fakultet u Splitu, Split, 2011.
5. Bendeković, Jadranka; Jolić, Ante; Jolić, Natalija; ***Upravljanje kvalitetom lučkih usluga***, Ekonomska misao i praksa, 1, 85-104., 2010.
6. Brans, J.P.; Vincke, Philippe: ***Preference Ranking Organisation Methods: The Promethee Method for MCDM***, Management Science, 13., p. 647-656., 1985.
7. Buekers, Jurgen; Van Holderbeke, Mirja; Bierkens, Johan; Int Panis, Luc; ***Health and environmental benefits related to electric vehicle introduction in EU countries***, Transportation Research Part D 33, 26–38., 2014.
8. Bukljaš, Mihaela; Jolić Natalija; ***Functional Analysis of Republic of Croatia for Short Sea Shipping Development***, PROMET - Traffic&Transportation, 22 (1), 53-63., 2010.
9. Cukrov, Marijan; Juretić, Sandra; Žgaljić, Dražen; ***Improving the efficiency of customs procedures in the mediterranean sea ports as a function of development of port transport networks***, Book of Proceedings, 6th International Maritime Science Conference IMSC, University of Split, Faculty of Maritime Studies, Split, 231-238., 2014.
10. Dundović, Čedomir; Bilić, Mirko; Dvornik, Joško; ***Contribution to the development of a simulation model for a seaport in specific operating conditions***, Promet – Traffic & Transportation, 21 (5), 331-340., 2009.
11. Dundović, Čedomir; Hess, Svjetlana; Šantić, Livia; ***Proračun opterećenja i kapaciteta kontejnerskog terminala luke Ploče***, Pomorstvo, 20 (2), 79-95., 2006.
12. Dundović, Čedomir; Jugović, Alen; Žgaljić, Dražen: ***Analysis of Croatian ports in respect to Motorways of the Sea implementation***, Book of Proceedings, 4th

- International Maritime Science Conference IMSC, University of Split, Faculty of Maritime Studies, Split, 35-49., 2012.
13. Dundović, Čedomir; Plazibat, Veljko; ***Lučka i prometna infrastruktura Republike Hrvatske***, Pomorstvo, 25 (1), 209-222., 2011.
 14. Dundović, Čedomir; Siniša, Vilke; Šantić, Livia; ***Značenje željezničke pruge visoke učinkovitosti Zagreb – Rijeka za razvoj riječke luke***, Pomorstvo, 24 (2), 165-188., 2010.
 15. Forkenbrock, David J.; ***Comparison of external costs of rail and truck freight Transportation***, Transportation Research Part A 35., 321-337., 2001.
 16. Genova, Krasimira; Vassilev, Vassil; Andonov, Filip; Vassileva, Mariyana; Konstantinova Silvia: ***A Multicriteria Analysis Decision Support System***, International Conference on Computer Systems and Technologies – CompSysTech, III A., 10-1., (17-18), 1-6., Rouse, 2004.
 17. Georgakellos, Dimitrios A.; ***Climate change external cost appraisal of electricity generation systems from a life cycle perspective: the case of Greece***, Journal of Cleaner Production 32., 124-140., 2012.
 18. Grubišić, Neven; Dundović, Čedomir; ***Primjena sistemskog inženjeringa u planiranju lučkih terminala***, Pomorstvo, 25 (1), 189-207., 2011.
 19. Gulli, Francesco; ***Social choice, uncertainty about external costs and trade-off between intergenerational environmental impacts: The emblematic case of gas-based energy supply decentralization***, Ecological Economics 57., 282–305., 2006.
 20. Holmgren, Johan; Ramstedt, Linda; Davidsson, Paul; Edwards, Henrik; Persson, Jan A.; ***Combining macro-level and agent-based modeling for improved freight transport analysis***, Procedia Computer Science 32., 380-387., 2014., 5th International Conference on Ambient Systems, Networks and Technologies (ANT-2014).
 21. Iannone, Fedele; ***The private and social cost efficiency of port hinterland container distribution through a regional logistics system***, Transportation Research Part A 46., 1424–1448., 2012.
 22. Ide, Kayo; Wiggins, Stephen; ***Transport induced by mean-eddy interaction: II. Analysis of transport processes***, Commun Nonlinear, Sci Numer Simulat 20., 794-806., 2015.

23. Janić, Milan; ***An assessment of the performance of the European long intermodal freight trains (LIFTS)***, Transportation Research Part A 42., 1326-1339., 2008.
24. Janić, Milan; ***Modelling the full costs of an intermodal and road freight transport network***, Transportation Research Part D: Transport and Environment, 12 (1), 33–44., 2007.
25. Jolić, Natalija; Lazibat, Tonči; Jolić, Ante: ***Diferenciranje tehnoloških procesa lučkog sustava u funkciji uspostave kvalitete lučke usluge***, Poslovna izvrsnost, 2 (1), 9-19., 2008.
26. Jolić, Natalija; Žgaljić, Dražen; Bukljaš Skočibušić, Mihaela: ***Adriatic Short Sea Shipping development***, 5th International conference on maritime transport; "Maritime transport V. Technological, innovation and research", Barcelona, 2012.
27. Jolić, Nikolina; Kavran, Zvonko; Lazibat, Tonči: ***Poslovna izvrsnost u području tehnologije prometa***, Poslovna izvrsnost, 3 (1), 131-143., 2009.
28. Jugović, Alen; ***A contribution to the decentralization of ports open to the county important public traffic***, Pomorstvo, 21 (1), 177-187., 2007.
29. Jugović, Alen; Bistričić, Ante; Perić Hadžić, Ana; ***Organization of Croatian county seaport management system***, Management, 16 (2), 43-69., 2011.
30. Jugović, Alen; Hess, Svjetlana; Poletan Jugović, Tanja; ***Demand Forecasting for Port Services***, PROMET - Traffic&Transportation, 23 (1), 59-69., 2011.
31. Jugović, Alen; Mezak, Vlado; Lončar, Slavko; ***Organization of Maritime Passenger Ports***, Pomorski zbornik, 44 (1), 93-104., 2006.
32. Jugović, Alen; Žanić Mikuličić, Jelena; Livija Maglić; ***Impact of external costs on the implementation of Motorways of the Sea system***, Pomorstvo, 28., 17-21., 2014.
33. Jugović, Alen; Žgaljić, Dražen; Poletan Jugović, Tanja: ***Model poticaja razvoja intermodalnog prijevoza jadranske regije u funkciji održivog razvoja***, Pomorstvo, 24 (2), 129-146., 2010.
34. Karleuša, B.; Deluka-Tibljaš, A.; Benigar, M.: ***Mogućnosti primjene postupaka višekriterijske optimizacije u prometnom planiranju i projektiranju***, Suvremeni promet, Hrvatsko znanstveno društvo za promet, Zagreb, 23, 1-2., 2003.
35. Kegelj, Igor; Cukrov, Marijan; ***Ecological aspects of intermodal transport through the Adriatic***, Book of Proceedings, 4th International Maritime Science

- Conference IMSC, University of Split, Faculty of Maritime Studies, Split, 271-283., 2012.
36. Kegalj, Igor; Cukrov, Marijan: ***Influence of the adriatic transport corridor on the sustainable development of the croatian economy***, Book of Proceedings, ZIRP 2012, The International Scientific Conference; DEVELOPMENT OF LOGISTICS AND TRANSPORT SYSTEM SUPPORTED BY EU FUNDS, University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences, Zagreb, 18-30., 2012.
37. Kegalj, Igor; Cukrov, Marijan; Žgaljić Dražen; ***Adriatic transport corridor in the process of european integrations***, Book of Proceedings, 5th International Maritime Science Conference IMSC, University of Split, Faculty of Maritime Studies, Split, 182-189., 2013.
38. Kegalj, Igor; Žgaljić, Dražen; Cukrov, Marijan; ***Adriatic transport corridor in the framework of the european intermodal network***, Book of Proceedings, POWA 2012 - 7th INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE PORTS AND WATERWAYS - Water transport within regional development context, University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences, Zagreb, 66-76., 2012.
39. Kesić, Blanka; Jakomin, Livij; Jugović, Alen; ***Development possibilities of the Northern Adriatic ports of Rijeka, Koper and Trieste***, Acta Geographica Croatica, 37 (1), 93-101., 2010.
40. Kesić, Blanka; Jugović, Alen: ***Korištenje pomorskog dobra u gospodarskom razvoju pomorstva na Jadranu***, Pomorstvo, Journal of Maritime Studies, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci, 19., Rijeka, 2005.
41. Kesić, Blanka; Jugović, Alen: ***Potrebe i mogućnosti organizacije logističko distribucijskog centra u riječkoj regiji***, Pomorski zbornik, 42 (1), 187-208., 2004.
42. Knörr, Wolfram; Schmied, Martin; Anthes, Ralph; Seum, Stefan; Kutzner, Frank: EcoTransIT World Initiative - ***Ecological Transport Information Tool for Worldwide Transports***, Berne – Hannover – Heidelberg, 2014.
43. Kontić, Branko; Dermol, Urška: ***Confronting reality in strategic environmental assessment in Slovenia — Costs and benefits***, Environmental Impact Assessment Review 50., 42-52., 2015.
44. Kovačić, Mirjana; ***Primjena AHP metode za izbor lokacije luke nautičkog turizma na primjeru sjevernog Jadrana***, Naše more, 55 (5-6)., 2008.

45. Kreutzberger, Ekki D.; ***Distance and time in intermodal goods transport networks in Europe: A generic approach***, Transportation Research Part A 42., 973–993., 2008.
46. Liu, Z.; Meng, Q.; Wang, S.; Sun, Z.: ***Global intermodal liner shipping network design***, Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 61., 28-39., 2014.
47. Macharis, Cathy; De Witte, Astrid; Festraets, Tim; Ampe, Jereon: ***The multi-actor, multi-criteria analysis methodology (MAMCA) for the evaluation of transport projects: theory and practice***, Journal of Advanced Transportation, 43 (2), 183-202., 2009.
48. Macharis, Cathy; Van Hoeck, Ellen; Pekin, Ethem; Lier, Tom: ***A decision analysis framework for intermodal transport: Comparing fuel price increases and the internalisation of external costs***, Transportation Research Part A, 44, 550-561., 2010.
49. Matczak, M.: ***Maritime Safety in European Concept of the Internalization of External Costs of Transport***, International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, 3 (2), 2009.
50. Md Zahurul, Islam; Dewan, Meier, J. Fabian; Aditjandra, Paulus; Zunder, Thomas H; Pace, Giuseppe: ***Logistics and supply chain management***, Research in Transportation Economics, 41., 3-16., 2013.
51. Michiels, Hans; Mayeres, Inge; Int Panis, Luc; De Nocker, Leo; Deutsch, Felix; Lefebvre, Wouter: ***PM2.5 and NOx from traffic: Human health impacts, external costs and policy implications from the Belgian perspective***, Transportation Research Part D 17., 569-577., 2012.
52. Mojaš, Nikša; Vujičić, Srđan; Hrdalo, Niko: ***Security on Board***, Naše More, 60 (3-4), 2013.
53. Moliner, Enrique; Vidal, Rosario; Franco, Vicente: ***A fair method for the calculation of the external costs of road traffic noise according to the Eurovignette Directive***, Transportation Research Part D 24., 52–61., 2013.
54. Mrvica, Ante; Jugović, Alen; Kovačić, Mirjana: ***The role and applicability of multi-criteria procedures in the function of defining the model for connecting the mainland and islands and islands in between***, Pomorstvo, 29 (2), 156-164., 2015.

55. Musso, Antonio; Rothengatter, Werner: ***Internalisation of external costs of transport – A target driven approach with a focus on climate change***, Transport Policy 29., 303-314., 2013.
56. Patsia, Maria A.; Botzoris, George N.: ***Reducing the Environmental Cost of Freight Transport: Proposal for Alternative Transport Routes***, 1st International Virtual Conference on ITS, Democritus Thrace University, Department of Civil Engineering Section of Transportation, Xanthi, 121-126., 2013.
57. Pérez-Martínez, P.J.; Vassallo-Magro, J.M.: ***Changes in the external costs of freight surface transport in Spain***, Research in Transportation Economics 42., 61-76., 2013.
58. Peterson, Bruce E: ***Intermodal and international freight network modeling***, Transportation Research Part C, 8., 147-166., 2000.
59. Tseng, Po-Hsing; Lin, Dung-Ying; Chien, Steven: ***Investigating the impact of highway electronic toll collection to the external cost: A case study in Taiwan***, Technological Forecasting & Social Change 86, 265–272., 2014.
60. Poletan Jugović, Tanja; Cvetković, Martina: ***Analiza i prognoza glavnih tokova kontejnerskog prometa u svijetu***, Pomorstvo, 22 (1), 53-71., 2008.
61. Poletan Jugović, Tanja; Jolić, Natalija; Kavran, Zvonko: ***Comparative Analysis of Cargo Flows on Branches VB and VC of the Pan-European Corridor V***, PROMET - Traffic&Transportation, 21 (3), 205-216., 2009.
62. Poletan Jugović, Tanja; Jugović, Alen; Karleuša, Barbara: ***Solution Valuating in Transport Planning by Implementation of the Multicriteria Optimization***, 10th International Conference on Traffic Science ICTS 2006, TRANSPORTATION AND GLOBALIZATION, Fakultet za pomorstvo in promet, Portorož, 2006.
63. Poletan Jugović, Tanja; Jugović, Alen; Zelenika, Ratko: ***Multicriteria Optimisation in Logistic Forwarder Activities***, PROMET – Traffic & Transportation, 19 (3), 2007.
64. Poletan Jugović, Tanja; Kolanović, Ines; Šantić, Livia: ***Svjetski pomorski robni tokovi***, Naše more 57(3-4), 103-112., 2010.
65. Poletan Jugović, Tanja; Stojanović, Marina: ***Perspektiva valorizacije sjevernojadranskog područja u europskom prometnom okruženju***, Pomorstvo, 27 (1), 79-200., 2013.

66. Poletan Jugović, Tanja: ***Struktura preferencije kriterija pri izboru optimalnog prometnog pravca***, Pomorstvo, 20 (2), 47-64., 2006.
67. Poletan Jugović, Tanja; Sušanj Renata: ***Morske autoceste u funkciji optimizacije strukture robnih tokova***, Naše more, 60 (1-2), 25-33., 2013.
68. Qingyu, Lou; Zhicai, Juan; Baofeng, Sun; Hongfei, JIA: ***Research on Measuring the External Costs of Urban Traffic Congestion***, Journal of transportation systems engineering and information technology, 7(5), 9–12., 2007.
69. Racunica, Illia; Wynter, Laura: ***Optimal location of intermodal freight hubs***, Transportation Research Part B, 39, 453-477., 2005.
70. Rajabiun, Reza; Middleton, Catherine; ***Regulation, investment and efficiency in the transition to next generation broadband networks: Evidence from the European Union***, Telematics and Informatics, 32, 230-244., 2015.
71. Reis, Vasco; Meier, J. Fabian; Pace, Giuseppe; Palacin, Roberto: ***Rail and multi-modal transport***, Research in Transportation Economics, 41, 17-30., 2013.
72. Roumboutsos, Athena; ***Predicting intermodal transport changes through a flow game framework***, Transportation Research Procedia, 1, 57-66., 2014.
73. Roy, Bernard; Vincke, Philippe: ***Multicriteria analysys: survey and new direction***, European Journal of Operational Research, 8 (3), 207-218., 1981.
74. Roy, Bernard; Vincke, Philippe; Mareschal, Bertrand: ***How to Select and How to Rank Project: The PROMETHEE Method***, European Journal of Operational Research, 24., p. 207-218., 1981.
75. Rumenjak, Damir; ***Problemi određivanja troškova u cost-benefit analizi***, Zbornik radova VII. Međunarodnog simpozija gospodarenja otpadom, Zagreb, 2004.
76. Saaty, Thomas L.: ***How to make a decision: The Analitic Hierarchy Process***, European Journal of Operational Research, 48 (1), 9-26., 1990.
77. Sciozzi, Donald; Poletan Jugović, Tanja; Jugović, Alen: ***Structural analysis of cruise passenger traffic in the world and in the Republic of Croatia***, Pomorstvo, 29 (1), 8-15., 2015.
78. Singh, Paul; Singh, Jay; Antle, John; Topper, Erin; ***Load Securement and Packaging Methods to Reduce Risk of Damage and Personal Injury for Cargo Freight in Truck, Container and Intermodal Shipments***, Journal of Applied Packaging Research, 6 (1), 47-61., 2014.

79. Tomašević, Marko, Jadrijević, Nela, Dundović, Čedomir; ***Analiza kretanja kontejnerskog prometa luke Rijeka u usporedbi s lukom Kopar***, Pomorstvo, 25 (2), 469-485., 2011.
80. Torchio, Marco, Santarelli, Massimo; ***Energy, environmental and economic comparison of different powertrain/fuel options using well-to-wheels assessment***, energy and external costs e European market analysis, Energy, 35, 4156-4171., 2010.
81. Tsamboulas, Dimitrios, Vrenken, Huub, Lekka, Anna-Maria; ***Assessment of a transport policy potential for intermodal mode shift on a European scale***, Transportation Research Part A, 41, 715-733., 2007.
82. Tsung-Sheng, Chang; ***Best routes selection in international intermodal networks***, Computers & Operations Research, 35, 2877-2891., 2008.
83. Van Dender, Kurt; ***Energy policy in transport and transport policy***, Energy Policy, 37, 3854-3862., 2009.
84. Wang, S.; ***A novel hybrid-link-based container routing model***, Transportation Research Part E: Logistics and Transportation, 61, 165-175., 2014.
85. Yihui, Tian; Qinghua, Zhu; Kee-hung, Lai; Y.H. Venus, Lun; ***Analysis of greenhouse gas emissions of freight transport sector in China***, Journal of Transport Geography, 40, 43-52., 2014.
86. Zhaohua, Wang; Milin, Lu; ***An empirical study of direct rebound effect for road freight transport in China***, Applied Energy, 133, 274-281., 2014.
87. Žgaljić, Dražen; Cukrov, Marijan; Kegelj, Igor; ***The importance of intelligent transport systems in the development of Adriatic Motorways of the Sea***, Book of Proceedings, POWA 2012 - 7th INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE PORTS AND WATERWAYS - Water transport within regional development context, University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences, Zagreb, 51-65., 2012.
88. Žgaljić, Dražen; Cukrov, Marijan; Tsamboulas, Dimitrios; Chiappetta, Andrea; ***The development of Adriatic Motorways of the Sea for sustainable development of intermodal transportation***, Book of Proceedings, POWA 2011 - 6th International Scientific Conference; „Transport market: Intermodality & Liberalisation“, University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences, Zagreb, 190-199., 2011.

3. Ostali izvori

1. Barrios, Salvador; Ibañez Rivas, Nicolás: ***Climate Amenities and Adaptation to Climate Change: A Hedonic - Travel Cost Approach for Europe***, European Commission, Institute for Prospective Technological Studies, Joint Research Centre, Seville, 2014.
2. Benac, Čedomir: ***Zaštita okoliša***, Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet u Rijeci, skripta, Rijeka, 2013.
3. Brons, Martijn; Christidis, Panayotis: ***External cost calculator for Marco Polo freight transport project proposals***, European Commission, Joint Research Centre, Institute for Prospective Technological Studies, Seville, 2011.
4. Brons, Martijn; Christidis, Panayotis: ***External cost calculator for Marco Polo freight transport project proposals***, European Commission, Joint Research Centre, Institute for Prospective Technological Studies, Seville, (updated version), 2013.
5. Comer, Bryan: ***Sustainable intermodal freight transportation: applying the geospatial intermodal freight transport model***, Rochester Institute of Technology, Rochester, New York, 2009. (thesis, published).
6. Commission of the European Communities: ***Commission Staff Working Papers; Guide to Customs Procedures for Short Sea Shipping***, SEC(2002) 632, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
7. Commission of the European Communities: ***Communication and Action Plan with a View to Establishing a European Maritime Transport Space without Barriers***, COM (2009) 10 final, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
8. Commission of the European Communities: ***Communication and Proposals by the Commission to the Council; Progress towards a Common Transport Policy. Maritime transport***, COM(1985) 90 final, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
9. Commission of the European Communities: ***Communication from the Commission. The Future Development of the Common Transport Policy: A Global Approach to the Construction of a Community Framework for Sustainable Mobility***, COM(1992) 494 final, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

10. Commission of the European Communities: ***Communication from the Commission – Programme for the Promotion of Short Sea Shipping & Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on Intermodal Loading Units***, COM(2003) 155 final, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
11. Commission of the European Communities: ***Communication from the Commission to the Council and the European Parliament. Keep Europe Moving – Sustainable Mobility for our Continent. Mid-term Review of the European Commission's 2001 Transport White Paper***, COM(2006) 0314 final, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
12. Commission of the European Communities: ***Communication of the commission to the council on the development of the common transport policy***, COM(1973) 1725 final', Bulletin of the European Communities Supplement 16/73, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
13. Commission of the European Communities: ***Communication from the Commission to the Council to the European Parliament the Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. The Common Transport Policy: Sustainable Mobility. Perspectives for the Future***, COM(1998) 716 final, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
14. Commission of the European Communities: ***Communication of the commission to the council on the development of the common transport policy***, COM(1973) 1725 final', Bulletin of the European Communities Supplement 16/73, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
15. Commission of the European Communities: ***Communication from the Commission on the Development of Short Sea Shipping in Europe – Prospects and Challenges***, COM(1995) 317 final, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg
16. Commission of the European Communities: ***Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. The Development of Short Sea Shipping in Europe: A Dynamic Alternative in a Sustainable Transport Chain. Second Two-yearly Progress Report***, COM(1999) 317 final, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

17. Commission of the European Communities: ***Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions – Strategic Goals and Recommendations for the EU's Maritime Transport Policy until 2018***, COM (2009) 8 final, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg
18. Commission of the European Communities: ***Green Paper on the Impact of Transport on the Environment. A Community Strategy for Sustainable Mobility, Communication from the Commission***, COM(1992) 46 final, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
19. Commission of the European Communities: ***'Le Memorandum de la Commission sur l'orientation à donner à la politique commune des transports'***, Bulletin de la Communauté Economique Européenne, 7/8, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg
20. Commission of the European Communities: ***Priority Projects for the Trans-European Transport Network up to 2020***, High-Level Group Report, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
21. Commission of the European Communities: ***Staff Working Paper - Financial and Fiscal Measures Concerning Shipping Operations with Ships Registered in the Community***, SEC(1989) 921 final, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
22. Commission of the European Communities: ***White Paper - European Transport Policy for 2010: Time to Decide***, COM(2001) 0370 final, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
23. Commission of the European Communities: ***White Paper - Adapting to climate change: Towards a European framework for action***, COM(2009) 147/4, Brussels, 2009.
24. Commission of the European Communities: ***White Paper - Roadmap to a Single European Transport Area – Towards a Competitive and Resource Efficient Transport System***, COM(2011) 144 final, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
25. Council of the European Union: ***Council Regulation (EEC) No 4055/86 of 22 December 1986 applying the principle of freedom to provide services to***

- maritime transport between member states and between member states and third countries*, Official Journal L378, 31/12/1986
26. Council of the European Union: ***Council Regulation (EEC) No 4056/86 of 22 December 1986 laying down detailed rules for the application of Articles 85 and 86 of the Treaty to maritime transport***, Official Journal L378, 31/12/1986,
 27. Council of the European Union: ***Council Regulation (EEC) No 4057/86 of 22 December 1986 on unfair pricing practices in maritime transport***, Official Journal L378, 31/12/1986,
 28. Council of the European Union: ***Council Regulation (EEC) No 4058/86 of 22 December 1986 concerning coordinated action to safeguard free access to cargoes in ocean trades***, Official Journal L378, 31/12/1986.
 29. Daccarett-Garcia, Jorge Y.; ***Modeling the environmental impact of demand variability upon supply chains in the beverage industry***; Rochester Institute of Technology, Rochester, New York, 2009. (Thesis, published).
 30. European Commission, Directorate-General for Maritime Affairs and Fisheries; ***The potential of Maritime Spatial Planning in the Mediterranean Sea, Case study report: The Adriatic Sea***, Policy Research Corporation, 2011.
 31. European Commission: ***The EU and its neighbouring regions: A renewed approach to transport cooperation***, COM(2011) 415 final, Brussels, 2011.
 32. European Commission, ***Report on the Motorways of the Sea – State of play and consultation***, Commission staff working document, SEC(2007) 1367, Brussels, 2007.
 33. Falzarano, Aaron; ***An Evaluation of Energy Consumption and Emissions from Intermodal Freight Operations on the Eastern Seaboard: A GIS Network Analysis Approach***, Rochester Institute of Technology, Rochester, New York, 2008. (Thesis, published).
 34. Farbod, Farhadi; ***Runway Operations Management: Models, Enhancements, and Decomposition Techniques***, University of Massachusetts, Amherst, 2014. (Thesis, published).
 35. Fridell, Erik; Jerksjö, Martin; Wolf, Christina; Belhaj, Mohammed. ***A tool for calculating external costs associated with transportation of goods***, Swedish environmental research institute (IVL) for CPM – Center for Environmental Assessment of Product and Material Systems, CPM Report No. 2009:4, Chalmers University of Technology, Göteborg, 2009.

36. Ghosh, Arindam; ***Freight Transportation and the Environment: Using Geographic Information Systems to Inform Goods Movement Policy***, Rochester Institute of Technology, Rochester, New York, 2011. (Thesis, published).
37. Hatcher, Jill M: ***Environmentally-integrated optimization modeling of intermodal freight transportation: An Application of the I-95 corridor region***, Rochester Institute of Technology, Rochester, New York, 2018. (Thesis, published).
38. ***Illustrated glossary for transport statistics***, ITF/EUROSTAT/UN Economic Commission for Europe, 2009.
39. ***Intermodality and intermodal freight transport in the European Union - A systems approach to freight transport***, Strategies and actions to enhance efficiency, services and sustainability, Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, COM (97) 243 final, 1997.
40. ***International Maritime Dangerous Goods Code***, Inter-Governmental Maritime Consultative Organisation, London, Vol. I-IV, 1977.
41. Jugović, Alen: ***Racionalizacija upravljanja županijskim morskim lukama u Republici Hrvatskoj***, Rijeka, 2008., (Doktorski rad, neobjavljeno).
42. Korzhenevych, Artem; Dehnen, Nicola; Bröcker, Johannes; Holtkamp, Michael; Meier, Henning; Gibson, Gena; Varma, Adarsh; Cox, Victoria: ***Update of the Handbook on External Costs of Transport***, European Commission – DG Mobility and Transport, MOVE/D3/2011/571, Ricardo-AEA, 2014.
43. Kovačić, Bojan: ***Višekriterijsko odlučivanje u prometu***, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2004., Magistarski znanstveni rad (objavljeno).
44. Kumar Chanda, Praveen: ***Modeling intermodal freight flows using GIS***, The University of Toledo, Toledo, 2004. (Thesis, published).
45. Kurniati, Katrina Maria: ***Evaluation of Employment Benefits of Ultra-Heavy Trucks: Wisconsin Case Study***, The University of Wisconsin-Milwaukee, 2014. (Thesis, published).
46. Maibach, M.; Schreyer, C.; Sutter, D.; Van Essen, H.P.; Boon, B.H.; Smokers, R.; Schroten, A.; Doll, C.; Pawlowska, B.; Bak, M.: ***Handbook on estimation of external costs in the transport Sector***, Produced within the study Internalisation

- Measures and Policies for All external Cost of Transport (IMPACT), Report Delft, 2008.
47. Medved, Saša: ***Procjena emisije ispušnih plinova u cestovnom prometu korištenjem metode MEET***, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Diplomski rad (objavljeno), Zagreb, 2004.
 48. Miola, A., Paccagnan, V., Mannino, I., Massarutto, A., Perujo, A., Turvani, M.; ***External costs of Transportation Case study: maritime transport***, European Commission, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability, Ispra, 2009.
 49. Miola, A., Pac, V.; ***Review of the measurement of external costs of transportation in theory and practice***, European Commission, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability, Ispra, 2008.
 50. Murphy, Colin; ***Health impacts from diesel freight emissions: Development of a geospatial analytical framework for policy evaluation with a case study of Sacramento***, Rochester Institute of Technology, Rochester, New York, 2008. (Thesis, published).
 51. Resanović, B., Vranjković, M., Orsag, Z.: ***Buka okoliša – Javnozdravstveni problem, Služba za medicinu rada i sporta***, Zavod za javno zdravstvo Grada Zagreba, Zagreb, 2006.
 52. Ostermayer, Ulrich, Anthes, Ralph, Schwarz, Henning; ***EcoTransIT World – An Innovative Web Solution to Support Greening Logistics***, Ecological Transport Information Tool for Worldwide Transports Methodology and Data Update, IFEU Heidelberg Öko-Institut IVE / RMCON, Commissioned by DB Schenker Germany UIC (International Union of Railways), Berlin – Hannover – Heidelberg, 2011.
 53. Poletan, Tanja: ***Višekriterijska analiza u valoriziranju paneuropskog koridora VB***, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2005., (doktorska disertacija, neobjavljeno).
 54. ***Pomorski zakonik***, Narodne novine, no.181/2004.
 55. Rasul, Irfan: ***Evaluation of potential transload facility locations in the Upper Peninsula (up) of Michigan***, Master's report, Michigan Technological University, 2014.

56. Styhre, Linda: ***Capacity utilisation in short sea shipping***, Chalmers University of Technology, Department of Technology Management and Economics, Göteborg, Švedska, 2010., (Thesis, published).
57. ***Terminology on combined transport***, Economic Commission for Europe (UN / ECE), 2001.
58. ***Zakon o lučkim kapetanijama***, Narodne Novine, no. 124/1997.
59. ***Zakon o morskim lukama***, Narodne Novine, no. 108/1995.,108/1996., i 6/1996.
60. ***Zakon o pomorskom dobru i morskim lukama***, Narodne novine, no.158/2003.
61. Žgaljić, Dražen: ***Modeli pomorskih prometnica u funkciji razvoja intermodalnog prijevoza***, Rijeka, 2014., (Doktorski rad, neobjavljeno).

POPIS SLIKA

Slika 1: Vizualni prikaz short sea shipping servisa	40
Slika 2 Vizualni prikaz sustava morskih autocesta	41
Slika 3: Model samostalnih luka	70
Slika 4: Model nacionalno grupiranih luka	71
Slika 5: Model jedne luke	72
Slika 6: Model dvije luke	73
Slika 7: Model tri luke	74
Slika 8: Rangiranje scenarija implementacije održivog sustava morskih autocesta uključujući utjecaj samo kriterij Emisija štetnih ispušnih plinova	244
Slika 9: Rangiranje scenarija implementacije održivog sustava morskih autocesta uključujući utjecaj samo kriterij Eksternih troškova prijevoza	244
Slika 10: Rangiranje scenarija implementacije održivog sustava morskih autocesta uključujući utjecaj samo kriterij kriteriju Postojećih infrastrukturnih kapaciteta	245
Slika 11: Rangiranje scenarija implementacije održivog sustava morskih autocesta Prema istodobnom utjecaju kriterija Emisije štetnih ispušnih plinova i Eksternih troškova (ekoloških i socio-ekonomskih) troškova prijevoza	246
Slika 12: Rangiranje scenarija implementacije održivog sustava morskih autocesta Prema istodobnom utjecaju kriterija Emisije štetnih ispušnih plinova i Postojećih infrastrukturnih kapaciteta	247
Slika 13: Rangiranje scenarija implementacije održivog sustava morskih autocesta prema istodobnom utjecaju kriterija Eksternih troškova (ekoloških i socio-ekonomskih) prijevoza i Postojećih infrastrukturnih kapaciteta	248
Slika 14: Rangiranje scenarija implementacije održivog sustava morskih autocesta prema istodobnom utjecaju kriterija Emisije štetnih ispušnih plinova, Eksternih troškova (ekoloških i socio-ekonomskih) prijevoza i postojećih infrastrukturnih kapaciteta	248
Slika 15: Model dvije luke	250
Slika 16: Model tri luke	250
Slika 17: Model jedne luke	251

POPIS TABLICA

Tablica 1: Izračun emisija ispušnih plinova cestovnog i željezničkog prijevoznog sustava na relaciji između morskih luka i gravitirajućeg tržišta; Zagreb	86
Tablica 2: Prikaz usporedbe emisija ispušnih plinova cestovnog i željezničkog prijevoznog sustava na relaciji između morskih luka i gravitirajućeg tržišta; Budimpešta	87
Tablica 3: Prikaz usporedbe emisija ispušnih plinova cestovnog i željezničkog prijevoznog sustava na relaciji između morskih luka i gravitirajućeg tržišta; Beograd	88

Tablica 4: Prikaz usporedbe emisija ispušnih plinova cestovnog i željezničkog prijevoznog sustava na relaciji između morskih luka i gravitirajućeg tržišta; Sarajevo	89
Tablica 5: Prikaz izračuna emisija ispušnih plinova pomorskog prijevoznog sustava na relaciji između morskih luka i pozicije Otrantskih vrata	93
Tablica 6: Prikaz usporedbe emisija ispušnih plinova kombinacije cestovnog, željezničkog i pomorskog prijevoznog sustava na relaciji između morskih luka i gravitirajućeg tržišta; Zagreb	95
Tablica 7: Prikaz usporedbe emisija ispušnih plinova kombinacije cestovnog, željezničkog i pomorskog prijevoznog sustava na relaciji između morskih luka i gravitirajućeg tržišta; Budimpešta	100
Tablica 8: Prikaz usporedbe emisija ispušnih plinova kombinacije cestovnog, željezničkog i pomorskog prijevoznog sustava na relaciji između morskih luka i gravitirajućeg tržišta; Beograd	105
Tablica 9: Prikaz usporedbe emisija ispušnih plinova kombinacije cestovnog, željezničkog i pomorskog prijevoznog sustava na relaciji između morskih luka i gravitirajućeg tržišta; Sarajevo.....	110
Tablica 10: Koeficijenti eksternih troškova za cestovni i željeznički prijevoz	117
Tablica 11: Koeficijenti eksternih troškova za pomorski prijevoz	118
Tablica 12: Zvukovi iz okoliša i odgovarajuće razine zvuka (buke) u decibelima [dB]	121
Tablica 13: Prikaz izračuna eksternih troškova cestovnog i željezničkog prijevoznog sustava na relaciji između morskih luka i gravitirajućeg tržišta; Zagreb.....	127
Tablica 14: Prikaz izračuna eksternih troškova cestovnog i željezničkog prijevoznog sustava na relaciji između morskih luka i gravitirajućeg tržišta; Budimpešta	128
Tablica 15: Prikaz izračuna eksternih troškova cestovnog i željezničkog prijevoznog sustava na relaciji između morskih luka i gravitirajućeg tržišta; Beograd	129
Tablica 16: Prikaz izračuna eksternih troškova cestovnog i željezničkog prijevoznog sustava na relaciji između morskih luka i gravitirajućeg tržišta; Sarajevo	130
Tablica 17: Prikaz izračuna eksternih troškova pomorskog prijevoznog sustava na relaciji između morskih luka i pozicije Otrantskih vrata	132
Tablica 18: Prikaz usporedbe eksternih troškova prijevoza pri kombinaciji cestovnog, željezničkog i pomorskog prijevoznog sustava na relaciji prema gravitirajućem tržištu; Zagreb	134
Tablica 19: Usporedba eksternih troškova prijevoza pri kombinaciji cestovnog, željezničkog i pomorskog prijevoznog sustava na relaciji prema gravitirajućem tržištu; Budimpešta.....	137
Tablica 20: Usporedba eksternih troškova prijevoza pri kombinaciji cestovnog, željezničkog i pomorskog prijevoznog sustava na relaciji prema gravitirajućem tržištu; Beograd	140
Tablica 21: Usporedba eksternih troškova prijevoza pri kombinaciji cestovnog, željezničkog i pomorskog prijevoznog sustava na relaciji prema gravitirajućem tržištu; Sarajevo.....	143
Tablica 22: Vrste općih kriterija i funkcije preferancija	191

Tablica 23: Generirani scenariji implementacije održivog sustava morskih autocesta na primjeru Republike Hrvatske.....	200
Tablica 24: Pregled vrijednosti kriterija za modele sl, ngl, 1l.....	203
Tablica 25: Proračun prosječnih vrijednosti kriterija za model 2 luke.....	206
Tablica 26: Prikaz izračuna prosječnih vrijednosti štetnih emisija ispušnih plinova	209
Tablica 27: Vrednovanje potkriterija unutar grupe emisije ispušnih plinova.....	212
Tablica 28: Pregled vrijednosti kriterija eksternih troškova za modele slobodnih, nacionalno grupiranih te model jedne luke	215
Tablica 29: Izračun vrijednosti kriterija eksternih troškova za model dvije luke	217
Tablica 30: Izračun vrijednosti kriterija eksternih troškova za model tri luke	219
Tablica 31: Vrednovanje potkriterija unutar grupe eksternih troškova prijevoza	220
Tablica 32: Vrednovanje potkriterija unutar grupe lučka efikasnost.....	223
Tablica 33: Vrednovanje potkriterija unutar grupe pristupačnost luke	227
Tablica 34: Vrednovanje potkriterija unutar grupe sigurnost prometnog sustava ...	231
Tablica 35: Pregled vrednovanja prema kriterijima i potkriterijima.....	234
Tablica 36: Težine kriterija.....	238
Tablica 37: Pregled vrijednosti težina pojedinih podkriterija	238
Tablica 38: Pregled ulaznih i izlaznih podataka postupka višekriterijskog rangiranja scenarija implementacije ekološki održivog sustava morskih autocesta koristeći računalni program Visual PROMETHEE (verzija 1.3.1.0. – academic edition)	242
Tablica 39: Pregled rangiranja pojedinog modela prema utjecaju određenog kriterija ili kombinacije kriterija.....	243
Tablica 40: SWOT matrica za model implementacije ekološki i socio-ekonomski održivog sustava morskih autocesta na primjeru Republike Hrvatske kroz dvije luke	254

POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1: Usporedba potrošnje energije po jednom TEU (20 t) od pozicije Otrantskih vrata do Zagreba	97
Grafikon 2: Usporedba emisija ispušnih plinova po jednom TEU (20 t) od pozicije Otrantskih vrata do Zagreba	98
Grafikon 3: Usporedba emisija ispušnih plinova po jednom TEU (20 t) od pozicije Otrantskih vrata do Zagreba	99
Grafikon 4: Usporedba potrošnje energije po jednom TEU (20 t) od pozicije Otrantskih vrata do Budimpešte	102
Grafikon 5: Usporedba emisija ispušnih plinova po jednom TEU (20 t) od pozicije Otrantskih vrata do Budimpešte	103
Grafikon 6: Usporedba emisija ispušnih plinova po jednom TEU (20 t) od pozicije Otrantskih vrata do Budimpešte	104
Grafikon 7: Usporedba potrošnje energije po jednom TEU (20 t) od pozicije Otrantskih vrata do Beograda.....	107

Grafikon 8: Usporedba emisija ispušnih plinova po jednom TEU (20 t) od pozicije Otrantskih vrata do Beograda.....	108
Grafikon 9: Usporedba emisija ispušnih plinova po jednom TEU (20 t) od pozicije Otrantskih vrata do Beograda.....	109
Grafikon 10: Usporedba emisija ispušnih plinova po jednom TEU (20 t) od pozicije Otrantskih vrata do Sarajeva	112
Grafikon 11: Usporedba emisija ispušnih plinova po jednom TEU (20 t) od pozicije Otrantskih vrata do Sarajeva	113
Grafikon 12: Usporedba emisija ispušnih plinova po jednom TEU (20 t) od pozicije Otrantskih vrata do Sarajeva	114
Grafikon 13: Usporedba eksternih troškova prijevoza po jednom TEU (20t) od pozicije Otrantskih vrata do gravitirajućeg tržišta; Zagreb	136
Grafikon 14: Usporedba eksternih troškova prijevoza po jednom TEU (20t) od pozicije Otrantskih vrata do gravitirajućeg tržišta; Budimpešta.....	139
Grafikon 15: Usporedba eksternih troškova prijevoza po jednom TEU (20t) od pozicije Otrantskih vrata do gravitirajućeg tržišta; Beograd	142
Grafikon 16: Usporedba eksternih troškova prijevoza po jednom TEU (20t) od pozicije Otrantskih vrata do gravitirajućeg tržišta; Sarajevo	145

POPIS SHEMA

Shema 1: Križanje hub and spoke servisa i stvaranje luke križanja	44
---	----

POPIS DIJAGRAMA

Dijagram 1: Prikaz definiranih modela lučkih sustava.....	67
---	----

POPIS PRILOGA

1. EcoTransIT World_Rijeka-Zagreb (emisije ispušnih plinova_cesta i željeznica)
2. EcoTransIT World_Rijeka-Zagreb (udaljenosti)
3. EcoTransIT World_Rijeka-Budimpešta (emisije ispušnih plinova_cesta i željeznica)
4. EcoTransIT World_Rijeka-Budimpešta (udaljenosti)
5. EcoTransIT World_Rijeka-Beograd (emisije ispušnih plinova_cesta i željeznica)
6. EcoTransIT World_Rijeka-Beograd (udaljenosti)
7. EcoTransIT World_Rijeka-Sarajevo (emisije ispušnih plinova_cesta i željeznica)
8. EcoTransIT World_Rijeka-Sarajevo (udaljenosti)
9. EcoTransIT World_Zadar-Zagreb (emisije ispušnih plinova_cesta i željeznica)

10. EcoTransIT World_Zadar-Zagreb (udaljenosti)
11. EcoTransIT World_Zadar-Budimpešta (emisije ispušnih plinova_cesta i željeznica)
12. EcoTransIT World_Zadar-Budimpešta (udaljenosti)
13. EcoTransIT World_Zadar-Budimpešta (emisije ispušnih plinova_cesta i željeznica)
14. EcoTransIT World_Zadar-Beograd (udaljenosti)
15. EcoTransIT World_Zadar-Sarajevo (emisije ispušnih plinova_cesta i željeznica)
16. EcoTransIT World_Zadar-Sarajevo (udaljenosti)
17. EcoTransIT World_Šibenik-Zagreb (emisije ispušnih plinova_cesta i željeznica)
18. EcoTransIT World_Šibenik-Zagreb (udaljenosti)
19. EcoTransIT World_Šibenik-Budimpešta (emisije ispušnih plinova_cesta i željeznica)
20. EcoTransIT World_Šibenik-Budimpešta (udaljenosti)
21. EcoTransIT World_Šibenik-Beograd (emisije ispušnih plinova_cesta i željeznica)
22. EcoTransIT World_Šibenik-Beograd (udaljenosti)
23. EcoTransIT World_Šibenik-Sarajevo (emisije ispušnih plinova_cesta i željeznica)
24. EcoTransIT World_Šibenik-Sarajevo (udaljenosti)
25. EcoTransIT World_Split-Zagreb (emisije ispušnih plinova_cesta i željeznica)
26. EcoTransIT World_Split-Zagreb (udaljenosti)
27. EcoTransIT World_Split-Budimpešta (emisije ispušnih plinova_cesta i željeznica)
28. EcoTransIT World_Split-Budimpešta (udaljenosti)
29. EcoTransIT World_Split-Beograd (emisije ispušnih plinova_cesta i željeznica)
30. EcoTransIT World_Split-Beograd (udaljenosti)
31. EcoTransIT World_Split-Sarajevo (emisije ispušnih plinova_cesta i željeznica)
32. EcoTransIT World_Split-Sarajevo (udaljenosti)
33. EcoTransIT World_Ploče-Zagreb (emisije ispušnih plinova_cesta i željeznica)
34. EcoTransIT World_Ploče_Zagreb (udaljenosti)

35. EcoTransIT World_Ploče-Budimpešta (emisije ispušnih plinova_cesta i željeznica)
36. EcoTransIT World_Ploče-Budimpešta (udaljenosti)
37. EcoTransIT World_Ploče-Beograd (emisije ispušnih plinova_cesta i željeznica)
38. EcoTransIT World_Ploče-Beograd (udaljenosti)
39. EcoTransIT World_Ploče-Sarajevo (emisije ispušnih plinova_cesta i željeznica)
40. EcoTransIT World_Ploče-Sarajevo (udaljenost)
41. EcoTransIT World_Dubrovnik-Zagreb (emisije ispušnih plinova_cesta)
42. EcoTransIT World_Dubrovnik-Zagreb (udaljenost)
43. EcoTransIT World_Dubrovnik-Budimpešta (emisije ispušnih plinova_cesta)
44. EcoTransIT World_Dubrovnik-Budimpešta (udaljenost)
45. EcoTransIT World_Dubrovnik-Beograd (emisije ispušnih plinova_cesta)
46. EcoTransIT World_Dubrovnik-Beograd (udaljenost)
47. EcoTransIT World_Dubrovnik-Sarajevo (emisije ispušnih plinova_cesta)
48. EcoTransIT World_Dubrovnik-Sarajevo (udaljenost)
49. EcoTransIT World_Otrantska Vrata-Rijeka (emisije ispušnih plinova_more)
50. EcoTransIT World_Otrantska Vrata-Rijeka (udaljenost)
51. EcoTransIT World_Otrantska Vrata-Zadar (emisije ispušnih plinova_more)
52. EcoTransIT World_Otrantska Vrata-Zadar (udaljenost)
53. EcoTransIT World_Otrantska Vrata-Šibenik (emisije ispušnih plinova_more)
54. EcoTransIT World_Otrantska Vrata-Šibenik (udaljenost)
55. EcoTransIT World_Otrantska Vrata-Split (emisije ispušnih plinova_more)
56. EcoTransIT World_Otrantska Vrata-Split (udaljenost)
57. EcoTransIT World_Otrantska Vrata-Ploče (emisije ispušnih plinova_more)
58. EcoTransIT World_Otrantska Vrata-Ploče (udaljenost)
59. EcoTransIT World_Otrantska Vrata-Dubrovnik (emisije ispušnih plinova_more)
60. EcoTransIT World_Otrantska Vrata-Dubrovnik (udaljenost)