

Ekonomska i ekološka konkurentnost kontejnerskih brodara na alternativnim pravcima toka Azija - Europa

Vesanović-Dvornik, Marko

Master's thesis / Diplomski rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Split, Faculty of Maritime Studies / Sveučilište u Splitu, Pomorski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:164:761356>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-10**

Repository / Repozitorij:

[Repository - Faculty of Maritime Studies - Split - Repository - Faculty of Maritime Studies Split for permanent storage and preservation of digital resources of the institution](#)




**SVEUČILIŠTE U SPLITU
POMORSKI FAKULTET U SPLITU**

MARKO VESANOVIĆ-DVORNIK

**EKONOMSKA I EKOLOŠKA
KONKURENTNOST KONTEJNERSKIH
BRODARA NA ALTERNATIVNIM
PROMETNIM PRAVCIMA POMORSKOG
ROBNOG TOKA AZIJA-EUROPA**

DIPLOMSKI RAD

SPLIT, 2021.

| | | | |
|---|-----------------------------------|-----------|-------------|
|  | POMORSKI FAKULTET U SPLITU | STRANICA: | 1/1 |
| | DIPLOMSKI ZADATAK | ŠIFRA: | F05.1.-DZ |
| | | DATUM: | 22.10.2013. |

SPLIT, _____

ZAVOD/STUDIJ: Pomorski menadžment

PREDMET: Lučko poslovanje

DIPLOMSKI ZADATAK

STUDENT: Marko Vesanović-Dvornik

MATIČNI BROJ: 0171273101

ZAVOD/STUDIJ: Pomorski menadžment

ZADATAK: Ispitati konkurentnost kontejnerskih brodara na alternativnim prometnim pravcima pomorskog robnog toka Azija-Europa.

OPIS ZADATKA: Ustanoviti razinu rentabilnosti tri alternativna pravaca ispitivanog pomorskog robnog toka, kroz simultano uključivanje relevantnih ekonomskih indikatora (troškova prijevoza) te ekoloških indikatora održivog razvoja (eksternih troškova zagađenja).

CILJ: Cilj istraživanja ovog diplomskog rada jest evaluacija alternativnih prometnih pravaca sa stajališta kombiniranih ekonomskih pokazatelja isplativosti i ekoloških pokazatelja održivog razvoja.

ZADATAK URUČEN STUDENTU: _____

POTPIS STUDENTA: _____

MENTOR: Doc. dr. sc. Luka Vukić

**SVEUČILIŠTE U SPLITU
POMORSKI FAKULTET U SPLITU**

STUDIJ: POMORSKI MENADŽMENT

**EKONOMSKA I EKOLOŠKA
KONKURENTNOST KONTEJNERSKIH
BRODARA NA ALTERNATIVNIM
PROMETNIM PRAVCIMA POMORSKOG
ROBNOG TOKA AZIJA-EUROPA**

DIPLOMSKI RAD

MENTOR:

Doc. dr. sc. Luka Vukić

STUDENT:

Marko Vesanović-Dvornik

(MB: 0171273101)

SPLIT, 2021.

SAŽETAK

Istraživanje provedeno u ovom diplomskom radu procjenjuje ekonomsku i ekološku konkurentnost kontejnerskih brodara na alternativnim prometnim pravcima pomorskog robnog toka Azija-Europa. Cilj istraživanja je ustanoviti razinu rentabilnosti pojedinih pravaca navedenog robnog toka kroz simultano uključivanje relevantnih ekonomskih indikatora te ekoloških indikatora održivog razvoja. Podaci upotrijebljeni u pisanju rada preuzeti su iz stručne literature i različitih izvora podataka. Korišteni modeli primjenjuju se na referentni brod Venta Maersk. Rezultati istraživanja sugeriraju da uvažavanjem eksternih troškova zagađenja zraka, konkurentnost prometnih pravaca nije zanemariva na barem jednom od alternativnih prometnih pravaca. Aplikativni doprinos rada očituje se u mogućnosti primjene kreiranog modela prilikom donošenja odluka o izboru prometnog pravca.

Ključne riječi: *kontejnerski pomorski promet, robni tok Azija-Europa, alternativni pravci, konkurentnost, ekonomski indikatori, ekološki indikatori*

ABSTRACT

This research aims to assess the economic and environmental competitiveness of alternative transport routes of the Asia-Europe container freight flow. The paper aims to estimate the level of profitability of each shipping route through the simultaneous inclusion of relevant economic and environmental indicators. Data used in the research are taken directly from professional literature and various data sources. The container vessel Venta Maersk was used to apply the model. Including air pollution external costs in the calculation, the results suggest that the competitiveness of alternative transport routes is not negligible on at least one of them. The applicative contribution of the model in the choice of the transport route decision-making is the main contribution of the paper.

Keywords: *container shipping, Asia-Europe freight flow, alternative routes, competitiveness, economic indicators, environmental indicators*

SADRŽAJ

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | UVOD..... | 1 |
| 1.1 | Problem istraživanja i znanstvena hipoteza | 1 |
| 1.2 | Pregled dosadašnjih studija..... | 2 |
| 1.3 | Znanstvene metode | 3 |
| 1.4 | Struktura diplomskog rada..... | 3 |
| 2 | RELEVANTNI INDIKATORI I ČIMBENICI KONTEJNERSKOG PRIJEVOZA U FUNKCIJI MEĐUNARODNOG ROBNOG PROMETA..... | 5 |
| 2.1 | Karakteristike kontejnerskog prijevoza | 5 |
| 2.2 | Kopneni kontejnerski prijevoz..... | 9 |
| 2.3 | Pomorski kontejnerski prijevoz | 11 |
| 2.3.1 | Brodovi za prijevoz kontejnera..... | 11 |
| 2.3.2 | Pomorsko kontejnersko tržište..... | 13 |
| 2.4 | Konsolidacije kontejnerskih brodara | 16 |
| 3 | PREGLED GLAVNIH POMORSKIH ROBNIH TOKOVA..... | 18 |
| 3.1 | Robni tok Trans-Pacifik..... | 18 |
| 3.2 | Robni tok Trans-Atlantik | 19 |
| 3.3 | Robni tok Azija-Europa | 21 |
| 4 | GOPROMETNI ZNAČAJ ROBNOG TOKA AZIJA-EUROPA I UVJETI KORIŠTENJA ALTERNATIVNIH PRAVACA | 22 |
| 4.1 | Teorijske determinante odabranih pravaca | 22 |
| 4.1.1 | Pravac SCR (Suez Canal Route)..... | 22 |
| 4.1.2 | Pravac CHR (Cape Route)..... | 26 |
| 4.1.3 | Pravac NSR (Northern Sea Route) | 28 |
| 4.2 | Uvjeti korištenja alternativnih prometnih pravaca..... | 30 |
| 4.3 | Sažetak teorijskih kriterija pravaca SCR, CHR i NSR | 31 |
| 5 | ODRŽIVI RAZVOJ KAO OKOSNICA BUDUĆEG RAZVOJA POMORSKE DJELATNOSTI I NJEGOV UTJECAJ NA ROBNI TOK AZIJA-EUROPA..... | 32 |
| 5.1 | Koncept održivog razvoja u prometu..... | 32 |
| 5.2 | Uloga eksternih troškova u mjerama politike održivog razvoja | 33 |
| 5.3 | Primjena održivog razvoja u pomorstvu | 34 |
| 5.4 | Utjecaj održivog razvoja na robni tok Azija-Europa | 36 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 6 | MODEL VREDNOVANJA EKONOMSKIH I EKOLOŠKIH PARAMETARA KONKURENTNOSTI ALTERNATIVNIH PROMETNIH PRAVACA NA ROBNOM TOKU AZIJA-EUROPA | 38 |
| 6.1 | Metodologija istraživanja..... | 38 |
| 6.1.1 | Ekonomski indikatori konkurentnosti prometnih pravaca | 39 |
| 6.1.2 | Ekološki indikatori konkurentnosti prometnih pravaca | 42 |
| 6.2 | Postavke referentnih putovanja i karakteristike broda..... | 44 |
| 7 | REZULTATI ISTRAŽIVANJA | 48 |
| 7.1 | Rezultati vrednovanja ekonomske isplativosti | 48 |
| 7.2 | Rezultati vrednovanja ekološke prihvatljivosti..... | 53 |
| 7.3 | Rekapitulacija troškova..... | 56 |
| 8 | RASPRAVA..... | 57 |
| 8.1 | Interpretacija rezultata istraživanja | 57 |
| 8.2 | Ograničenja u istraživanju | 59 |
| 8.3 | Preporuke za budući smjer djelovanja | 59 |
| 9 | ZAKLJUČAK..... | 60 |
| | LITERATURA | 62 |
| | POPIS SLIKA | 71 |
| | POPIS TABLICA | 72 |
| | POPIS GRAFIKONA | 73 |
| | POPIS ZEMLJOVIDA | 74 |
| | POPIS KRATICA | 75 |

1 UVOD

Pomorski kontejnerski transport odvija se posredstvom mnogobrojnih robnih plovidbenih ruta. Plovidbene rute se u struci nazivaju robnim tokovima iz razloga što predstavljaju svojevrsne koridore karakterizirane usmjerenim kretanjem robe, tj. tereta od polazišta do odredišta.

Jedan od vodećih kontejnerskih robnih tokova jest tok Azija-Europa. Uvjetovan je intenzivnom trgovinskom razmjenom i redovitom eksploatacijom država koje povezuje. Angažmanom administrativnih tijela, brodara te korisnika prijevoza, robni tok Azija-Europa desetljećima održava krucijalnu geoprometnu i društveno-gospodarsku funkciju međunarodnog robnog prometa. Unutar svog područja djelovanja sadrži tri dinamična prometna pravca: pravac kroz Sueski kanal (engl. *Suez Canal Route, SCR*), pravac oko juga Afrike (engl. *Cape of Good Hope Route, CHR*) i Sjeverni morski prolaz (engl. *Northern Sea Route, NSR*). Njihova konkurentnost obuhvaćena je brojnim istraživanjima u svrhu pružanja optimalnije prijevozne usluge i ostvarivanja veće zarade.

Nerijetko se zaključuje da alternativni prometni pravci **ne mogu konkurirati** glavnoj ruti, onom pravcu najvećeg intenziteta i iskoristivosti. Dosadašnja istraživanja su pretežno ili isključivo uvažavala samo ekonomske pokazatelje konkurentnosti. Danas se u transportnom sektoru uviđaju nove, ekološki osviještene promjene. Primjenom principa održivog razvoja u kalkulacije je važno inkorporirati ekološku komponentu, posebice komponentu zagađenja zraka s brodova. Stoga se očekuje znatan porast ukupnih troškova putovanja kao i promjene u konkurentnosti pojedinih prometnih pravaca. Suštinski cilj istraživanja ovog diplomskog rada jest uključivanje u znanstvenu raspravu evaluacijom prometnih pravaca sa stajališta kombiniranih ekonomskih pokazatelja isplativosti i ekoloških pokazatelja održivog razvoja.

1.1 Problem istraživanja i znanstvena hipoteza

Sukladno iznesenom uvodu, znanstveni problem istraživanja ovog diplomskog rada jest vrjednovanje konkurentnosti i stanja **tri prometna pravca** pomorskog robnog toka Azija-Europa koje istovremeno uvažava relevantne ekonomske čimbenike i eksterne troškove zagađenja zraka kao jedne od glavnih indikatora održivog razvoja.

Prema definiranom problemu, determinirana je znanstvena hipoteza rada koja glasi:

„Ekonomska i ekološka konkurentnost kontejnerskog prijevoza na alternativnim prometnim pravcima pomorskog robnog toka Azija-Europa **nije zanemariva** u odnosu na konvencionalni put kroz Sueski kanal. Uvažavanjem eksternih troškova, moguće je anulirati prvotne prednosti glavnog pravca.“

Znanstveni doprinos istraživanja sastoji se u spoznaji o razmjerima utjecaja ekološke komponente troškova pomorskog kontejnerskog prijevoza na konkurentnost različitih prometnih pravaca na istom robnom toku. Aplikativni doprinos očituje se u mogućnosti primjene kreiranog modela kod donošenja odluka o izboru prometnog pravca u pomorskom kontejnerskom prijevozu uvažavajući principe održivog razvoja.

1.2 Pregled dosadašnjih studija

Među radovima koji izučavaju srodnu tematiku vrednovanja konkurentnosti prometnih pravaca, mogu se izdvojiti:

- *Lasserre, F.: Case studies of shipping along Arctic routes. Analysis and profitability perspectives for the container sector, Laval University, Québec, 2014.* Rad je komentiran u osmom poglavlju.
- *Notteboom, T.: Towards a new intermediate hub region in container shipping? Relay and interlining via the Cape route vs. the Suez Route, Journal of Transport Geography 22, 164-178, ITMMA, University of Antwerp, Marine Academy, 2012.* Autor provodi analizu troškova rute kroz Sueski kanal te rute oko juga Afrike. Navodi nedostatke glavnog pravca u smislu piratizacije i ograničenu propusnost Sueskog kanala. Snažno argumentira korištenje alternativnog pravca CHR zbog povoljnih cijena goriva.
- *Pruyn, J.: Will the Northern Sea Rout ever be a viable alternative? Maritime Policy & Management, 43:6, 661-675, 2016.* Autor u uvodnom dijelu rada prikazuje tablicu sumiranih zaključaka donesenih od strane drugih znanstvenika. Tablica sadrži 16 studija koja NSR smatraju održivom prijevoznom alternativom, sedam istraživanja koja ga smatraju neodrživom alternativom te dva suzdržava zaključka.

Pored ovih istraživanja, važna su i sljedeća:

- Verny, J.; Grigentin, C.: *Container shipping on the Northern Sea Route, International Journal of Production Economics*, vol. 122, issue 1, 107-117, 2009. Rad je komentiran u šestom poglavlju.
- Zhang, Y.; Meng, Q.; Hui Ng, S.: *Shipping efficiency comparison between Northern Sea Route and the conventional Asia-Europe shipping route via Suez Canal, Journal of Transport Geography, National University of Singapore*, 2016. Model primijenjen u šestom i sedmom poglavlju.
- Zhu, S.; Fu, X.; Ng, K. Y. A.; Luo, M., Ge, Y.: *The environmental costs and economic implications of container shipping on the Northern Sea Route, Maritime Policy & Management, Routledge, ISSN: 0308-8839 (Print) 1464-5254 (Online)*, 2018. Istraživanje je komentirano u osmom poglavlju; fokus je na eksternim troškovima zagađenja.

1.3 Znanstvene metode

Znanstvene metode aplicirane u ovom radu su metoda analize i sinteze, metoda analogijske i kauzalne indukcije, deduktivna metoda, metoda komparacije, deskripcije te matematička metoda pri vrednovanju konkurentnosti prometnih pravaca.

U svrhu aproksimiranja vozarinskih stavova, udaljenosti pomorskih pravaca, izračuna troškova prijevoza (posebice troškova goriva) i obračuna eksternih troškova zagađenja koriste se programski alati Freight Rates (Freightos), SeaRoutes, Sea-distances i Ship&Bunker [18, 65, 64, 66]. Rezultati teorijske obrade robnog toka temelje se većim dijelom na kvalitativnim, sekundarnim podacima preuzetim iz stručne literature. Rezultati empirijskog istraživanja su primarni, kalkulirani od strane diplomanta uz pomoć mentora te su u potpunosti kvantitativne prirode.

1.4 Struktura diplomskog rada

Sadržaj diplomskog rada podijeljen je na ukupno devet tematskih cjelina. Drugo, treće, četvrto i peto poglavlje pripadaju teorijskom segmentu rada. Šesto, sedmo i osmo poglavlje pripadaju empirijskom segmentu rada. Pregled strukture rada dat je u nastavku.

Uvodni dio diplomskog rada obrazlaže temu, cilj, problem i hipotezu istraživanja. Posebno su definirane studije relevantnih autora te znanstvene metode korištene u istraživanju.

Drugo poglavlje rada s nazivom „Relevantni indikatori i čimbenici kontejnerskog prijevoza u funkciji međunarodnog robnog prometa“ sažeto analizira sastavnice pojma međunarodnog kontejnerskog prometa. Fokus je postavljen na razumijevanje pomorskog kontejnerskog tržišta, odnosno na razumijevanje standarda i intermodalnosti lučke suprastrukture i infrastrukture.

U trećem poglavlju naslova „Pregled glavnih pomorskih robnih tokova“ ukratko su navedeni i komentirani prometno najfrekventniji pomorski robni tokovi (koridori) s posebnim obrazloženjem robnog toka Azija-Europa.

U četvrtom poglavlju naslova „Geoprometni značaj robnog toka Azija-Europa i uvjeti korištenja alternativnih pravaca“ provedena je detaljna analiza teorijskih karakteristika tri (pomorska) prometna pravca ispitivanog robnog toka. Neki od pojmova obrađenih u ovom poglavlju uključuju geoprometnu funkciju ciljanih pravaca, najvažnije luke ticanja, duljinu plovidbe itd. Također, poglavlje sadrži popis uvjeta, odnosno razloga mogućeg korištenja alternativnih prometnih pravaca.

U petom poglavlju nazvanom „Održivi razvoj kao okosnica budućeg razvoja pomorske djelatnosti i njegov utjecaj na robni tok Azija-Europa“ obrađena je tematika institucionalizacije principa održivog razvitka, kao i utjecaj eksternih troškova (ekoloških mjera) na atraktivnost i konkurentnost odabranog robnog toka.

Šesto poglavlje naslova „Model vrednovanja ekonomskih i ekoloških parametara konkurentnosti alternativnih prometnih pravaca na robnom toku Azija-Europa“ opisuje tok istraživanja, uvodi matematičke modele, definira njihove sastavne dijelove te postavlja okvire ekonomskih i ekoloških parametara.

Dobiveni rezultati prezentirani su u sedmom poglavlju, a interpretirani u osmom.

Deveto poglavlje jest zaključak u kojem su sadržana završna razmatranja teme.

2 RELEVANTNI INDIKATORI I ČIMBENICI KONTEJNERSKOG PRIJEVOZA U FUNKCIJI MEĐUNARODNOG ROBNOG PROMETA

Prije provedbe detaljne analize postavljenog problema istraživanja, za uspješno razumijevanje istog potrebno je ustanoviti određene teorijske osnove o kontejnerskom prijevozu kao esencijalnom načinu opskrbe u modernom prijevozu. Prva dva dijela ovog poglavlja se baziraju na opće značajke i kopneni segment kontejnerskog prijevoza, dok se ostala tri direktno fokusiraju na pomorski kontejnerski transport.

2.1 Karakteristike kontejnerskog prijevoza

U širem smislu, kontejnerski prijevoz podrazumijeva alokaciju roba i tereta u standardiziranim prenosivim spremnicima, tzv. *intermodalnim kontejnerima*, koristeći različite moduse transporta od kamiona i vlakova, do brodova i zrakoplova.

Uži smisao kontejnerskog prijevoza nalaže provođenje usklađenosti čitavog niza tehnika, tehnologija, koraka i akcija za uspješni transport pojedinačnog kontejnera od polazišta do finalne destinacije. Tako se slijed manipulativnih akcija može sastojati od: inspekcije i pripreme kontejnera, slaganja paletiziranog tereta, pečaćenja vrata, označavanja, ukrcaja na prijevozno sredstvo, samog puta, iskrcaja i dostave kupcu. Objedinjavanje različitih tereta slaganjem na podloge čija su veličina i konstrukcija unificirani, poznato je u teoriji kao jedinični teret [36].

Kontejneri prema Međunarodnoj organizaciji za standardizaciju (engl. *International Organization for Standardization – ISO*) su četvrtastih dimenzija što omogućuje relativno jednostavno rukovanje (slaganje, podizanje, premještanje) te povoljno iskorištavanje skladišta bez velikih gubitaka korisnog prostora. Standardizacija uvelike pomaže povećanju efikasnost transporta. Standardne duljine intermodalnih kontejnera kreću se od 20 stopa (engl. *twenty-foot equivalent unit* ili TEU), 40 stopa (FEU), do 48 i 53 stope. Od navedenih veličina, u stalnoj su uporabi prve dvije. Specifikacije ISO prihvaćenih dimenzija intermodalnih kontejnera prikazane su u tablici 1. [32].

Tablica 1. Raspored dimenzija intermodalnih kontejnera

| ISO veličine (u m) | | 20 ft | 40 ft | 40 ft H.* | 45 ft H.* | 48 ft | 53 ft |
|--------------------|---------|-------|--------|-----------|-----------|--------|--------|
| Eksterijer | Duljina | 6,058 | 12,192 | 12,192 | 13,716 | 14,630 | 16,154 |
| | Širina | 2,438 | 2,438 | 2,438 | 2,438 | 2,591 | 2,591 |
| | Visina | 2,591 | 2,591 | 2,896 | 2,896 | 2,896 | 2,896 |
| Interijer | Duljina | 5,867 | 12,032 | 11,989 | 13,513 | 14,478 | 16,002 |
| | Širina | 2,352 | 2,352 | 2,311 | 2,352 | 2,489 | 2,489 |
| | Visina | 2,385 | 2,385 | 2,667 | 2,691 | 2,718 | 2,718 |
| Vrata | Širina | 2,340 | 2,340 | 2,286 | 2,340 | 2,489 | 2,489 |
| | Visina | 2,280 | 2,280 | 2,565 | 2,585 | 2,692 | 2,692 |
| Obujam (m3) | | 33,10 | 67,50 | 75,30 | 86,10 | 97,80 | 108,50 |
| Bruto masa (t) | | 30,00 | 30,00 | 30,85 | 30,00 | 30,50 | 30,50 |
| Masa praznog (t) | | 2,20 | 3,80 | 3,90 | 4,80 | 4,92 | 5,04 |
| Neto nosivost (t) | | 27,80 | 26,20 | 26,58 | 25,20 | 25,56 | 25,44 |
| *H. = High-Cube | | | | | | | |

Izvor: [57, 84]

Kontejneri se izrađuju od čelika, rjeđe od aluminija ili stakloplastike. Pojavljuju se u mnogim varijantama i brojnim standardiziranim veličinama, ali gotovo 90% svih trgovačkih kontejnera tvore suho-teretni kontejneri, odnosno kontejneri za prihvat generalnih tereta. Kontejnerima izrazitu čvrstoću daju metalni ili drveni podovi, te valovite stranice koje nalikuju unutarnjim slojevima kartona (slika 1.) [61].

**Slika 1. Primjer standardnog TEU kontejnera**

Izvor: [74]

Sve većom uporabom drvenih paleta za okrupnjavanje tereta u međunarodnom prijevozu, mnogi stručnjaci uvode pojam „paletizacije“. Palete su standardizirane po dimenzijama, nosivosti i konstrukciji. Za njihovo premještanje koriste se viljuškari koji se razlikuju po pogonu, konstrukciji i nosivosti [36]. Teret se također u kontejner može slagati u vrećama, kutijama i bačvama.

Kontejneri se masovno proizvode nakon standardizacije 1960-tih godina. Njihova popularnost, uz proces paletizacije, rezultira pojavom izraza „kontejnerizacije“. Kontejnerizacija je složeni tehnološki proces usklađivanja svih sredstava transporta na istu kompatibilnu razinu potrebnu za prihvatanje ISO kontejnera. Preporuka autora diplomskog rada je na ovu temu proučiti znanstveni rad pod brojem [62] literature. Na temelju grubih procjena, u današnjoj trgovinskoj razmjeni cirkulira 34 milijuna TEU kontejnera [87].

Kao popratne karakteristike, nastavak razrade istraživanja razotkriva spomenute pojmove intermodalnosti iz prethodnih odlomaka. Iste nije jednostavno objasniti zbog manjka točnih, dogovorenih, univerzalnih definicija. Jedno od mogućih rješenja, u skladu s praksama administracije Europske unije, iznosi skupina autora Žgaljić, Perkušić i Schiozzi (2014.). Tvrde kako treba pažljivo razlučiti pojam intermodalnog od tzv. multimodalnog i kombiniranog prijevoza, dajući sljedeće definicije [92]:

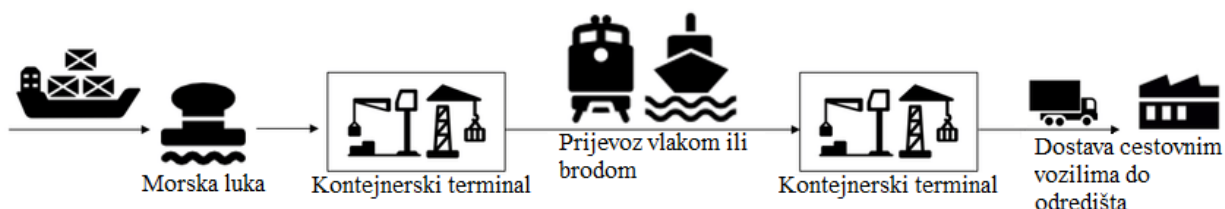
- Multimodalni prijevoz je prijevoz dobara koristeći dva ili više načina (sredstava) prijevoza;
- Višegovorni multimodalni prijevoz obuhvaća prijevoz dobara koristeći dva ili više načina prijevoza prilikom kojeg se u transportnom pothvatu sklapa onoliko ugovora o prijevozu, koliko je sudjelovalo transportnih grana. Cjelokupni transportni proces može organizirati nekoliko operatora;
- Jednougovorni multimodalni prijevoz obuhvaća prijevoz prilikom kojeg se operator i primatelj robe nalaze u dvije različite države, stoga se pothvat odvija na osnovi jednog ugovora;
- Intermodalni prijevoz, podrazumijeva prijevoz dobara u jednoj i jedinstvenoj prijevoznj jedinici ili cestovnom vozilu, koji uspješno koristi dva ili više načina prijevoza, bez prekrcaja dobara kod promjena načina prijevoza. Prekrcaj 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 ili održivi prijevoz predstavlja intermodalni način prijevoza pri kojem je veći dio puta prevezen željeznicom, unutarnjom plovidbom ili morem s time da je početni i/ili krajnji dio puta prevezen cestom i da je što moguće kraći.

Iz datih definicija, može se zaključiti kako uspješan kontejnerski intermodalni i multimodalni prijevoz (slika 2.) zahtijeva sinergiju raznovrsnih prijevoznih jedinica, vozila, vještih radnika i ostalih elemenata. Sukladno tome, postoje sljedeći osnovni preduvjeti za razvoj suvremenih sustava prijevoza [36]:

- Moderna infrastruktura,
- Odgovarajuća specijalizirana kadrovska struktura i raspodjela rada u svim karikama transportnog lanca,
- Odgovarajuće stimulativne mjere.

Time se omogućuje [36]:

- Povećanje količine tereta,
- Uvođenje optimalnih brodskih, željezničkih, cestovnih i zračnih međusobno sinkroniziranih linija,
- Privlačenje tranzitne robe,
- Intenzivan rast deviznog priljeva,
- Ostvarivanje konkurentne sposobnosti nacionalne robe i nacionalnih prijevoznika na svjetskom tržištu.



Slika 2. Ilustrativni prikaz intermodalnog transporta kontejnera

Izvor: [49], modificirano

Dobro postavljena organizacija rada u kontejnerskim intermodalnim i multimodalnim transportnim sustavima u početnoj fazi rada/razvoja povećava produktivnost u prosjeku za 1.000%, a u drugoj razvijenijoj fazi i do 2.000% u odnosu na razdoblja i metode klasičnih tehnologija transporta [36].

2.2 Kopneni kontejnerski prijevoz

Kopneni segment kontejnerskog prijevoza uključuje: cestovni promet, željeznički promet i promet unutarnjim plovidbenim putevima (riječni promet).

Sredstva koja se koriste za rad u cestovnom prijevozu kontejnera su kamioni sa standardiziranim prikolicama, kamioni bez prikolica (engl. *flatbed*) te snažni tegljači. Klasični kamioni s dvije ili tri osovine se koriste poglavito na području Europe i Azije, dok se tegljači viđaju u SAD-u i Australiji. Tegljači se nazivaju i „cestovni vlakovi“ jer tegle dvije do četiri prikolice; vrlo su pogodni za prijevoz velikog borja kontejnera ili glomazne industrijske robe [81].

Željeznički prijevoz isključivo rabi vlakove, tj. dizelske, električne i turbinske lokomotive koje su u stanju vući ili potiskivati dugu kompoziciju vagona. Blok vlakovi (slika 3.) prevoze brodske kontejnere i kamionske prikolice. Linijski vlakovi voze prema objavljenom rasporedu, dok *shuttle* vlakovi služe za brz i jednostavan prijevoz tereta na kratkim relacijama [81].



Slika 3. Primjer blok vlaka

Izvor: [78]

Kamioni i lokomotive su modernizirani ugradnjom filtera i modifikacijom pogonskih strojeva zbog redukcije štetnih emisija u atmosferu. Europska unija ima stroge standarde vezane za motore s unutrašnjim izgaranjem te forsira proizvođače kamiona na konstantno poboljšavanje radnih strojeva i uvođenje niza inovacija.

Karakteristične varijante korištenja željeznice za prijevoz kamionskih prikolica i kontejnera su: *Huckepack A/B/C* ili *piggy-back*, bimodalna tehnologija i *Modalhor*.

Huckepack označava prijevoz kamiona i njihovih prikolica na niskim vagonima vlakova. *Huckepack A* varijanta je horizontalna i tovari kamione s prikolicama na vagone s rampama. *B* varijanta je vertikalna i koristi dizalice za utovar prikolica bez kamiona na vagon. Isti kamioni čekaju dolazak idućeg vlaka, dizalicom priključuju prikolice i nastavljaju putovanje [81].

Bimodalna tehnologija služi montiranju sklopova željezničkih kotača na kamionske poluprikolice.

Modalohr je francuska kompanija koja je razvila istoimenu tehnologiju transporta, a predstavlja vagon sa tovarnom površinom koja se može zakretati s ciljem bočnog utovara.

Područje morskih luka koje je uvidjelo znatne inovacije i promjene su tehnologije ukrcaja, iskrcaja i koordinacije tereta. Time se podrazumijeva prijevoz kontejnera s brodova autonomnim vozilima do autonomnih dizalica koje tovore teret na blok vlakove. Što se tiče vrsta vagona, u klasičnom željezničkom prijevozu postoji preko 30 tipova. Tri osnovna modela su: *box-car* (jednostavnog oblika za prijevoz raznih tereta), *flat-car* (prijevoz kontejnera, prikolica, drvene građe), te *tank-car* (prijevoz tekućina) [81].

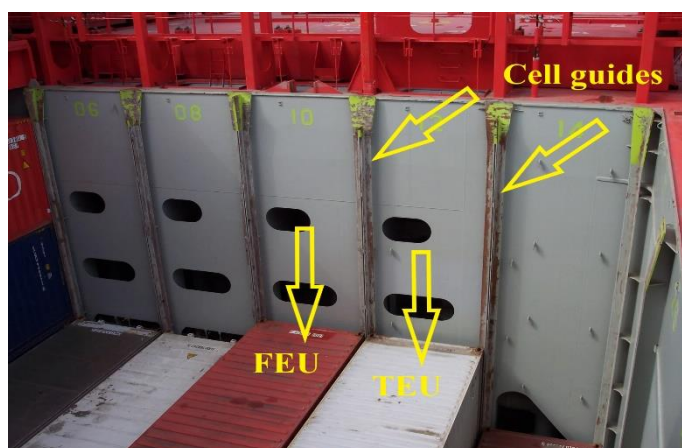
Riječni promet je najkonkurentniji kopneni oblika transporta. Sustavi potisnica mogu ostvariti više ton-kilometara (tkm) po jediničnoj dužini puta nego drugi vidovi vodnog prometa. Prema dostupnim podacima, prednosti riječnog prometa su: ekonomičnost prijevoza, najmanja potrošnja pogonske energije, najmanje količine utrošenog materijala za gradnju prijevoznih sredstava po toni prevezenog tereta, povećanje sigurnosti prometa, najmanja potreba za korištenjem zemljišta. Nedostaci riječnog oblika prijevoza su: ograničeno geografsko širenje (prirodna raspodjela plovnih putova), razina kvalitete usluga (najmanja sposobnost prijevoza „od vrata do vrata“), utjecaj hidro-meteoroloških uvjeta na plovidbu (sezonalni karakter, obustava plovidbe rijekom), brzina transporta (niža od vlakova i cestovnih vozila) [36, 37].

2.3 Pomorski kontejnerski prijevoz

Sredstva za rad u pomorskom segmentu kontejnerskog prijevoza su kontejnerski brodovi. Oni prevoze oko 90% svih svjetskih proizvoda (hrana, odjeća, informatika, automobili i dr.) jer su još uvijek jedini realno moguć i održivi način razmjenjivanja dobara između udaljenih kontinenata.

2.3.1 Brodovi za prijevoz kontejnera

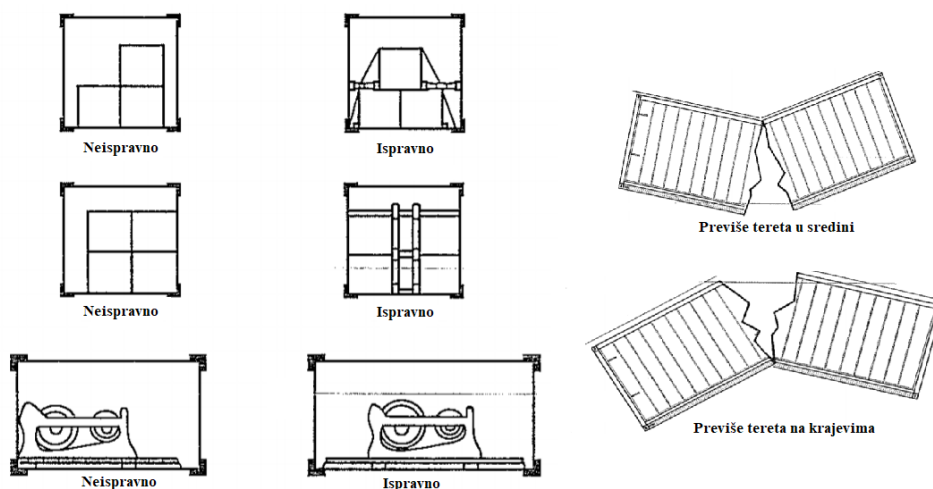
Kontejnerski brodovi su dizajnirani i namijenjeni isključivo prijevozu jediničnih unificiranih tereta, dakle standardiziranih kontejnera. Prije gradnje, inženjeri nastoje strukturu ovih brodova maksimalno pojednostaviti. Tako ne postoje međupalube, nema posebnih otvora na glavnoj palubi niti vlastitih dizalica. Unutarnja skladišta kontejnerskih brodova se međusobno odvajaju vertikalnim vodiljama (engl. *cell guides*) za precizno, efikasno ukrcavanje i iskrcavanje tereta koristeći lučke dizalice (slika 4.) [63].



Slika 4. Prikaz unutrašnjeg skladišta kontejnerskog broda

Izvor: [41], modificirano

Kontejnerska skladišta također imaju ravne stranice i duboka ravna dna kako bi se što bolje iskoristio raspoloživ prostor (minimizirati tzv. *broken stowage*). Popunjavanjem unutarnjih skladišta do vrha kontejneri se nastavljaju slagati jedan na drugi do preporučenih granica visine. Radi sigurnosti, kontejneri se iznad glavne palube međusobno osiguravaju sustavom vezivanja. Pravilno slaganje roba u kontejner (slika 5.) te pažljivo pozicioniranje kontejnera uvelike pospješuje stabilitet broda te ubrzava manipulacijske procese na lučkim terminalima [63].



Slika 5. Pravilno slaganje roba u kontejner

Izvor: [63], modificirano

Kapaciteti današnjih teretnih brodova nadmašuju kapacitete bilo kojeg drugog prijevoznog sredstva često i za nekoliko stotina puta. Kapacitet kontejnerskog broda prema ISO mjeri se u broju TEU jedinica koje može ukrcati. Brodovi najvećeg kapaciteta (23.964 TEU) u vrijeme pisanja rada pripadaju *Algeciras*-klasi (slika 6.) operatora HMM (engl. *Hyundai Merchant Marine*). Navedeni brodovi su proizvedeni u brodogradilištima DSME (engl. *Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering*) i SHI (engl. *Samsung Heavy Industries*) u Južnoj Koreji.



Slika 6. HMM Algeciras u luci Rotterdam

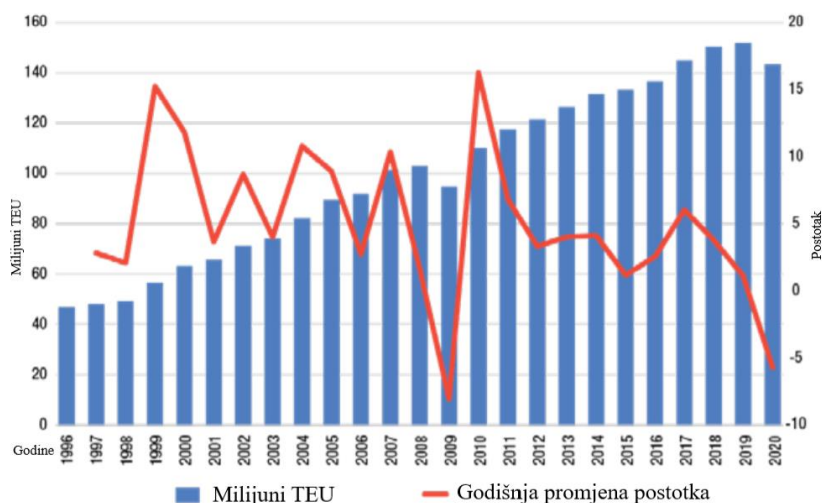
Izvor: [76]

Klasičan ukrcaj sadrži kombinaciju TEU i FEU kontejnera, dok u novije vrijeme prevladava broj FEU jedinica. Kontejnerski brodovi plove po linijskim uvjetima. To znači da su putovanje, plovidbeni pravac, luke ukrcaja i iskrcaja stalni i unaprijed određeni [27].

Luke i terminali koje ovi brodovi tiču opremljene su vrhunskom teretnom mehanizacijom. Najveći kontejnerski terminal na svijetu jest Shanghai u Kini. Njime upravlja javno-privatna tvrtka Shanghai International Port (Group) Co. Ltd. Ista grupa djeluje i kao većinski dioničar Banke Shanghaia (BOSC). Karakteristika glavnog kontejnerskog terminala luke Shanghai jest njegova specifična lokacija 32 km od obale pa se stoga i navodi kao *deep-sea* port. Performanse luke su gotovo idealne jer se manipulacija tereta obavlja autonomnim vozilima. Luka je 2019. imala obrtaj preko 43 milijuna TEU. Najveći terminal u Europi je u Rotterdamu. Lukom Rotterdam upravlja grad, te godišnji obrtaj kontejnera iznosi od 14 do 17 milijuna TEU [82].

2.3.2 Pomorsko kontejnersko tržište

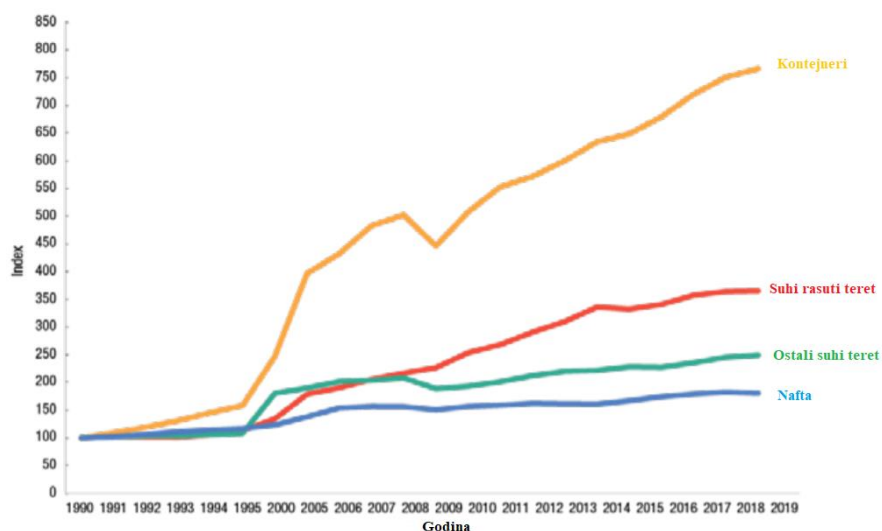
Kontejnerski promet je zastupljen na gotovo svim prometnim pravcima zbog svoje integralne uloge u ukupnom prometu. Kontejnerski promet od svog dolaska u uporabu bilježi konstantni porast. Tako izravno utječe na izgradnju još suvremenijih i modernijih terminala za prekrcaj robe, na formiranje stabilnih robnih tokova te na poticanje što veće međunarodne robne razmjene [16]. Ovaj stav potvrđuje spoznaja da je globalni obrtaj kontejnera u 2019. godini, usprkos negativnom utjecaju COVID-19 epidemije, iznosio 811.2 milijuna TEU. Paralelno, iste je godine brodovima prevezeno oko 152 milijuna TEU jedinica (grafikon 1.).



Grafikon 1. Pomorsko kontejnersko tržište po godinama (u mil. TEU)

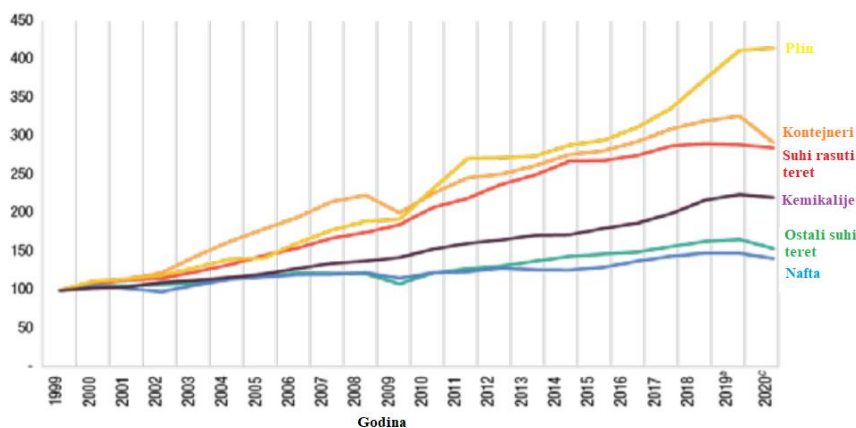
Izvor: [77], modificirano

Nadalje, pomorsko tržište je tokom 2019. i 2020. g. uvidjelo porast ukupnog broja rukovanih kontejnera za preko 2% (grafikon 2.) u odnosu na 2018. godinu, no istovremeno je bilježilo pad prometa izražen u tona-miljama (grafikon 3.).



Grafikon 2. Razvoj pomorske trgovine prema vrstama tereta (indeks: 1990 = 100)

Izvor: [77], modificirano

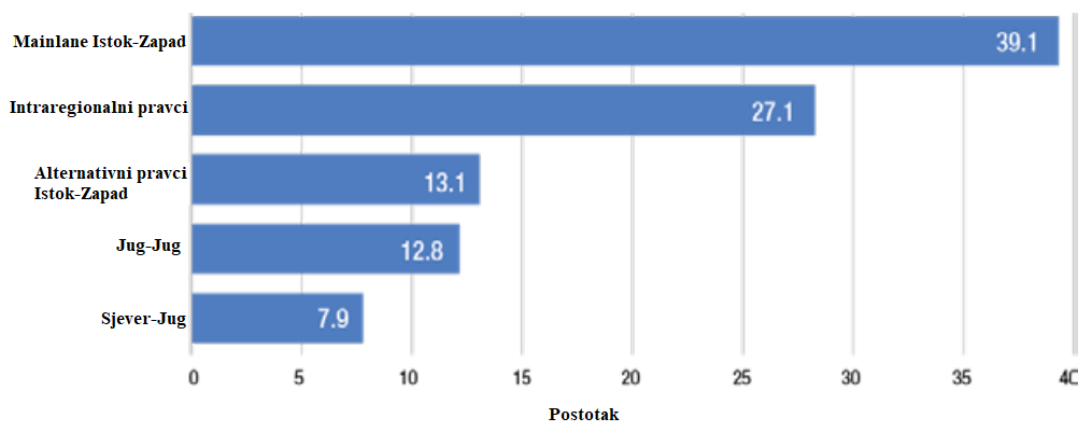


Grafikon 3. Međunarodna pomorska trgovina prema vrstama tereta (u tM)

Izvor: [10], modificirano

U 2019. godini je globalna kontejnerska trgovina rasla stopom od 1,1%, što predstavlja tri puta sporiji rast nego 2018. godine, dovodeći do ukupnog broja od 152 mil. prevezenih TEU jedinica. Velik dio toga rasta potaknut je trgovinskim aktivnostima na alternativnim (sporednim) pravcima Istok-Zapad, Jug-Jug te intraregionalnim putovima. Ne računajući zadnje, stopa rasta tržišta iznosila je 0,4% u 2019. Izazovi s kojima se suočila automobilska industrija (i proizvodnja motornih pogona) u 2019. imali su izravan utjecaj na kontejnerski prijevoz koji je povezan s dostavom novih automobilima i predstavlja važan poslovni sektor na određenim trgovinskim pravcima. Globalna prodaja automobila smanjila se prvi put za oko 1,5% u 2018. godini, nakon vrlo stabilnog rasta više od jednog desetljeća. Prodaja je nastavila opadati i 2019. godine. Kina je zabilježila dvoznamenkasti pad. Uz cjelokupno usporavanje gospodarstva, u splet događaja ulazili su i sljedeći čimbenici: novi

emisijski standardi, pomak prema elektrifikaciji, automobili s produljenim životnim ciklusom i sve veća popularnost rabljenih automobila te iznajmljivanja vozila (engl. *carsharing*). Glavne trgovinske rute *Mainlane* (treće poglavlje), primarno *Azija-Europa*, *Trans-Pacific* i *Trans-Atlantik*, obradile su 39,1% svjetske kontejnerizirane robe. Trgovina na drugim rutama, koje uključuju sudjelovanje država u razvoju, dobila je na značaju jer su te države u 2019. godini uspjele ostvariti 60,9% kontejnerizirane trgovine (grafikon 4.) [77].



Grafikon 4. Tržišni udio svjetske kontejnerske trgovine

Izvor: [77], modificirano

Sumarno, intraregionalni pravci (uglavnom unutar-azijski tokovi) i promet na pravcu Jug-Jug prevezli su 39,9% kontejnerizirane trgovine u 2019. Kontinuitet Azije nastavlja jačati širenje intraregionalne trgovine kontejnerima, uz sve veći doprinos Jugoistočne Azije. Alternativne trgovinske rute Istok-Zapad i Sjever-Jug činile su 13,1%, odnosno 7,9% tržišta. Trgovina na alternativnim rutama Istok-Zapad uključuje tokove između Dalekog istoka i Zapadne Azije, Dalekog istoka i Južne Azije, Južne Azije i Europe, te zapadne Azije i Europe [77].

Europske luke su zabilježile manji rast teretnog prometa, odražavajući slabost koja ugrožava proizvodni sektor i uvoznike zaliha. Nizozemska luka Rotterdam je povećala radni obujam za 2,1% u odnosu na 2018. godinu, dok je belgijska luka Antwerpen postigla rast od 6,8%. Luka Hamburg je zabilježila rast od 6,1% obrađenih kontejnera zbog pripajanja atlantskih usluga THE konsolidacije (prvobitno stacionirane u luci Bremerhaven). Kontejnerski promet sjevernoameričkih luka je u istom vremenskom periodu ostao unutar očekivanih granica. Luke zapadne obale SAD-a pokazuju lošije performanse u usporedbi s lukama istočne obale i obale Meksičkog zaljeva. Luke zapadne obale izgubile su tržišni udio na kombiniranom tržištu uvoza i izvoza. Iako se trend ubrzavao s trgovinskim napetostima,

već je postojala tendencija da se teret udaljava od zapadne obale Sjeverne Amerike. Luke Los Angeles i Long Beach uvide pad udjela od 22,9% u odnosu na 26,5% iz 2015. godine. Migracija tereta također je imala utjecaja na luke zapadne obale Kanade i Meksika, posebno luke Vancouver, Lázaro Cárdenas i Manzanillo, koje su također izgubile određeni tržišni udio [77].

2.4 Konsolidacije kontejnerskih brodara

Konsolidacije ili kooperacije su vrsta sporazuma o suradnji između preookeanskih prijevoznika u svrhu strateškog pokrivanja trgovačkih putova. Glavni razlog kooperacije kontejnerskih brodara jest smanjivanje troškova. Pomorstvo, pa tako i kontejnerski prijevoz, su industrije s jako velikim kapitalnim ulaganjima. Stoga nije moguće da jedna kompanija kontrolira dovoljno veliku flotu brodova za pokrivanje svih pravaca prijevoza. Kontejnerske kompanije imaju izrazite operativne troškove koji proizlaze iz same plovidbe brodova, manipulacije tereta i disbalansa tržišta. Također bitan razlog udruženja jesu zahtjevi kupaca ili korisnika usluga. Oni traže redovito održavanje linija, fiksne cijene prijevoza i zahtijevaju brzu i točnu isporuku [48].

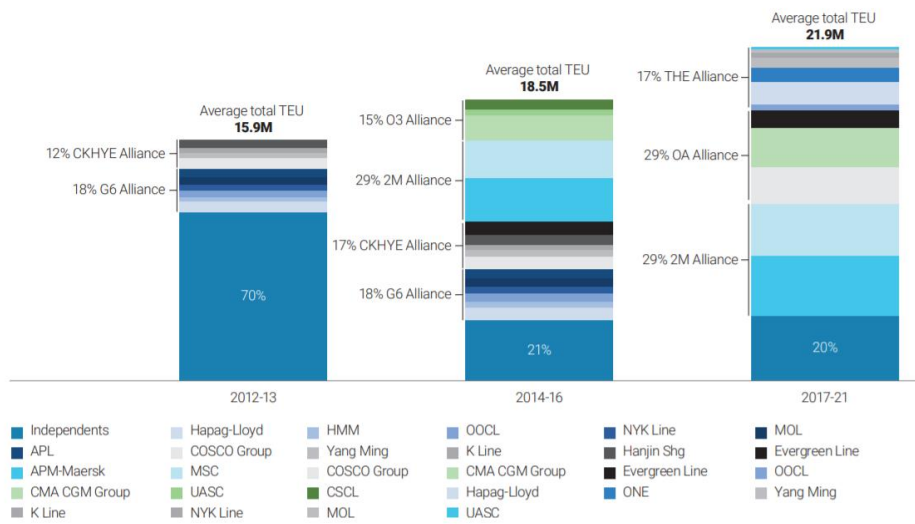
Tri partnerstva vodećih kontejnerskih prijevoznika su:

- *2M Alliance*: Maersk i MSC, plus trogodišnji HMM charter (7.641.759 TEU, 35% globalni udio);
- *Ocean Alliance*: CMA CGM, COSCO, Evergreen, OOCL (6.084.542 TEU, 28,2% udio);
- *THE Alliance*: Hapag-Lloyd, NYK, Yang-Ming, Mitsui O.S.K. i K-Line (3.627.832. TEU, 17% udio).

Navedeni podaci su ažurirani krajem 2018. godine. 2M kooperacija s partnerom HMM trajala je do 2020. godine. Ocean i THE alijanse imaju ugovor do 2022. godine. Trenutno stanje (2021.) navedene tri kooperacije je sljedeće:

- *2M Alliance*: Maersk/ Hamburg Süd i MSC;
- *Ocean Alliance*: CMA CGM, COSCO/OOCL, Evergreen;
- *THE Alliance*: ONE, Hapag-Lloyd, NYK, Yang-Ming, HMM.

Ostale konsolidacije kontejnerskih brodara, kao i njihovi udjeli u mil. TEU od 2012. do 2021. godine su prikazani na grafikonu 5.



Grafikon 5. Tržišni udjeli konsolidacija

Izvor: [9]

3 PREGLED GLAVNIH POMORSKIH ROBNIH TOKOVA

Pomorski kontejnerski promet najzastupljeniji je na sljedeća tri glavna (engl. *Mainlane/Mainline*) plovidbena robna toka:

- Trans-Pacifik,
- Trans-Atlantik,
- Azija-Europa.

Godišnji promet kontejnera na ova tri glavna robna toka je prikazan u tablici 2.

Tablica 2. Godišnji kontejnerski promet na Mainlane tokovima (u mil. TEU)

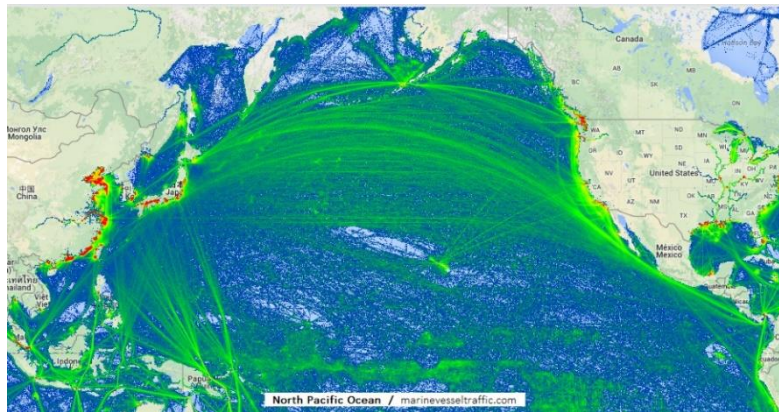
| God. | Trans-Pacifik | | | Trans-Atlantik | | | Azija-Europa | | |
|----------------------------|---------------|------|--------|----------------|------|--------|--------------|------|--------|
| | EB | WB | Ukupno | EB | WB | Ukupno | EB | WB | Ukupno |
| 2018. | 20,8 | 7,4 | 28,2 | 3,1 | 4,9 | 8,0 | 7,0 | 17,3 | 24,3 |
| 2019. | 20,0 | 6,8 | 26,8 | 2,9 | 4,9 | 7,8 | 7,2 | 17,5 | 24,7 |
| 2020. | 18,1 | 7,0 | 25,1 | 2,8 | 4,7 | 7,5 | 6,9 | 16,1 | 23,0 |
| Godišnja postotna promjena | | | | | | | | | |
| 17-18 | 7,0 | 0,9 | 5,4 | 5,8 | 6,8 | 6,4 | -1,3 | 5,7 | 3,6 |
| 18-19 | -3,8 | -7,4 | -4,7 | -5,0 | -0,2 | -2,1 | 2,9 | 1,4 | 1,8 |
| 19-20 | -9,7 | 2,6 | -6,6 | -5,3 | -5,8 | -5,6 | -3,6 | -8,3 | -6,9 |

Izvor: [77]

Iz tablice je vidljivo da svaki od nabrojanih robnih tokova ima dvije orijentacije plovidbe brodova: istok-zapad (engl. *Westbound*, skraćeno WB) i zapad-istok (engl. *Eastbound*, skraćeno EB). Primjerice, brod koji plovi na WB orijentaciji robnog toka Trans-Pacifik ima polazište u jednoj od Amerika, a odredište vjerojatno u područjima Azije ili Oceanije. Također je bitno uočiti nesrazmjer količine tereta između tih orijentacija što odražava iznimnu zastupljenost azijskih zemalja u globalnoj proizvodnji. Mnogo više tereta se preveze od Azije prema ostalim regijama nego obratno. Nastavak rada daje kratak pregled tri glavna robna toka. Redoslijed njihova navođenja ne odražava njihov prometni obujam.

3.1 Robni tok Trans-Pacifik

Glavni pomorski robni tok predstavlja transpacifički prijelaz ili Trans-Pacifik. Obuhvaća sve plovidbene pravce na Tihom oceanu između obale Azije, Oceanije i zapadne obale Amerike. Ostvaruje u prosjeku 26 mil. TEU prometa godišnje (zemljovid 1.).



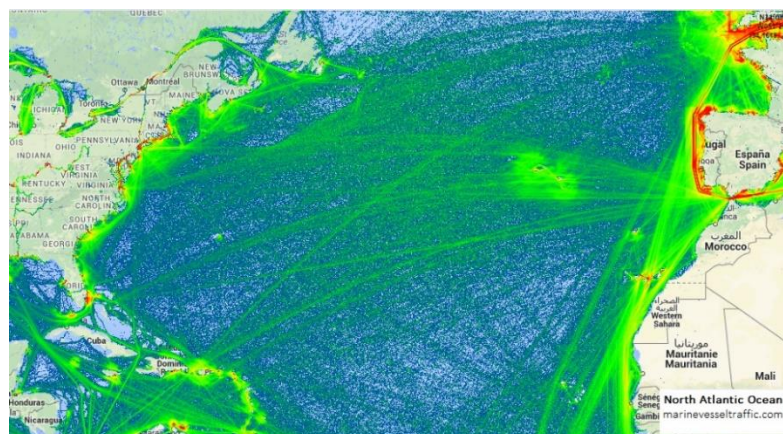
Zemljovid 1. Godišnja frekvencija prometa Trans-Pacifika

Izvor: [67]

Tihi ocean zauzima 32% površine hidrosfere, sadrži preko 25.000 otoka i ima srednju dubinu od oko četiri kilometra, čineći ga najdubljim oceanom [52]. Hidrometeorološki uvjeti na Pacifiku su nepovoljni u ekvatorijalnom području. Brodovi plove sjevernijom ortodromom radi ticanja japanskih, kineskih i sjevernoameričkih luka gdje je promet najviše zastupljen. Južni pravci do Australije, Novog Zelanda, odnosno Južne Amerike su manje prominentni. Vodeće luke ticanja na robnom toku između Sjeverne Amerike i Azije su: Long Beach, Oakland, Seattle, Vancouver, Dutch Harbor, Tokyo, Yokohama, Busan, Shanghai, Xiamen, Hong Kong, Singapore [7].

3.2 Robni tok Trans-Atlantik

Drugi glavni robni tok jest transatlantski koridor ili Trans-Atlantik. Obuhvaća potez Atlantskog oceana između zapadne obale Europe, Afrike i istočne obale Amerike. Ostvaruje godišnji promet od 7 milijuna TEU (zemljovid 2.).



Zemljovid 2. Godišnja frekvencija prometa Trans-Atlantika

Izvor: [44]

Većina brodova na Trans-Atlantiku plove jednostavnom ortodromom srednje geografske širine izbjegavajući arktički i antarktički krug zbog opasnosti od santi leda. Za razliku od Pacifika, Atlantskim oceanom u pravilu vladaju povoljniji vremenski uvjeti, izuzev područja oko Floride u doba tropskih oluja. Karakteristika transatlantskog koridora leži u brojnosti načina povezivanja. Trans-Atlantik na svom području sadrži (analogno toku Azija-Europa) tri prometna pravca (zemljovid 3.).



Zemljovid 3. Prikaz kopnenih i morskih pravaca Trans-Atlantika

Izvor: [55], modificirano

Prolaz kroz Panamski kanal predstavlja najkraći operativni put između Atlantskog i Tihog oceana. Panamski kanal izgrađen je na najužem dijelu panamskog tjesnaca te je pušten u promet 15. kolovoza 1914. godine. Područje kojim se kanal proteže nalazi se 26 m iznad razine mora pa je brodove potrebno uzdići i spustiti na morsku razinu koristeći sustav ustava [24].

Ostala dva pravca služe kao alternative. Prvi od njih, tzv. sjeverozapadni prolaz (engl. *NWP*, *Northwest passage*), prolazi kroz Arktički ocean oko sjevera Kanade. Drugi alternativni pravac usmjerava plovidbu oko rta Horn na južnom vrhu južnoameričkog kontinenta.

3.3 Robni tok Azija-Europa

Treći glavni robni tok je pomorski dio „Puti svile“ ili tok Azija-Europa. Najprometniji je i neophodan pomorski koridor za opskrbljivanje većine europskih država te država i regija duž plovidbene rute proizvodima iz Kine, Južne Koreje, Vijetnama, Tajlanda i ostalih industrijskih giganta. Obuhvaća širokopojasno područje od sjeveroistočnih krajeva Azije do sjeverozapadnih obala Europe (zemljovid 4.).



Zemljovid 4. Prikaz kopnenih i morskih pravaca robnog toka Azija-Europa

Izvor: [56], modificirano

Tok Azija-Europa sadrži tri alternativne rute kao Trans-Atlantik, međutim ostvaruje više prometa te bi u konačnici trebao imati značajniju funkciju u globalnoj trgovini. Stoga je odabran kao poseban predmet interesa ovog rada. Robni tok Azija-Europa unutar svojih trgovinskih granica sadrži dva važna prometna pravca koji su trajno otvoreni za plovidbu i jedan alternativni koji svoj puni operativni potencijal tek treba pravilno demonstrirati. Riječ je o prometnim pravcima:

- kroz Sueski kanal (oznaka nadalje u radu „SCR“ od engl. *Suez Canal Route*),
- oko Rta dobre nade (nadalje „CHR“ od engl. *Cape [of Good Hope] Route*),
- Sjeverni morski put (nadalje „NSR“ od engl. *Northern Sea Route*).

4 GEOPROMETNI ZNAČAJ ROBNOG TOKA AZIJA-EUROPA I UVJETI KORIŠTENJA ALTERNATIVNIH PRAVACA

Od predstavljena tri glavna toka, nastavak rada izdvaja robni tok Azija-Europa, tj. odabrane pravce SCR, CHR i NSR zbog potrebne analize konkurentnosti kontejnerskih brodara.

4.1 Teorijske determinante odabranih pravaca

Teorijske značajke odabranih pomorskih pravaca robnog toka Azija-Europa uključuju: geoprometnu funkciju i najvažnije luke ticanja, duljinu plovidbe, karakteristike predmeta interesa te hidrometeorološke prilike.

4.1.1 Pravac SCR (Suez Canal Route)

Prometna povezanost Azije i Europe, uz kopnene i zračne sustave, primarno je ostvarena morskim pravcem SCR. Među današnjim brodarima, SCR je najpopularniji odabir plovidbene rute zbog svoje povoljne ekonomske opravdanosti u smislu najkraćeg puta između ovih udaljenih krajeva svijeta.

U WB orijentaciji, SCR najprije dotiče Žuto more, zatim Južno kinesko more i otoke Indonezije. Zatim prolazi kroz Malajski prolaz put juga Indije ili Šri Lanke do Arapskog mora. Ovdje ulazi u Adenski zaljev pa kroz crveno more u Sueski zaljev, formaciju koja tvori prirodni ulaz u umjetno prokopan istoimeni kanal. Dolaskom u Sredozemno more, brodarima kojima je krajnje odredište na sjeveru (Skandinavija, Baltik) ili u istočnoj Europi, stoji na raspolaganju nekoliko opcija. Uploviti u jednu od egejskih, jadranskih ili crnomorskih luka znači preostalo putovanje tereta provesti intermodalno željeznicom ili cestom. Nastavak plovidbe dalje prema zapadu podrazumijeva prolazak kroz Gibraltarski tjesnac i završetak putovanja broda u jednoj od luka zapadne obale Europe. Za EB orijentaciju prema Aziji vrijedi suprotan redoslijed.

Učestale luke ticanja na pomorskom pravcu SCR u WB orijentaciji prikazane su u tablici 3. na primjeru rasporeda plovidbe kojeg pruža industrijski lider A. P. Moller Maersk [2].

Tablica 3. Luke na trasi Maersk-AE1 (Asia-Europe) u WB orijentaciji

| Luka | Vrijeme tranzita | Dolazak | Odlazak |
|-----------------|------------------|-----------------------|--------------------|
| Yokohama | - | - | 1. dan (nedjelja) |
| Ningbo | 3 dana | 4. dan (sijeda) | 4. dan (petak) |
| Shanghai | 5 dana | 6. dan (subota) | 6. dan (nedjelja) |
| Xiamen | 8 dana | 9. (utorak) | 9. dan (srijeda) |
| Tanjung Pelepas | 14 dana | 15. dan (nedjelja) | 15. dan (utorak) |
| Colombo | 19 dana | 20. dan (petak) | 20. dan (nedjelja) |
| Felixstowe | 36 dana | 37. dan (utorak) | 37. dan (petak) |
| Rotterdam | 40 dana | 41. dan (subota) | 41. dan (nedjelja) |
| Bremerhaven | 43 dana | dan 44. (ponedjeljak) | dan 44. (srijeda) |

Izvor: [2]

Duljina plovidbe SCR pravcem znatno varira ovisno o destinaciji pojedinog kontejnerskog broda nakon prolaska kroz Sueski kanal. Ukoliko se duljina plovidbe definira kao kompletna udaljenost između dvije ekstremne točke (luke) na robnom toku Azija-Europa, tada dobiveni rezultat izražen u nautičkim miljama nije posebno relevantan iz razloga što se glavna prijevoza ne odvija takvim krajnostima. Bolja predodžba o stvarnoj trasi SCR bila bi primjerice udaljenost između azijske luke Shanghai i sjevernog terminusa Sueskog kanala Port Said. Ona bi u normalnim uvjetima iznosila oko 7.250 NM i trajala 15 do 20 dana uzimajući prosječnu brzinu kontejnerskog broda od 20 čv. Prolongacija gornje plovidbe do Londona bi ovu udaljenost povisila na 10.484 NM, što je i dalje 33% kraće (3.500 NM) od korištenja alternativnog pravca CHR [64]. Tako SCR pravac reducira duljinu putovanja i do 43% u odnosu na plovidbu oko Rta dobre nade, no uvodi nove probleme o kojima će biti riječi u kasnijim poglavljima [88].

Vitalni čimbenik zaslužan za sto-pedesetogodišnji uspjeh ove rute upravo je Sueski kanal. On je umjetno prokopan kanal na najužem dijelu kopnene prevlake između azijskog i afričkoga kontinenta. Nalazi se unutar teritorija Egipta, između luke Port Said na jugoistočnoj obali Sredozemnoga mora i luke Sueza u zaljevu Crvenoga mora. Znatnim dijelom prolazi kroz Timsah jezero te Veliko i Malo gorko jezero koje od otvaranja kanala poprimaju ulogu sidrišta za brodove na čekanju prolaza. Gradnja kanala trajala je deset godina od 1859. do 1869. Sueski kanal je dug 164 km, s pripadajućim dodatnim kanalima 193,3 km. Najveća širina na površini mora iznosi 313 m, a pri dnu 121 m. Maksimalna dubina iznosi 24 m. Zbog sve većega gaza brodova i konstantnog zatrpavanja pijeskom i muljem, kanal se mora kontinuirano jaružati, sanirati, prokopavati. Tijekom 2014. g. usporedno s dijelom dionice postojećega kanala izgrađen je novi kanal (dug 35 km, dubok oko 24 m), koji olakšava dvosmjernu plovidbu. Kanalom smiju ploviti brodovi korisne

nosivosti do 200.000 DWT, s gazom ne većim od 20 m, te max. širinom od 77,5 m (tip broda: Suezmax). U prosjeku kanalom prolazi 51 brod na dan (ažurirano 2019. godine). Kompletan prolazak traje u prosjeku 12-14 sati. Plovi se u konvojima, najvećom brzinom od 8 čvorova (16 km/h). U lukama i postajama nalaze se remontna brodogradilišta za popravak brodova, skladišta goriva, vode i živežnih namirnica. Uz kanal su postavljene željezničke pruge i ceste, a preko njega dva mosta: cestovni kraj Kantare (Al-Qanṭara) i željeznički kraj Ismailije [25].

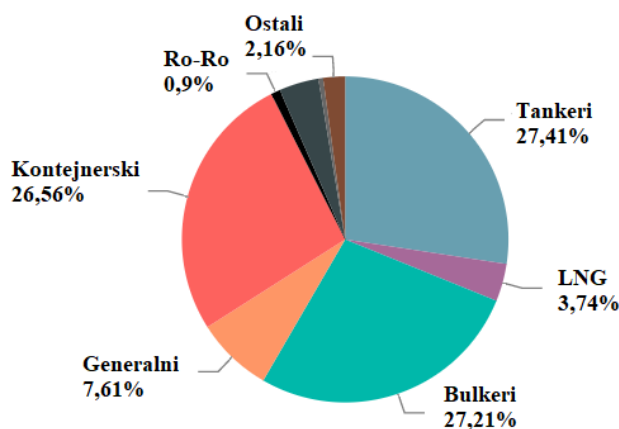
Egipatski prihod od plovidbe Sueskim kanalom 2014. iznosio je 5,3 milijarde \$, dok je fiskalne 2019. iznosio 5,8 milijarde \$. Prema novijim financijskim izvješćima Uprave Sueskog kanala (SCA) prihodi su unazad pet godina porasli za 4,7% i to uz nepromijenjene kanalske pristojbe [66]. Tablica 4. sadrži sažetu statistiku o broju tranzita kroz kanal do zadnjih raspoloživih podataka 2019. g.

Tablica 4. Tranziti kroz Sueski kanal

| Godina | Broj brodova | Neto reg. tona |
|--------|--------------|----------------|
| 2017. | 17.550 | 1.041,6 mil. |
| 2018. | 18.174 | 1.139,6 mil. |
| 2019. | 18.880 | 1.207,1 mil. |

Izvor: [73]

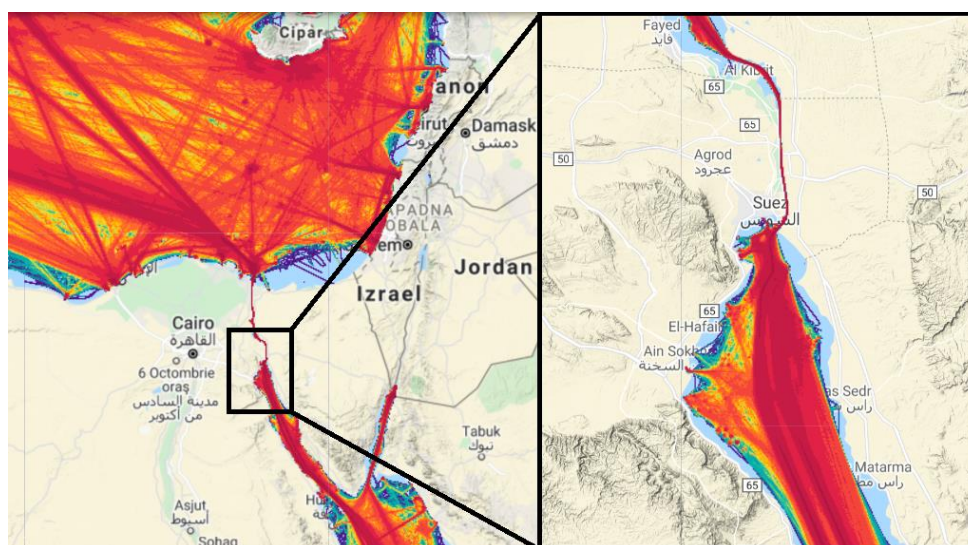
Tortni grafikon 6. prikazuje sastav tranzita kanala s obzirom na vrstu broda iz veljače 2020. Valja primijetiti kako je udio kontejnerskih brodova vrlo sličan udjelima tankera i bulkera, koji su inače najzastupljenija vrsta teretnih brodova na području Bliskog istoka zbog mnoštva izvora i rafinerija nafte.



Grafikon 6. Sastav tranzita Sueskog kanala prema vrsti brodova

Izvor: [73], modificirano

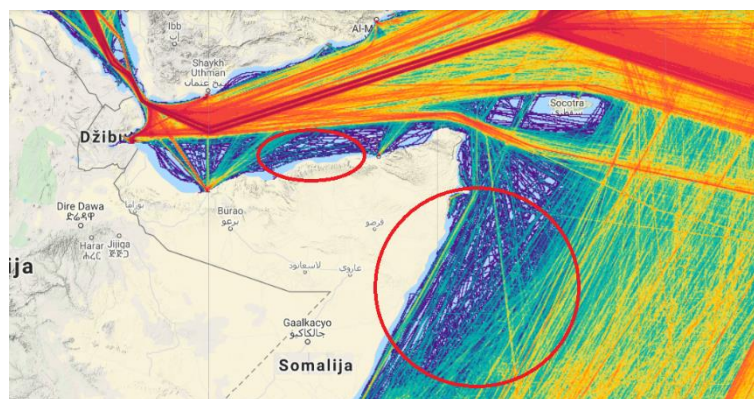
Gustoća prometa Sueskog kanala iznosi preko 200.000 ruta/0,3 km² (zemljovid 5.).



Zemljovid 5. Gustoća prometa Sueskim kanalom 2019.

Izvor: [45]

Hidrometeorološke prilike na SCR su uglavnom povoljne izuzev dijelova Azije unutar zone intertropske konvergencije gdje se u kišno doba (sezona monsunu) stvaraju povremeni tropski cikloni. Snažna nevremena se uz pomoć razvijenih tehnologija i uređaja mogu dovoljno dobro precizirati (u krajnjem slučaju korekcijom kursa izbjeći), pa je rizik za održavane trgovačke brodove malen [53]. Međutim, zloglasnost ove rute proizlazi iz modernog oblika piratstva u Malajskom prolazu i obalama Somalije. Piratstvo je bilo najviše zastupljeno do 2013. g. kada se implementiraju rigorozne mjere protiv suzbijanja takvog načina otimanja, izrabljivanja posada i tereta. Dokaz i dalje postojećeg opreza od pirata prikazuje zemljovid 6. Prosječna gustoća prometa u blizini Somalije iznosi tek 10 ruta/0,3km² [45].



Zemljovid 6. Gustoća prometa obalom Somalije 2019.

Izvor: [45]

4.1.2 Pramac CHR (Cape Route)

CHR je prva alternativa glavnom pravcu SCR. Ovaj pravac gubi svoj prvobitni značaj povezivanja Azije s Europom prokopavanjem Sueskog kanala, od kada mnogi brodari više nemaju potrebu za njegovim korištenjem. Međutim, zbog restrikcija Sueskog kanala, određeni teretni brodovi su primorani i dalje koristiti CHR. Također, nastupanjem neočekivanih događaja (pr. blokada Sueza), CHR predstavlja dostatan kratkoročni plan plovidbe.

U WB orijentaciji, CHR najprije dotiče Žuto more, zatim Južno kinesko more i otoke Indonezije. Proteže se kroz Malajski prolaz gdje se grana na dvije linije.

Prva linija obilazi indonezijski otok Sumatru i direktno vodi prema jugu Afrike. Drugi dio CHR-a vodi najprije do Šri Lanke i jugozapadnog dijela Arapskog mora. Ovdje ne ulazi u Adenski zaljev kao SCR, već nastavlja putanju južno slijedeći obalu Afrike prema Mozambičkom kanalu ili prema otočnoj državi Mauricijus zaobilaskom Madagaskara. Približavajući se kraju afričkog kontinenta, CHR zaobilazi južni vrh Afrike (Agulhaški rt) te Rt dobre nade. Nerijedak je slučaj pauziranja plovidbe i pristajanja brodova u luku Cape Town (Kaaipstad) zbog prekrcanja i/ili obnavljanja zaliha. Nastavak CHR je usmjeren prema sjeverozapadu prolazeći kraj Gvinejskog zaljeva, obale Gambije i Senegala te na posljetku kroz Kanarske otoke do europske destinacije. Za EB orijentaciju prema Aziji vrijedi suprotan redosljed.

Učestale luke ticanja na pomorskom pravcu CHR teže je odrediti nego luke pravca SCR. Razlog ovom je manjak redovnih linija kontejnerskih brodara jer za prijevoz dobara iz Azije u Europu rabe najčešće SCR zbog povoljnijih karakteristika. Ipak, moguće je odrediti redosljed luka od Azije do Europe koristeći nekoliko rasporeda plovidbe (Maersk), inače namijenjenim afričkom i južnoameričkom tržištu. To uključuje WB orijentacije ruta: FEW 6 Service, MEA-WAF, Safari i WAF 1 s polazištem u luci Shanghai. Dobiveni redosljed luka prikazan je u tablici 5.

Tablica 5. Luke na Maersk CHR trasama u WB orijentaciji

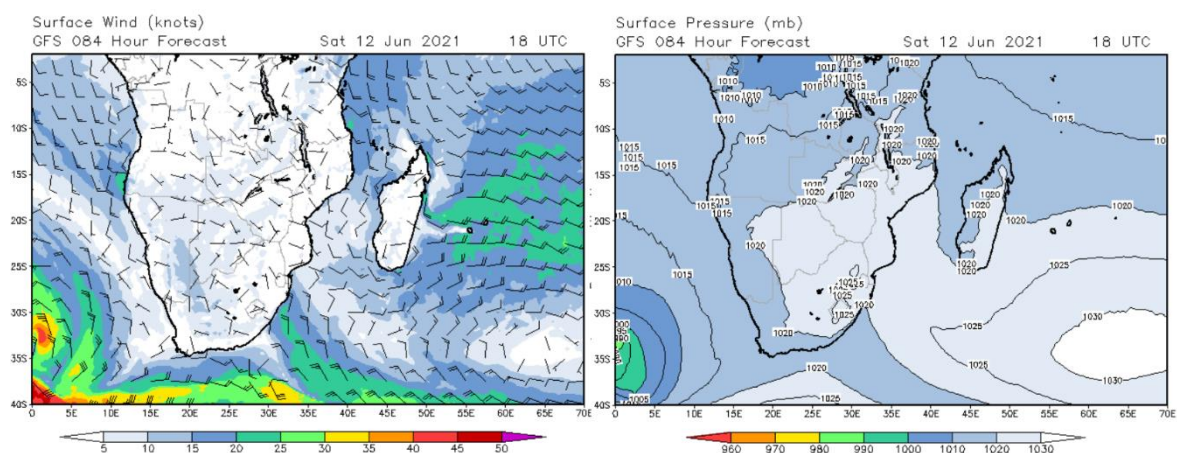
| | | | | | | |
|-------------|---------------|--------------|--------------------|--------------|-------------------|-----------------------|
| Luka | 1. Shanghai | 2. Hong Kong | 3. Tanjung Pelepas | 4. Colombo | 5. Singapore | 6. Port Louis (rjeđe) |
| | 12. Algeciras | 11. Tema | 10. Lagos | 9. Cape Town | 8. Port Elizabeth | 7. Durban |

Izvor: [1]

Duljina odabrane plovidbe od luke Shanghai do luke Algeciras pravcem CHR iznosi 12.776 NM. Uzimajući minimalno vrijeme zadržavanja u lukama, kontejnerskom brodu prosječne brzine 15 čv. bi za ovaj put u normalnim uvjetima trebalo oko 35 dana. Da isti brod odabere robni tok Trans-Pacifik i prolazak kroz Panamski kanal, produžio bi vrijeme putovanja za samo 10-tak sati. Za dodatnu usporedbu, distanca ekvivalentnog putovanja SCR pravcem iznosila bi 9.166 NM i reducirala vrijeme za čak tjedan dana [64].

Dok je CHR za većinu kontejnerskih brodova alternativni pravac, za Capesize bulkere i ULCC tankere (preko 250.000 DWT) predstavlja jedini način prolaska jer svojim dimenzijama nadmašuju postavljene uvjete Sueskog i Panamskog kanala (max. gaz za Suez iznosi 20 m).

Hidrometeorološke prilike na CHR su povoljne uz jugoistočnu obalu Afrike zbog manjih dubina, slabijih vjetrova i manjih valova. Djelomičnu zaštitu brodovima na putanji pružaju otoci Komori, Mayotte i Madagaskar. Vremenske prilike se prema jugu oko rtova pogoršavaju zbog utjecaja hladnih fronti s Antarktike. Jednu takvu nasumično odabranu prognozu prikazuje slika 7. Tako luke Durban, Port Elizabeth i Cape Town moraju posjedovati modernu lučku infrastrukturu i robusnu zaštitu u obliku lukobrana. Vrijeme se prema sjeverozapadu stabilizira, uz moguće prijetnje sezonskih uragana s zapada [42].



Slika 7. Jakost i smjer vjetra (lijevo) i tlak zraka (desno) na jugu Afrike

Izvor: [58], modificirano

4.1.3 Pravac NSR (Northern Sea Route)

Druga alternativa glavnom pravcu SCR je Sjeverni morski put. NSR se svojim položajem i jedinstvenim karakteristikama plovidbe ističe kao najintragantniji prometni pravac robnog toka Azija-Europa. Nalazi se istočno od ruskog otočja Novaje Zemlje i cijelom se dužinom proteže kroz Arktički ocean slijedeći obalu Sibira (zemljovid 7.).



Zemljovid 7. Sjeverni morski put

Izvor: [6], modificirano

Iz gornjeg zemljovida je moguće identificirati osnovnu karakteristiku ovog pravca – neposrednu blizinu arktičke polarne kape. Otprilike 5/6 putanje je trajno prekriven ledom zimi, što onemogućava regularnu eksploataciju. Jednako važno obilježje NSR-a jest njegova relativno mala duljina. U teoriji, brodovi mogu reducirati duljinu plovidbe u odnosu na ostala dva pravca za čak 4.000 NM, ovisno o vremenskim uvjetima i stanju leda. Toliko kraća udaljenost podrazumijeva osjetno manje vrijeme tranzita (30 - 40%), veću produktivnost broda, smanjenu potrošnju zaliha i nižu emisiju štetnih plinova [4]. Početak WB orijentacije NSR-a je u Beringovom prolazu. Prva referentna točka jest otok Wrangel, a sljedeća Istočnosibirsko more. Pravac se ovdje prostire između Novosibirskih otoka i prolazi preko Laptevskog mora do Karskog mora. Dalje prolazi kroz Karska vrata koja vode u Barentsovo more. Završetak pravca smatra se područje Bijelog mora ili sjeverna obala Skandinavskog poluotoka. Za EB orijentaciju vrijedi suprotan redoslijed.

Sjeverni morski put je nekoć služio isključivo potrebama domaćeg transporta Sovjetskog Saveza. Mukotrpno je razvijan te ranih 1930-tih pretvoren u siguran plovni put. Koristio se sve do raspada SSSR 1991. godine od kada biva otvoren za javni promet, no istovremeno zapostavljen zbog tadašnjih političkih nestabilnosti. Formiranjem novog leda, NSR postaje neprobojan svim plovilima osim ledolomcima polarne klase [34]. Porast, stagnacija i pad broskog prometa na NSR u rasponu 55 godina je prikazan u tablici 6.

Tablica 6. Promet na pravcu NSR od 1945. do 2000. godine

| Godina | Protok tereta (1.000 tona) | Godina | Protok tereta (1.000 tona) | Godina | Protok tereta (1.000 tona) | Godina | Protok tereta (1.000 tona) |
|--------|----------------------------|--------|----------------------------|--------|----------------------------|--------|----------------------------|
| 1945. | 441,1 | 1980. | 4.983,7 | 1987. | 6.578,8 | 1994. | 2.300,1 |
| 1950. | 500,0 | 1981. | 5.004,8 | 1988. | 6.295,2 | 1995. | 2.361,3 |
| 1955. | 632,0 | 1982. | 5.109,5 | 1989. | 5.832,0 | 1996. | 1.642,0 |
| 1960. | 962,5 | 1983. | 5.443,9 | 1990. | 5.510,5 | 1997. | 1.945,0 |
| 1965. | 1.455,1 | 1984. | 5.834,7 | 1991. | 4.804,0 | 1998. | 1.458,4 |
| 1970. | 2.947,7 | 1985. | 6.181,3 | 1992. | 3.909,2 | 1999. | 1.580,2 |
| 1975. | 4.065,0 | 1986. | 6.454,7 | 1993. | 3.015,7 | 2000. | 1.587,0 |

Izvor: [34]

Trend opadanja prometa pravcem NSR nastavlja se do 2011. godine. Uslijed globalnog zatopljenja, NSR unazad deset godina dobiva ponovnu međunarodnu pozornost, posebice azijskih i europskih kontejnerskih brodara koji planiraju premjestiti dio prometa na ovaj pravac. Ukupan broj putovanja na NSR u 2016. godini iznosi 1.705, a u 2019. godini 2.694 ili 58% više. Ukupna količina prevezenog tereta na NSR u 2016. godini iznosi oko 7,5 mil. tona, dok u 2019. raste za četiri puta na 31,5 mil. tona. Trenutno povećanje frekvencije prometa je pogonjeno kabotažom između ruskih luka te izvozom goriva (primarno LNG) u Europu. Ruska Federacija planira do 2024. g. investirati 11,7 milijardi \$ u održavanje prohodnosti nuklearnim ledolomcima tvrtke Rosatom [22].

Intenzivirano topljenje ledenih masa omogućuje ice-class brodovima gotovo nesmetan prolazak u ljetnim i jesenskim razdobljima. Godišnja razina leda je minimalna tokom srpnja s temperaturama zraka iznad 0°C. Led najveće debljine 140-200 cm je tipičan za travanj i svibanj, neposredno prije početka perioda topljenja. Prosječna debljina leda tokom listopada iznosi 27,5 cm. Tipična debljina leda u prosincu iznosi 80 cm. Prema navigacijskim podacima, opasnost od višegodišnjeg leda (debljine preko 2 m) prisutna je cijelu godinu. Vremenski uvjeti na pravcu NSR su vrlo promjenjivi - ljetni mjeseci su obilježeni čestom maglom i smanjenom vidljivošću, a zimski jakim vjetrovom i mećavama [4].

4.2 Uvjeti korištenja alternativnih prometnih pravaca

Razmatranje alternativnih prometnih pravaca robnog toka Azija-Europa uvjetovano je: razlikama u cijenama goriva, novim geografskim otkrićima, utjecajem globalnog zatopljenja, optimizacijom troškova i zagušenjem ili blokadom Sueskog kanala.

Prvi razlog za korištenje alternativnih pravaca jest varijabilnost cijena goriva. Najveća razina cijena goriva uočljiva je na SCR zbog IMO 2020. regulacija. Cijene goriva na NSR su marginalno niže zbog veće ponude nafte, prirodnog plina iz Ruskih rafinerija. NSR-om je potrebno dugo manevrirati ovisno o stanju leda i praćenju ledolomaca, što može dovesti do neplaniranih troškova goriva. Povoljnije cijene nafte kreću se tržištem na pravcu CHR, međutim plovidba oko rta zbog udaljenosti zahtijeva znatno veće količine goriva, što zauzvrat može umanjiti prednost nižih cijena goriva [54].

Drugi razlog se odnosi na otkrivanje novih, efikasnijih ruta na postojećim alternativnim pravcima. Polarne ekspedicije na NSR-u periodično pronalaze sigurnije plovidbene puteve za ledolomce i teretne brodove zbog nepredvidivog kretanja leda. Uz to se evaluiraju i brojni riječni pravci u svrhu stvaranja alternativnih transportnih puteva.

Treće, utjecaj globalnog zatopljenja nedvojbeno je najizraženiji na Sjevernom morskom putu. Topljenjem leda povećava se mogućnost eksploatacije tog pravca, ali ujedno podiže svijest ekološkog utjecaja na to područje.

Nadalje, neizbježni troškovi na pravcu SCR uključuju: kanalsku pristojbu, lučku pristojbu, pilotažu, naknade uprave, pristojbe egipatskim ministarstvima, privez/odvez broda te trošak otpada (NB). Troškovi na NSR uključuju: tegljače za usmjeravanje većih brodova, naknade pratnje ledolomca te emisijske pristojbe osjetljivog područja. Navedeni troškovi ne postoje plovidbom pravcem CHR.

Peti razlog korištenja alternativnih pravaca je prometno zagušenje Sueskog kanala. Prekapacitiranje kanala može povećati broj brodova u prolazu, na čekanju i prouzročiti havarije, kašnjenja, cjelodnevne zastoje i slične nepoželjne situacije. Opasnost od blokade kanala manifestirala se 2004. g. nasukavanjem tankera Tropic Brilliance te je potvrđena početkom 2021. g. nesrećom kontejnerskog broda Ever Given. Brod Ever Given bio je nasukan u kanalu šest dana i prouzročio trgovinski gubitak od 54 milijardi \$, odnosno pad globalne trgovine za 0,2 do 0,4% [12].

4.3 Sažetak teorijskih kriterija pravaca SCR, CHR i NSR

Tablica 7. sadrži plovidbene karakteristike obrađenih pravaca na primjeru putovanja Yokohama-Hamburg.

Tablica 7. Najvažnije karakteristike ciljanih prometnih pravaca

| Pravci | SCR | CHR | NSR |
|---|-----------------|------------------------|---------------------|
| Plovidbeni dani (godišnje) | 365 | 365 | 84 |
| Duljina puta (u NM) | 11433 | 14748 | 7356 |
| Vrijeme putovanja brzinom 15 čv (u danima) | 31 | 41 | 18 |
| Vrijeme putovanja realnom brzinom (SCR i CHR max. 15 čv, NSR max. 9 čv) | 32-39 | 39-51 | 30 |
| Potražnja (kontejneri) | visoka | niska | niska |
| Pristojbe | srednje | niske | visoke |
| Konkurentno obilježje | svestranost | niži eksterni troškovi | najmanja udaljenost |
| Glavni nedostatak | troškovi kanala | duljina plovidbe | polarni uvjeti |

Izvor: [18, 65]

5 ODRŽIVI RAZVOJ KAO OKOSNICA BUDUĆEG RAZVOJA POMORSKE DJELATNOSTI I NJEGOV UTJECAJ NA ROBNITOK AZIJA-EUROPA

Sintagma održivog razvoja se terminološki uvriježila aktualizacijom Kyoto-protokola devedesetih godina prošlog stoljeća. Ona se temelji na koncepciji razvitka koji podrazumijeva ekonomski rast uvjetovan ekološkom ravnotežom i društvenim napretkom [70].

5.1 Koncept održivog razvoja u prometu

Principi održivog razvoja danas su prisutni u mnogobrojnim gospodarskim djelatnostima, uključujući polja prometa i transporta. Zasnovani su na unapređenju tehničko-tehnoloških karakteristika prijevoza te poticanju rasta cjelokupnog tržišta, no sve u granicama ekološke dopustivosti.

Utjecaj prometa na okoliš je dokazano enorman, prvenstveno zbog korištenja i sagorijevanja velike količine fosilnih goriva. Time se uzrokuje zagađenje zraka, vode, tla, narušavanje bioraznolikosti i ugrožavanje ekosistema. Prema rezultatima Fuglestvedt, Bernstein i suradnika, prometni sektor je od predindustrijskog doba do 2007. g. odgovoran za 15% svih emisija CO₂ i čak 31% oštećenja ozonskog omotača [19].

Naime, pojedini segmenti prometnog sektora ne djeluju u jednakoj mjeri na okoliš. Temeljem podataka ICCT (2020), cestovni prijevoz stvara najveće količine stakleničkih plinova - osobna vozila pridonose 40% emisija, a gospodarska vozila 37%. Pomorski prijevoz sudjeluje s 11% udjela atmosferskog zagađenja, avio industrija 10% te željeznica 2%. Navedeni podaci se isključivo odnose na zagađenje zraka [28]. Ostale vrste zagađenja nisu postotno uračunate. Primjerice, zrakoplovi zagađuju gornje slojeve atmosfere sintetičkim ozonom, ultra-finim česticama te pri tlu stvaraju prekomjernu buku. Zrakoplovne luke mogu naškoditi podzemnim vodama neopreznim rukovanjem kerozinom i drugim operativnim tekućinama [8].

Istovjetno, brodovi zagađuju mora i rijeke kojima plove namjernim ili slučajnim izljevom ulja, goriva, maziva, kemikalija, otpada. Plovidbom stvaraju vibracije (kavitacijom vijka) koje negativno utječu na motoričku percepciju i ponašanje morskih sisavaca. Ovisno o teretu, brodovi hlade ili griju okolno more što mijenja ambijentalnu temperaturu staništa.

Transport mora zadovoljiti svjetsku opskrbu, a pritom neizbježno djelovati na okoliš. Zanemarivanjem ekološke komponente prijevoza, svjetske potrebe će postajati sve veće do određene točke pucanja. Do toga još nije došlo zahvaljujući naporima regulatornih institucija koje ulažu znatna financijska sredstva za uspostavljanje temeljnih principa održivog razvoja. Uvođenje potrebnih mjera odvija se postepeno zbog osjetljivosti prometa (kao i povezanih sektora) na promjene. Kritične mjere održivog razvoja unutar EU donosi Europska komisija, a provodi ih pomoću Europske prometne politike (engl. *European Transport Policy – ETP*) s vidljivim rezultatima, posebice glede sigurnosti odvijanja prometa [15]. Globalne principe održivosti provode organizacije poput: UNEP (engl. *United Nations Environment Program*), EEA, CFSSD, UNESCO-Science for a Sustainable Future i OECD. Takvo provođenje ekoloških mjera na globalnoj razini zahtjeva koordinaciju svih sudionika međunarodnog prometa.

Prema Bijeloj knjizi transporta EU, standardne mjere koje programi održivog razvoja uključuju su: smanjenje korištenja fosilnih goriva, uvođenje tehničkih inovacija u cilju smanjenja emisija, težnja k potpunoj intermodalnosti, premještanje prometnih terminala izvan naseljenih područja, stimulacija ekološki prihvatljivih načina prijevoza politikom cijena, valorizacija i optimizacija rentabilnosti prometnih koridora. Konkretnije mjere odnose se na pažljivije nadziranje eksternih troškova transporta: uvođenje poreza na goriva, uvođenje ekoloških poreza za zagađenje, izgradnja i razvoj „zelene“ infrastrukture i dr. [15].

5.2 Uloga eksternih troškova u mjerama politike održivog razvoja

Eksterni troškovi u transportu obuhvaćaju sve troškove koje prouzroči korisnik prometne usluge, bez da snosi odgovornost za nastalu štetu. Javljaju se u svakom logističkom lancu, ali nisu pokriveni jer do sada nije bilo takve obveze. Njihov izračun i naplata naziva se internalizacija eksternih troškova (politička intervencija) [38].

Internalizacija eksternih troškova je glavni alat u provođenju politike održivog razvoja. Internalizacija se primjenjuje (novčanim) opterećenjem onečišćivača troškovima šteta od onečišćenja koje su uzrokovali, određujući te troškove po načelu „onečišćivač plaća“ [38]. Drugim riječima, to implicira naplaćivanje svih radnji koje dovode do narušavanja okoliša i ljudskog zdravlja, koje nisu naplaćene kroz cijenu prometne usluge. Internalizacija eksternih troškova kažnjavanjem neprihvatljivih praksi stimulira ulaganje u nove, ekološki

prihvatljive tehnologije. Prateći ove principe, potrebne su ozbiljne i sustavne promjene kako bi se utjecalo na konsolidirano poslovanje u prometnom sektoru [83].

Eksterni troškovi predstavljaju relevantne indikatore održivosti i konkurentnosti prometnih pravaca, kao i relevantne čimbenike u postupku izbora prometnog sredstva, odnosno optimalnog pravca prijevoza robe. Sve većom primjenom postaju neophodna (i skupocjena) komponenta ukupnih troškova prijevozne usluge [83].

Slijedom toga, eksterni troškovi zagađenja zraka neizostavno se sagledavaju u nadolazećoj analizi vrednovanja (ekonomske i ekološke) konkurentnosti prometnih pravaca u šestom i sedmom poglavlju.

5.3 Primjena održivog razvoja u pomorstvu

Pomorski prijevoz je statistički među najmanje štetnim oblicima transporta. Opravdava ga njegova velika proizvodna vrijednost – omjer količine prevezenog tereta i količine stvorenog zagađenja. No tvrditi da je pomorstvo ekološki neutralno jest netočno. Pomorski transport se nalazi u ekološkoj evoluciji i neprestano podliježe dobrodošlim promjenama. Sve promjene regulira UN-ova Međunarodna pomorska organizacija (engl. *International Maritime Organization – IMO*) pomoću različitih konvencija i obvezujućih dokumenata.

Od nekoliko glavnih IMO konvencija, ističe se MARPOL (engl. *Marine Pollution - International Convention for the Prevention of Pollution from Ships*) kao ključna u vezi sprječavanja zagađenja s brodova. Međunarodna konvencija o sprječavanju onečišćenja s brodova sadrži sedam priloga (dodataka/annexa) donesenih tokom 38 godina:

- Prilog I. Pravila o sprječavanju onečišćenja naftom,
- Prilog II. Pravila za kontrolu onečišćenja ostalim štetnim tekućim tvarima,
- Prilog III. Pravila o sprječavanju onečišćenja štetnim tvarima u pakiranom obliku,
- Prilog IV. Pravila o sprječavanju onečišćenja fekalijama s brodova,
- Prilog V. Pravila o sprječavanju onečišćenja otpacima s brodova,
- Prilog VI. Pravila o sprječavanju onečišćenja s brodova posredno zrakom, emisijom sumporovih i dušikovih oksida.

Prilozi obvezuju brodove na provođenje ekoloških praksi te na posjedovanje određenih certifikata kako bi uopće smjeli ploviti. Neke od tih potvrda su: IOPP svjedodžba, knjiga ulja, SOPEP plan, knjiga smeća.

Konvencija također određuje područja za koja je potrebna posebna zaštita s obzirom na njihovu ekološku osjetljivost - ECA područja (engl. *Emission Control Areas*). U posebna područja ubrajaju se: Sredozemlje, Baltičko more, Crno i Crveno more, Arapski zaljev, Sjeverno more i šire područje Kariba. Postoje tri varijante ECA područja: NECA (NO_x ECA), SECA (SO_x ECA), i kombinirana područja (NO_x + SO_x + PM) [29].

Tako je osnovna problematika šestog priloga MARPOL konvencije emisija stakleničkih plinova i hlapljivih organskih spojeva (engl. *volatile organic compound - VOC*) s brodova. Pogonsko postrojenje uobičajeno za današnje trgovačke brodove uključuje sporookretne dizelske motore, koji rade na loživa ulja (engl. *fuel oil/marine fuel/HFO/IFO380*) preostala od frakcijske destilacije nafte [47].

Lož-ulja su vrlo pogodna s ekonomskog stajališta jer su znatno jeftinija od modernih, ekološki prihvatljivih dizelskih alternativa. Prije desetak godina, nastojalo se potrošiti naftne taloge i upotrijebiti ih za pogone različitih prijevoznih sredstava. Danas se od takve prakse odmiče. Sagorijevanjem brodskog goriva se, među ostalima, stvaraju otrovni dušikovi oksidi (NO_x) te sumporovi oksidi (SO_x) koji reakcijom s česticama prašine i vodene pare u zraku stvaraju smog. Smog direktno utječe na zdravlje ljudi uzrokujući respiratorne bolesti, a indirektno škodeći zemljinoj flori i fauni [47].

U skladu s ovim principima, uvode se izmjene šestog priloga – donose se regulacije nazvane *Tiers* (I, II i III). Tieri predstavljaju razine kontrole NO_x u ovisnosti o starosti broda i njegovoj porivnoj konfiguraciji.

Tier I obvezuje brodove proizvedene od 1. siječnja 2000. g. na limitaciju ispuštanja NO_x na 17,0 g/kWh pri okretajima motora (n) manjim od 130 min⁻¹. Pri većim okretajima (n od 130 do 1999 min⁻¹), brodovi ne smiju ispuštati više od 45 · n^(-0,2) g/kWh, dok pri vrlo visokim okretajima (n preko 2000 min⁻¹) emisija NO_x ne smije prijeći 9,8 g/kWh. Ekvivalentno vrijedi za Tier II, ali uz strože limite [31].

Tier III razina kontrole se primjenjuje samo na brodove u osjetljivim područjima. Brodovi u ECA područjima moraju biti izgrađeni nakon 1. siječnja 2016. g. i ograničiti ispuh dušikovih oksida na 3,4 ili $9 \cdot n^{(-0,2)}$ ili 2,0 g/kWh respektivno prema broju okretaja [31].

Pored Tier regulacija za dušikove okside, konvencija sadrži pravila (IMO 2020.) za smanjenje ispuha sumporovih oksida. Maksimalna molarna masa SO_x čestica (% m/m) za brodove u internacionalnoj plovidbi iznosi 0,5%, a za brodove unutar SECA područja 0,1%. Stariji brodovi još uvijek smiju koristiti teška goriva, ali uz instalaciju uređaja za pročišćavanje (engl. *scrubbers*). Nadalje, lož-ulju može se dodati plinsko gorivo i smanjit udio sumpora do željenih granica. Noviji brodovi se kompletno prebacuju na alternativna goriva (engl. *very low sulphur fuel oil - VLSFO*). Jedno alternativno gorivo jest biodizel, razvijeno s velikim udjelom alkohola [30].

5.4 Utjecaj održivog razvoja na robni tok Azija-Europa

Principi održivog razvoja utječu na pomorsku industriju na način da eliminiraju stara i formiraju nova područja interesa. To rezultira promjenama u konkurentnosti robnih tokova (morskih i kopnenih). Konkretno, na pomorskom robnom toku između Azije i Europe dolazi do povećanja/smanjenja atraktivnosti prometnih pravaca SCR, CHR i NSR. Pronalaženje optimalne relacije s najmanjim ukupnim troškovima nije jednostavno i zahtijeva dugoročna istraživanja. Neka od razmatranja stručnjaka (Andersson, Lindgren, Brynolf, Bien) o mogućem utjecaju budućih promjena na robne tokove prikazane su u nastavku [5].

S obzirom da brodovi, prolaskom Sueskim kanalom, prolaze iz jednog osjetljivog područja (Crveno more) u drugo (Sredozemlje), utjecaj regulacija održivog razvoja biti će posebno izražen na ovom prometnom pravcu. Stupanjem promjena, brodovi u blizini kanala podliježu različitim kontrolama. Tokom plovidbe smije se nadzirati: ispuh broda, tip goriva, efikasnost pogonskog stroja, stanje filtera i dr. [5].

Postoji mogućnost uvođenja novih navigacijskih pravila unutar Sueskog kanala u smislu ograničenja veličine i vrste brodova radi sprječavanja nesreća, nasukavanja i u konačnici izlivanja većih količina nafte. Predviđa se usporavanje tranzitnih brodova za nekoliko čvorova u svrhu smanjenja potrošnje goriva te emisije plinova. Manje brzine podrazumijevaju dulju plovidbu, što potiče razmatranje alternativnih pravaca. Očekuju se infrastrukturne promjene kanala; primjerice, izgradnja pomoćnih prolaza i lučkih bazena za rasterećenje glavnog koridora [5, 85].

Prometni pravac oko juga Afrike zahtijeva najveću količinu goriva zbog najveće udaljenosti. Zato uvođenje novih, skupljih vrsta goriva direktno utječe na konkurentnost CHR-a. Trend globalnih cijena goriva je iznimno rastući u 2021 g. Cijene ekološki prihvatljivih goriva su u studenom 2020. iznosile 318,50 \$ po toni, a cijene IFO380 273,50 \$ po toni [51]. Nova goriva su skuplja u prosjeku 50 \$. U srpnju 2021. globalna cijena VLSFO goriva iznosi 559,50 \$ po toni, dok cijena IFO380 iznosi 438,50 \$ po toni. Prema tome, razmjer između teških goriva i alternativnih porastao je za 120 \$ po toni [66]. Rezultat ovog trenda jest intenzivirana ugradnja scrubber sustava. Tako se izbjegavaju skupa goriva, a istovremeno zadovoljavaju regulatorne mjere. Ovakva praksa je kratkoročno rješenje do rekonstrukcije postojećih brodskih pogona.

Utjecaj održivog razvoja na Sjevernom morskom putu ponajprije je uvjetovan klimatskim promjenama. Topljenje leda potiče prometnu aktivnost. Frekventniji promet povećava rizik od onečišćenja. Arktički krug je poznat po svojoj bioraznolikosti, a većom eksploatacijom NSR-a ta raznolikost se može ugroziti. NSR je za sada legalno plovani, ali neizvjesno je do kada. Postoji velika vjerojatnost od uvođenja strogih restrikcija za korištenje tog puta, s krajnjim ciljem njegova zatvaranja (još neodređeno) [5].

Održivi razvoj u jednakoj mjeri utječe i na ostale robne tokove, stoga opisana situacija na robnom toku Azija-Europa ne predstavlja izolirani slučaj.

6 MODEL VREDNOVANJA EKONOMSKIH I EKOLOŠKIH PARAMETARA KONKURENTNOSTI ALTERNATIVNIH PROMETNIH PRAVACA NA ROBNOM TOKU AZIJA-EUROPA

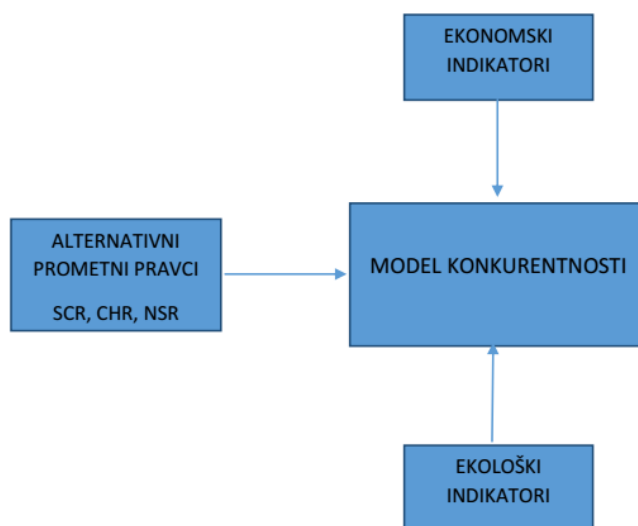
Utvrdivši teorijske značajke robnog toka Azija-Europa, kao i utjecaj održivog razvoja na isti, potrebno je predstaviti matematičke modele vrednovanja konkurentnosti te definirati pojedinosti referentnog broda, odnosno putovanja.

6.1 Metodologija istraživanja

Istraživanje se temelji na dva jedinstvena modela. Prvi model sadrži set kalkulacija ekonomskih indikatora ciljanih prometnih pravaca. Sagledavaju se svi troškovi plovidbe odabranog kontejnerskog broda na tri različita putovanja.

Drugi model sadrži izračune ekoloških indikatora ciljanih pravaca. Ovdje se sagledavaju eksterni troškovi zagađenja zraka prema pojedinačnim polutantima koji se u konačnici pribrajaju troškovima putovanja radi vrednovanja ukupne konkurentnosti alternativnih prometnih pravaca.

Plan istraživanja prikazan je u obliku dijagrama na slici 8.



Slika 8. Plan istraživanja

Izvor: izradio diplomant

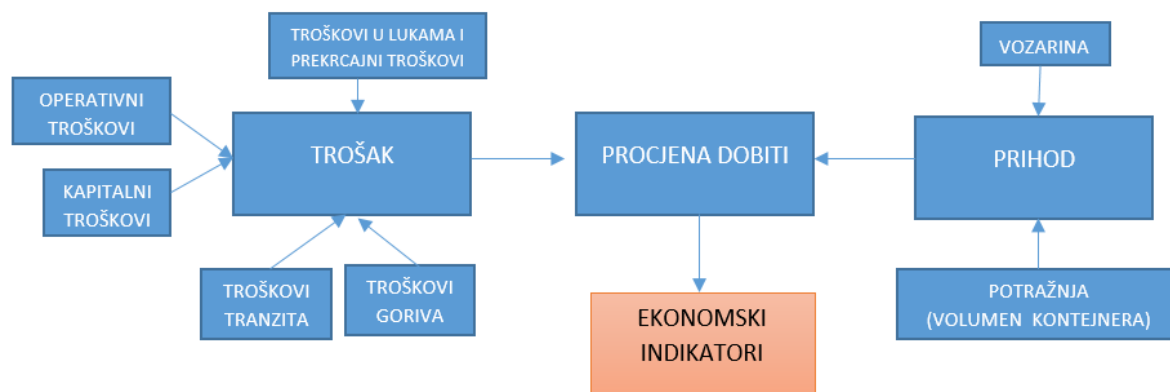
6.1.1 Ekonomski indikatori konkurentnosti prometnih pravaca

Vrednovanje ekonomskih parametara provedeno je modelom Zhang i suradnika (2016), a djelomično i radovima Zhu (2018), Verny (2009), Lasserre (2014) i Furiuchi & Otsuka (2018). Autori modela koriste podatke dvaju kontejnerskih brodova APL Temasek i APL China. Diplomant koristi recentnije podatke putovanja kontejnerskog broda Venta Maersk, koji su primjenjivi na brodove ekvivalentnih klasa, dimenzija i plovidbenih karakteristika [20, 40, 80, 90, 91].

Model je strukturiran prema sljedećim kriterijima:

- kapitalni troškovi broda,
- operativni troškovi broda,
- troškovi goriva,
- troškovi u lukama i prekrcajni troškovi,
- troškovi tranzita,
- procjena prihoda i dobitka.

Struktura modela ekonomskih indikatora također se može iskazati dijagramom toka na slici 9.



Slika 9. Ekonomski indikatori konkurentnosti

Izvor: izradio diplomant

Kapitalni trošak broda se transformira u dnevnu amortizaciju A_d na sljedeći način:

$$\text{Dnevna amortizacija } (A_d) = \frac{A_g}{350 \text{ dana}} \quad (1)$$

gdje je A_g godišnja amortizacija podijeljena s pretpostavljenih 350 dana eksploatacije [90]. Godišnja amortizacija dobiva se izrazom:

$$\text{Godišnja amortizacija } (A_g) = \frac{\text{cijena broda} - \text{vrj. na rezalištu}}{\text{vijek broda}} \quad (2)$$

gdje brojnik čini razlika cijene broda i vrijednosti istog na rezalištu. Cijena broda s troškovima kredita je dobivena sustavom jednakih anuiteta. Vrijednost broda na rezalištu dobiva se umnoškom lakog deplasmana broda LWT i cijene rezanog željeza u odabranoj regiji. Nazivnik čini korisni vijek trajanja broda izražen u godinama [90].

Operativni troškovi kontejnerskih brodova prema autorima modela uključuju trošak posade, osiguranje trupa broda i pogonskog stroja (engl. H&M, *Hull and Machinery*), osiguranje odgovornosti brodara putem P&I klubova (engl. *Protecting and Indemnity Clubs*), popravke (održavanje) i ostale troškove. Dodatne premije za ice-class brodove primjenjuju se isključivo na NSR-u. Komponente dnevnog operativnog troška preuzete su iz Drewry godišnjeg pregleda 2007. i 2020. g [13], i modificirane.

Trošak goriva ovisi o potrošnji (PG), a potrošnja o brzini i deplasmanu broda. Za brod koji plovi pravcem NSR očekuje se povećanje potrošnje goriva zbog većeg otpora polarnog mora, veće snage motora ice-class brodova te veće mase plovila. Potrošnja goriva može se izračunati putem formule:

$$\text{Potrosnja goriva } (PG) = SPG \cdot SM \cdot SP \quad (3)$$

gdje je SPG specifična potrošnja goriva, SM snaga motora, a SP sati ili dani plovidbe [90].

Tranzit kroz Sueski kanal kalkuliran je prema: vrsti broda, kanalskoj neto tonaži (engl. *SCNT, Suez Canal Net Tonnage*), orijentaciji prolaska (engl. *northbound* ili *southbound*), natovarenoj plovidbi, plovidbi u balastu i dr. Odabrana je NB orijentacija zbog uvažavanja kretanja broda od Azije k Europi. Nakrcani brod kapaciteta 4.500 TEU obavezan je platiti tranzitnu taksu u iznosu 240.000 \$ [40]. Prolazak kroz Sjeverni morski put u uvjetima leda generira troškove: pratnje ledolomca, korištenja hidrometeoroloških usluga, satelitskih komunikacija i pilotaže. Ukupan trošak tranzita ovisi o: vrsti broda, teretu kojeg

prevozi, ice klasi, stanju leda na konkretnom putovanju te duljini korištene putanje. Od nabrojanih komponenata troška, najveći utjecaj na ukupan trošak imaju podrška ledolomca i pilotaža [17].

Troškovi u lukama uključuju: pristojbu za uplovljavanje, peljarenje, tegljenje, cijenu veza, naknade za privez i odvez. Ukupni lučki troškovi dobivaju se sljedećim izrazom:

$$T_l = X \cdot \text{bruto tonaža broda} \cdot \text{broj luka ticanja} \quad (4)$$

gdje X označava trošak broda u \$ po bruto tonaži, odnosno po broju luka ticanja [20, 91].

Troškovi rukovanja teretom prema Hackett (2009) dobivaju se formulom:

$$T_{ruk} = 2 \cdot 100 \$ \cdot (\text{kapacitet broda} \cdot \text{stopa iskorištenosti}) \quad (5)$$

i iznose 100 \$/TEU za ukrcaj, odnosno 100 \$/TEU za istovar u lukama svih prometnih pravaca [23, 33].

Prihod kontejnerskog broda je umnožak razine potražnje za brodskim prostorom i pripadajućeg vozarinskog stava u određenoj luci na konkretnom prometnom pravcu. Razine potražnje u izračunima se baziraju na saznanjima eksperta, a vozarinski stavovi su dobiveni preko računalnog alata Freight rate [18].

Procjena dobitka kontejnerskog broda na jednom putovanju iskazana je formulom [90]:

$$D = P - T_{uk} = \sum_{p=1}^{n-1} \sum_{o=p+1}^n VOZ_{po} \cdot KOL_{po} - \left[(KT_d + OT_d) \cdot b_{uk} + TG_{dm} \cdot b_m + TG_{dl} \cdot b_l + TT + \sum_{p=1}^n (T_l + T_{ruk}) \right] \quad (6)$$

gdje je D dobit jednog putovanja od polazišta p do odredišta o , bez uračunatog povratnog putovanja. P označava prihod, a T_{uk} ukupan trošak putovanja. Prihod je izražen kao zbroj svih vozarina pomnožen s količinom prevezenog tereta. KT_d i OT_d predstavljaju prosječne dnevne kapitalne, odnosno operativne troškove broda. TG_{dm} predstavlja dnevni trošak goriva na moru, a TG_{dl} u luci. T_l i T_{ruk} su lučke pristojbe i troškovi rukovanja teretom

u polazišnoj luci. Oznaka n predstavlja ukupan broj luka ticanja na putovanju. TT je trošak tranzita, b_{uk} ukupan broj dana plovidbe, b_m broj dana na moru te b_l broj dana provedenih u luci ($b_{uk} = b_m + b_l$) [90].

6.1.2 Ekološki indikatori konkurentnosti prometnih pravaca

Vrednovanje ekoloških parametara provedeno je metodologijom Jugović i suradnika [35]. Model ispituje isključivo eksterne troškove onečišćenja zraka s brodova koji predominiraju u strukturi eksternih troškova kao nosioci strukturnih elemenata. Dijagram toka modela ekoloških indikatora prikazan je na slici 10.



Slika 10. Ekološki indikatori konkurentnosti

Izvor: izradio diplomant

Eksterni troškovi onečišćenja dobivaju se izrazom:

$$ET_{uk(v)} = \sum_{s=1}^{\infty} EP_y \cdot TZO_y \quad (7)$$

gdje ET_{uk} predstavlja ukupne eksterne troškove na putu v , EP_y emisiju polutanata izraženu u tonama, dok TZO_y predstavlja trošak zračnog onečišćenja u određenoj valuti po toni [35].

Parametar ispuštenog polutanta (PIP) predstavlja ključni korak u određivanju pojedinačne količine ispuštenog zagađivača. Temelji se na podacima o ukupnoj potrošnji plovila i dodijeljenom faktoru emisije, preuzetim iz relevantne literature. Ovaj se parametar može izračunati iz sljedeće relacije:

$$PIP_y = \sum_{s=1}^{\infty} PG_y \cdot EF_n \quad (8)$$

gdje PG_y predstavlja potrošnju goriva na ruti y , a EF_n emisijski faktor pojedinačnih polutanata [35].

Potrošnja goriva značajna je u određivanju ukupnih emisijskih kategorija neophodnih za navođenje parametara uzetih u obzir u procesu izračuna, uključujući snagu motora plovila i vrijeme provedeno na ruti, u kombinaciji sa specifičnom potrošnjom ložulja za kvantificiranje ispitivanog parametra. Potrošnja goriva je prikazana kao:

$$PG_x = \sum_{s=1}^{\infty} (SM_x \cdot v_x) \cdot SPG_e \quad (9)$$

gdje je PG_x potrošnja goriva (u kg) na ruti x , SM_x snaga broskog motora (u kW), v_x vrijeme putovanja na ruti x i SPG_e specifična potrošnja goriva [35].

Jedinične cijene pojedinih polutanata korištene u izračunima navedene su u tablici 8.

Tablica 8. Jedinične cijene pojedinih polutanata prema području (€/t)

| | CO ₂ | SO ₂ | NO _x | PM _{2.5} | PM ₁₀ |
|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|------------------|
| Atlantik | 100 | 3.500 | 3.800 | 7.200 | 4.100 |
| Sredozemlje | 100 | 9.200 | 3.000 | 24.600 | 14.000 |
| Sjeverno more | 100 | 10.500 | 10.700 | 34.400 | 19.700 |

Izvor: [79]

Zbog nedostatka relevantnih podataka o VLSFO gorivu, vrijednosti emisijskih faktora u plovidbi preuzete su za tip goriva MDO (engl. *marine diesel oil* ili *distillate oil*) te su prikazane u tablici 9.

Tablica 9. Emisijski faktori MDO goriva u plovidbi

| Gorivo (EF u g/kg) | PM ₁₀ /PM _{2.5} | NO _x | SO ₂ | CO ₂ |
|--------------------|-------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| MDO (0,1% S) | 1,6/1,5 | 46,58 | 1.158 | 3.170 |

Izvor: [69]

Emisijski faktori u lukama određuju se u ovisnosti o opterećenju pomoćnih motora (generatora). Prema istraživanju Merk O. (2014), omjer snage pomoćnog i glavnog motora na kontejnerskim brodovima iznosi **0,220**. Faktor opterećenja (FO) pomoćnih motora u lukama iznosi **18%** [50, 68].

Korišteni emisijski faktori prikazani su u tablici 10.

Tablica 10. Emisijski faktori MDO i HFO goriva u lukama

| Gorivo | CH ₄ | CO | CO ₂ | NO _x | PM ₁₀ | PM _{2.5} | SO _x |
|-------------------------|-----------------|-------------|-----------------|-----------------|------------------|-------------------|-----------------|
| MDO (0,1% S) | 0,09 | 1,10 | 690 | 13,9 | 0,25 | 0,35 | 0,40 |
| MDO (0,5% S) | 0,09 | 1,10 | 690 | 13,9 | 0,38 | 0,35 | 2,10 |
| HFO | 0,09 | 1,10 | 722 | 14,7 | 1,50 | 1,46 | 11,10 |

Pretpostavljena SPG je 200 g/kWh (gornja granica)

Snaga pomoćnog stroja = 0,220*snaga glavnog stroja (16.080 kW) = 3.538 kW

FO = 18% od 3.538 = 637 kW

Izvor: [50, 68]

6.2 Postavke referentnih putovanja i karakteristike broda

Istraživanje razmatra putovanja kontejnerskog feeder broda Venta Maersk zbog dovoljne količine javno dostupnih podataka. Prvo putovanje uvjetuje pravac SCR, drugo CHR, a treće NSR. Tablice 11. i 12. prikazuju glavne postavke odabranih putovanja.

Tablica 11. Luke ticanja na pojedinom putovanju

| SCR (procijenjeno) | | CHR (procijenjeno) | | NSR (egzaktno) | |
|-----------------------|----|-----------------------|----|----------------|----|
| Vladivostok | 0 | Vladivostok | 0 | Vladivostok | 0 |
| Shanghai | 6 | Shanghai | 6 | Vostochny port | 1 |
| Tanjung Pelepas | 17 | Port Kelang | 17 | Busan | 3 |
| Rotterdam | 38 | Rotterdam | 51 | Kirkenes | 21 |
| Bremerhaven | 41 | Bremerhaven | 54 | Bremerhaven | 32 |

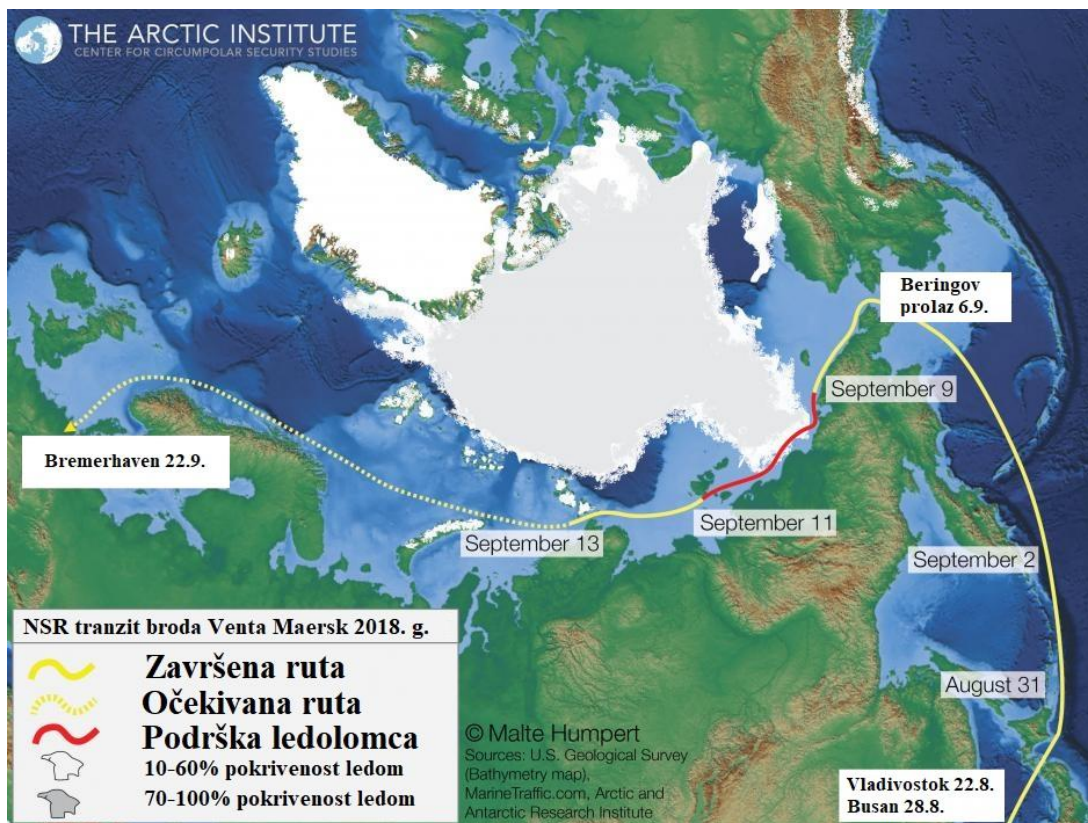
Izvor: [3]

Tablica 12. Postavke putovanja

| Postavke | Uvjeti mora | SCR | CHR | NSR |
|--------------------------|-------------|--------|--------|-------|
| Udaljenost (u NM) | Bez leda | 11.564 | 14.776 | 5.070 |
| | S ledom | - | - | 2.200 |
| Prosječna brzina (u čv.) | Bez leda | 17,5 | 18 | 17,5 |
| | S ledom | - | - | 11 |
| Dani na moru | | 27,2 | 35,1 | 23,2 |
| Dani u lukama | | 13,8 | 18,9 | 8,8 |

Izvor: [65]

Sva tri putovanja započinju u Vladivostoku. Podaci o putovanjima preko pravaca SCR i CHR su ekstrapolirani iz probne plovidbe preko NSR-a. Telemetrija zabilježena plovidbom na Sjevernom morskom putu uvelike olakšava nadolazeće izračune parametara konkurentnosti. Probno putovanje Venta Maersk putem NSR-a započeto je 22. kolovoza 2018. g. Plan plovidbe prikazan je na slici 11.



Slika 11. Plan putovanja Sjevernim morskim putem

Izvor: [26], modificirano

Venta Maersk koristi HFO (IFO380) gorivo od polazišta u Vladivostoku do Beringovog prolaza gdje se prebacuje na ULSFO, sukladno emisijskim propisima navedenim u petom poglavlju. Brod plovi brzinom 7-9 čvorova u pratnji nuklearnog ledolomca 50 Let Pobedy od istočnog Sibirskog mora do Laptevskog mora (800 NM). Peljarska služba uzeta je na Sanikovljevom prolazu pri brzini od 11 čv [75, 86].

Venta Maersk (slika 12.) pripada V-seriji brodova koji su u vrijeme porinuća bili najveći ice-class 1A certificirani kontejnerski brodovi. Kapacitet broda iznosi 3.596 TEU s 660 instaliranih prispojnih mjesta za rashladne kontejnere. Brod je dug 200 m, širok 35 m, ima gaz 10,5 m uz bruto tonažu 34.882 tona. Koristi „dual-fuel“ motor 6G60ME-C9 proizvođača MAN B&W snage 16.080 kW (21.500 ks). Optimalna brzina broda iznosi 15 čv, a maksimalna 21,3 čv. Ukupna nosivost iznosi 42.000 tona. Brod je izgrađen 2018. godine [46].



Slika 12. Venta Maersk

Izvor: [39]

Cijena novogradnje iznosila je 39 mil. \$. Korisni vijek trajanja broda je 25 godina [11]. Laki deplasman (engl. *lightweight tonnage*) se prema mišljenju stručnjaka procjenjuje na 15.000 LWT. Za potrebe modela istraživanja pretpostavlja se da je kupovina broda izvršena s 30% vlastitih sredstava, odnosno 70% sredstvima kredita uz godišnju kamatnu stopu od 5% na rok od 10 godina. Anuitetski faktor iznosi 0,130. Vrijednost broda na rezalištu u 2021. godini iznosi 450 \$ po toni LWT [21].

U nastavku slijede uvjeti kreditiranja Venta Maersk upotrijebljeni za izračun kapitalnog troška:

Iznos kredita (*CRF_{0,129}, otplata 10 g.) = 27.300.000,00 \$

Cijena broda = 39.000.000,00 \$

Cijena broda s troškovima kredita = **47.054.748,97 \$**

Cijena broda na rezalištu = 6.750.000,00 \$

*Anuitetski faktor (engl. *CRF, Capital recovery factor*)

Dobivena amortizacijska osnovica iznosi 40.304.748,97 \$. Vidljivo iz formule (2), godišnja amortizacija iznosi 1.612.189,96 \$. Prema izrazu (1), dnevna amortizacija iznosi **4.606,26 \$** i vrijedi za sve promatrane pravce.

Napomena: Dnevna amortizacija se u idućim fazama (ovisno o pravcu) multiplicira brojem dana putovanja. Jednako načelo multipliciranja vrijedi i za dnevne operativne troškove u nastavku rada.

7 REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Primjenom opisanih modela, dobivaju se rezultati konkurentnosti.

7.1 Rezultati vrednovanja ekonomske isplativosti

Napomena: Iznosi izraženi valutom unutar tablica su zaokruženi na cijele brojeve, no izračun uvažava njihovu punu vrijednost.

Kapitalne troškove na ciljanim pravcima prikazuje tablica 13.

Tablica 13. Kapitalni troškovi broda na ciljanim pravcima

| | SCR | CHR | NSR |
|-------------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| Broj dana na putovanju | 41 | 54 | 32 |
| Dnevna amortizacija (\$/dan) | 4.606 | 4.606 | 4.606 |
| Ukupan kapitalni trošak (\$) | 188.857 | 248.738 | 147.400 |

Izvor: izradio diplomant

Najniži kapitalni troškovi broda su na pravcu NSR zbog manjeg broja dana plovidbe.

Dnevni **operativni troškovi** prezentirani su u tablici 14.

Tablica 14. Dnevni operativni troškovi broda na ciljanim pravcima

| Komponente troška | Troškovi za 2010. godinu (\$/dan) | Ice-class premija (%) | Korekcija Drewry OC indeksa od 2010. do 2020. godine | |
|------------------------|-----------------------------------|-----------------------|--|-----------------------------|
| | | | SCR/CHR | NSR |
| Posada | 3.640 | 10 | +7,5% | +7,5% +Ice-class premija |
| H&M osiguranje | 1.200 | 50 | | |
| P&I osiguranje | 630 | 25 | | |
| Održavanje | 725 | 20 | | |
| Ostali troškovi | 1.250 | - | | |
| Ukupno (\$/dan) | 7.445 | - | 8.006 | 9.368 |

Izvor: [40, 80]

Dnevni operativni troškovi broda niži su na pravcima SCR i CHR zbog odsustva ice-class premije potrebne za navigaciju NSR-om. Uzimajući u obzir vrijeme putovanja, dobivaju se ukupni operativni troškovi prikazani u tablici 15.

Tablica 15. Ukupni operativni troškovi broda na ciljanim pravcima

| | SCR | CHR | NSR |
|--|----------------|----------------|----------------|
| Broj dana na putovanju | 41 | 54 | 32 |
| Dnevni operativni trošak (\$/dan) | 8.006 | 8.006 | 9.368 |
| Ukupni operativni troškovi (\$) | 328.246 | 432.324 | 299.784 |

Izvor: izradio diplomant

Razvidno je da brodar, usprkos višim dnevnim troškovima, snosi najniže ukupne operativne troškove koristeći pravac NSR isključivo zbog manjeg broja dana plovidbe.

Nadalje, prema uputstvima proizvođača motora MAN B&W, nominalna specifična potrošnja goriva iznosi 167g/kWh. Tako se izrazom (3) dobivaju **troškovi goriva** pojedinih pravaca prikazani u tablicama 16. do 18. [43].

Tablica 16. Specifična potrošnja i trošak goriva na Suez ruti

| SCR | | SM (kW pri 80% i 40% opterećenja) | SPG (g/kWh) | SP (h) | Količina goriva (t) | *Cijena VLSFO (\$) | Trošak goriva (\$) |
|---|--------------|--|--------------------|---------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Na putu | Plovidba | 12.864 | 163,5 | 638.8 | 1.343,6 | 485 | 651.629 |
| | Tranzit Suez | 6.432 | 166 | 14 | 14,9 | 485 | 7.250 |
| U luci | | 12,9 tona/dan | | 13,8 dana | 178,0 | 485 | 86.340 |
| Tranzit kroz Sueski kanal traje 14 sati pri brzini od 8,6 čv. | | | | | | | 745.219 |

*cijena VLSFO prema [66]

Izvor: izradio diplomant

Tablica 17. Specifična potrošnja i trošak goriva na ruti oko juga Afrike

| CHR | SM (kW pri 85% opterećenja) | SPG (g/kWh) | SP (h) | Količina goriva (t) | *Cijena VLSFO (\$) | Trošak goriva (\$) |
|--------------------|------------------------------------|--------------------|---------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Na putu | 13.660 | 164 | 842,4 | 1.888,3 | 485 | 915.817 |
| U luci | 12,9 tona/dan | | 18,9 dana | 243,8 | 485 | 118.248 |
| Tranzit ne postoji | | | | | | 1.034.065 |

*cijena VLSFO prema [66]

Izvor: izradio diplomant

Tablica 18. Specifična potrošnja i trošak goriva na Sjevernom morskom putu

| NSR | | SM (kW pri 75% i 50% opterećenja) | SPG (g/kWh) | SP (h) | Količina goriva (t) | *Cijena VLSFO (\$) | Trošak goriva (\$) |
|---|----------|-----------------------------------|-------------|----------|---------------------|--------------------|--------------------|
| Na putu | S ledom | 12.060 | 163,2 | 289,7 | 609,3 | 485 | 295.533 |
| | Bez leda | 8.040 | 165,5 | 200 | 266,1 | 485 | 129.070 |
| U luci | | 12,9 tona/dan | | 8,8 dana | 113,5 | 485 | 55.057 |
| Tranzit postoji u uvjetima leda (pratnja ledolomca) | | | | | | | 479.660 |

*cijena VLSFO prema [66]

Izvor: izradio diplomant

Prema rezultatima prethodnih triju tablica, najniže troškove goriva generira plovidba pravcem NSR zbog manjeg opterećenja glavnog stroja, niže potrošnje goriva, kao i manjeg broja dana plovidbe.

Troškovi tranzita na SCR dobiveni su temeljem algoritma Uprave Sueskog kanala. Prosječna taksa za brod ekvivalentnih karakteristika kao Venta Maersk (tonaže 34.882 DWT i kapaciteta 3.600 TEU) iznosi **205.000 \$** po prolasku [72].

Na Sjevernom morskom putu, brodovi standardnog trupa obavezni su koristiti podršku nuklearnih ledolomaca u sedam zona. Međutim, tehničke karakteristike razmotrenog plovila (Arc4 ice klasa) omogućuju korištenje službe ledolomaca u samo četiri zone. Pristojbe nuklearnih ledolomaca primjenjuju se za dva zasebna razdoblja: ljeto-jesen i zima-proljeće. Srednja vrijednost dvaju iznosa je preuzeta kao reprezentativna [17].

Ukupni **troškovi tranzita** ciljanih pravaca sadržani su u tablici 19.

Tablica 19. Troškovi tranzita na ciljanim pravcima

| | SCR | CHR | NSR |
|--|----------------|----------|----------------|
| Ukupne kanalske pristojbe (\$/prolaz) | 205.000 | 0 | 0 |
| Prosječne pristojbe ledolomaca (\$/prolaz) | 0 | 0 | 351.412 |
| Pilotaža (\$ za 8,3 dana) | uračunata | 0 | 5.609 |
| Ukupni trošak tranzita (\$/prolaz) | 205.000 | 0 | 357.021 |

Izvor: izradio diplomant

Dobiveni troškovi tranzita idu izravno u prilog pravcu CHR. Uz to, primjetna je razlika od 150.000 \$ između ostala dva konkurirajuća prometna pravca.

Prema dostupnim podacima i mišljenju eksperta, **troškovi u lukama** se procjenjuju na **0,428 \$/BT/br. ticanja**. Broj luka ticanja i ukupan trošak luka na sva tri pravca robnog toka Azija-Europa fiksiran je na pet.

Slijedeći izraz (4), dobivaju se:

$$T_l \text{ (troškovi u lukama)} = 0,428 * 34.882 * 5 = \mathbf{74.647,48 \$}$$

Slijedeći formulu (5), dobivaju se:

$$T_{ruk} \text{ (troškovi rukovanja teretom)} = 2 * 100 * (70\% * 3.600) = \mathbf{504.000 \$}$$

Prihod broda prezentiran je u tablicama 20. do 22. Vozarinski stavovi oslikavaju stanje ponedjeljka, 26.7.2021. godine. Potražnja navedena u tablicama je hipotetička, temeljena na pregledu dostupne literature s jednakim iznosima za sva tri ispitivana plovidbena pravca.

Tablica 20. Prihod kontejnerskog broda na prometnom pravcu SCR

| SCR | Vladivostok | Shanghai | Tanjung Pelepas | Rotterdam | Bremerhaven | Prihod (\$) |
|-----------------|-------------|----------|-----------------|-----------|-------------|------------------|
| Potražnja (TEU) | 800 | 1000 | 600 | 600 | - | 5.743.800 |
| Vozarine (\$) | 850 | 850 | 6373 | 650 | | |

Izvor: izradio diplomant

Tablica 21. Prihod kontejnerskog broda na prometnom pravcu CHR

| CHR | Vladivostok | Shanghai | Port Klang | Rotterdam | Bremerhaven | Prihod (\$) |
|-----------------|-------------|----------|------------|-----------|-------------|------------------|
| Potražnja (TEU) | 800 | 1000 | 600 | 600 | - | 5.770.800 |
| Vozarine (\$) | 850 | 850 | 6418 | 650 | | |

Izvor: izradio diplomant

Tablica 22. Prihod kontejnerskog broda na prometnom pravcu NSR

| NSR | Vladivostok | Vostochny Port | Busan | Kirkenes | Bremerhaven | Prihod (\$) |
|-----------------|-------------|----------------|-------|----------|-------------|------------------|
| Potražnja (TEU) | 800 | 1000 | 600 | 600 | - | 5.310.000 |
| Vozarine (\$) | 300 | 300 | 7500 | 450 | | |

Izvor: izradio diplomant

Prema dobivenim rezultatima, brod ostvaruje maksimalne prihode ploveći oko juga Afrike, marginalno manje plovidbom kroz Sueski kanal, a najmanje prolaskom kroz Arktik. Međutim, cjenovni jaz između najveće i najmanje vrijednosti prihoda gotovo je zanemariv uračunavanjem dodatnih ekonomskih parametara.

Prema formuli (4), ekonomska isplativost pravca predstavlja razliku između generiranih prihoda i nastalih troškova. Stoga, **procijenjena dobit (red veličine)** na ciljanim prometnim pravcima robnog toka Azija-Europa sažeta je u tablici 23.

Tablica 23. Ostvarena dobit broda na pojedinim pravcima

| Komponente troškova | SCR | CHR | NSR |
|--------------------------------|------------------|------------------|------------------|
| Kapitalni troškovi | 188.857 | 248.738 | 147.400 |
| Operativni troškovi | 328.260 | 432.324 | 299.784 |
| Troškovi goriva | 745.219 | 1.034.065 | 479.660 |
| Troškovi tranzita | 205.000 | 0 | 357.021 |
| Troškovi u lukama | 74.647 | 74.647 | 74.647 |
| Troškovi rukovanja teretom | 504.000 | 504.000 | 504.000 |
| Ukupni troškovi (\$) | 2.045.983 | 2.293.774 | 1.862.512 |
| | | | |
| Ukupni prihodi (\$) | 5.743.800 | 5.770.800 | 5.310.000 |
| | | | |
| Procijenjena dobit (\$) | 3.697.817 | 3.477.026 | 3.447.488 |

Izvor: izradio diplomant

Rezultirajući troškovi ne uzimaju u obzir eksternu komponentu zagađenja zraka, stoga navedeni dobitak ne dokazuje finalnu konkurentnost pravaca. Potrebno je istaknuti da, sukladno dobivenoj kalkulaciji razina cijene goriva (u ovom slučaju VLSFO) od 70 \$/t čini alternativu plovidbe oko Roga Afrike konkurentnom i isplativom u usporedbi s preostalim ispitivanim kontejnerskim rutama.

7.2 Rezultati vrednovanja ekološke prihvatljivosti

Napomena: Iznosi izraženi valutom unutar tablica su zaokruženi na cijele brojeve, no izračun uvažava njihovu punu vrijednost. Valuta upotrijebljena u nastavku rada do rekapitulacije je € zbog potreba modela.

Tablice 24. do 26. sadrže rezultate eksternih troškova broda na pravcu SCR.

Tablica 24. Ulazni podaci i parametar ispuštenog polutanata SCR

| ULAZNI PODACI | | PIP | |
|----------------|-------------|---------------|----------------|
| kW | 16.080 | Polutant | Tona |
| kW | 12.864 | CO2 | 4.259,1 |
| postotak (80%) | | | |
| Sati | 638,8 | SO2 | 1,6 |
| kWh | 8.217.523,2 | NOX | 62,6 |
| g/kWh | 163,5 | PM10 | 2,1 |
| kg | 1.343.565 | PM2.5 | 2,0 |
| | | Ukupno | 4.327,4 |

Izvor: [35]

Prema ukupnom PIP (tablica 24.), brod ekvivalentnih karakteristika kao Venta Maersk ispusti oko 4.327 tona štetnih tvari u zrak plovidbom na pravcu SCR. Jedinичne vrijednosti plovnih područja navedenih u tablici 25., preuzeti su iz dostupne literature i aplicirani na plovna područja kojima prolaze ispitivani prometni pravci. Navedeni postupak je prvenstveno primijenjen zbog ograničenosti dostupnih podataka.

Tablica 25. Valorizacija prometnog pravca SCR

| VALORIZACIJA | | | |
|--------------------------------|------------------|-----------|-----------|
| | Sjeverno More | Atlantik | Mediteran |
| ET na putovanju | 7% | 51% | 41% |
| CO2 | 31.164 | 218.149 | 176.597 |
| SO2 | 1.195 | 2.789 | 5.935 |
| NOX | 48.998 | 121.808 | 77.847 |
| PM2.5 | 5.073 | 7.432 | 20.557 |
| PM10 | 3.099 | 4.514 | 12.479 |
| Ukupno | 89.529 € | 354.693 € | 293.415 € |
| ET u lukama | 3.550 € | 15.485 € | 11.055 € |
| Ukupno putovanje + luke | 767.727 € | | |

Izvor: [35]

Pri valorizaciji područja od 7%, 51% te 41%, eksterni troškovi onečišćenja zraka u plovidbi i lukama iznose 767.727 €.

Za dobivanje ukupnih eksternih troškova, ovom iznosu potrebno je zbrojiti okolišne troškove tranzita Sueskog kanala (tablica 26.).

Tablica 26. Eksterni troškovi u tranzitu SCR

| ULAZNI PODACI | | PIP | | VALORIZACIJA |
|--------------------------------|------------------|----------------|------------------|------------------|
| kW | 16.080 | Polutant | Tona | Mediteran (100%) |
| kW postotak (40%) | 6.432 | CO2 | 47,4 | 4.739 |
| Sati | 14 | SO2 | 0,02 | 159 |
| kWh | 90.048 | NOX | 0,7 | 2.089 |
| g/kWh | 166 | PM10 | 0,02 | 552 |
| kg | 14.948 | PM2.5 | 0,02 | 335 |
| | | Ukupno | 48,1 | 7.873 € |
| SCR | Putovanje | Tranzit | | |
| Ukupno putovanje + luke | 767.727 € | 7.873 € | 775.600 € | |

Izvor: izradio diplomant

Tablice 27. i 28. sadrže rezultate eksternih troškova broda na pravcu CHR.

Tablica 27. Ulazni podaci i parametar ispuštenog polutanta CHR

| ULAZNI PODACI | | PIP | |
|-------------------------|--------------|---------------|----------------|
| kW | 16.080 | Polutant | Tona |
| kW postotak (85%) | 13.668 | CO2 | 5.985,9 |
| Sati | 842,4 | SO2 | 2,2 |
| kWh | 11.513.923,2 | NOX | 88,0 |
| g/kWh | 164 | PM10 | 3,0 |
| kg | 1.888.283,4 | PM2.5 | 2,8 |
| | | Ukupno | 6.081,9 |

Izvor: [35]

Prema ukupnom PIP, brod ispusti oko 6.082 tone štetnih tvari u zrak plovidbom na pravcu CHR. To predstavlja povećanje od 1.755 tona ispuštenih polutanata u usporedbi s glavnim pravcem SCR.

Tablica 28. Valorizacija prometnog pravca CHR

| VALORIZACIJA | | | |
|--------------------------------|----------------------|-----------------|------------------|
| | Sjeverno More | Atlantik | Mediteran |
| ET na putovanju | 6% | 63% | 31% |
| CO2 | 33.255 | 376.887 | 188.444 |
| SO2 | 1.276 | 4.819 | 6.333 |
| NOX | 52.285 | 210.443 | 83.070 |
| PM2.5 | 5.413 | 12.840 | 21.936 |
| PM10 | 3.307 | 7.799 | 13.316 |
| Ukupno | 95.535 | 612.789 | 313.098 |
| ET u lukama | 4.140 | 23.067 | 11.326 |
| Ukupno putovanje + luke | 1.059.955 € | | |

Izvor: [35]

Pri raspodjeli područja plovidbe na 6%, 63% te 31%, eksterni troškovi onečišćenja zraka u plovidbi i lukama iznose 1.059.955 €. Taj iznos ujedno predstavlja i ukupni eksterni trošak jer tranzit na ovom pravcu ne postoji.

Tablice 29. i 30. sadrže set rezultata eksternih troškova na pravcu NSR.

Tablica 29. Ulazni podaci, PIP i valorizacija pravca NSR

| ULAZNI PODACI | | PIP | | VALORIZACIJA | |
|--------------------------------|------------------|------------|---------|---------------------|------------------|
| kW | 16.080 | Polutant | Tona | Atlantik (50%) | Mediteran (50%) |
| kW postotak (80%) | 12.864 | CO2 | 1.931,5 | 96.577 | 96.577 |
| Sati | 289,7 | SO2 | 0,7 | 1.235 | 3.246 |
| kWh | 3.726.700,8 | NOX | 28,4 | 53.926 | 42.573 |
| g/kWh | 163,5 | PM10 | 1,0 | 3.290 | 11.242 |
| kg | 609.315,6 | PM2.5 | 0,9 | 1.999 | 6.824 |
| | | Ukupno | 1.962,5 | 157.026 € | 160.461 € |
| ET u lukama | | | | 8.790 € | 8.632 € |
| Ukupno putovanje + luke | 334.909 € | | | | |

Izvor: [35]

Prema ukupnom PIP, brod ispusti 1.963 tone štetnih tvari u zrak plovidbom na pravcu NSR. To predstavlja redukciju od 2.365 tona ispuštenih polutanata u usporedbi s glavnim pravcem SCR.

Za dobivanje ukupnih eksternih troškova, potrebno je uračunati troškove tranzita Sjevernog morskog puta (tablica 30.).

Tablica 30. Eksterni troškovi u tranzitu NSR

| ULAZNI PODACI | | PIP | | VALORIZACIJA |
|--------------------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------------|
| kW | 16.080 | Polutant | Tona | Sjeverno more (100%) |
| kW postotak (40%) | 8.040 | CO2 | 843,6 | 84.361 |
| Sati | 200 | SO2 | 0,3 | 3.236 |
| kWh | 1.608.000 | NOX | 12,4 | 13.2638 |
| g/kWh | 165,5 | PM10 | 0,4 | 13.732 |
| kg | 266.124 | PM2.5 | 0,4 | 8.388 |
| | | Ukupno | 857,1 | 242.355 € |
| NSR | Putovanje | Tranzit | | |
| Ukupno putovanje + luke | 334.909 € | 242.355 € | 577.264 € | |

Izvor: izradio diplomant

7.3 Rekapitulacija troškova

Tablica 31. prikazuje pregled dobiti na ispitivanim pravcima.

Tablica 31. Krajnja dobit kontejnerskog broda

| | SCR | CHR | NSR |
|-------------------------------|------------------|------------------|------------------|
| Prihodi | 5.743.800 | 5.770.800 | 5.310.000 |
| Troškovi | 2.045.969 | 2.293.775 | 1.862.512 |
| Dobit (\$) | 3.697.831 | 3.477.025 | 3.447.488 |
| Eksterni troškovi (€)* | 775.600 | 1.059.955 | 577.264 |
| Eksterni troškovi (\$) | 913.261 | 1.248.086 | 679.723 |
| Krajnja dobit (\$) | 2.784.570 | 2.228.939 | 2.767.765 |

*konvertiranje valute prema tečaju [89] od 26.08.2021. 1 € = 1.17749 \$

Izvor: izradio diplomant

Važno je zamijetiti utjecaj eksternih troškova na prvobitnu dobit. Ovakav pad profita podupire činjenicu o važnosti eksternih troškova iznesenu u petom poglavlju.

8 RASPRAVA

Izvršenim vrednovanjem konkurentnosti, od značaja je adekvatno interpretirati dobivene rezultate, upozoriti na ograničenja u istraživanju te iznijeti preporuke za buduća istraživanja.

8.1 Interpretacija rezultata istraživanja

Postignute vrijednosti ekonomskih parametara potkrepljuju dominantni status prometnog pravca SCR. Procijenjena dobit (bez eksternih troškova) najveća je plovidbom upravo tim pravcem [59]. Glavni razlog ovome jest pogodan omjer prihoda i rashoda u odnosu na alternativne pravce. Plovidba na pravcu SCR ne generira najveće prihode niti najviše prijevozne troškove. Najveći prihodi ostvarivi su plovidbom na pravcu CHR isključivo zbog nepostojanja tranzitnih pristojbi. To ukazuje na važnost tranzitne komponente u ukupnom trošku. Tranzitni troškovi viši su na alternativnom pravcu NSR nego na glavnom pravcu SCR. Najmanji prihodi ostvaruju se na NSR-u zbog slabe potražnje robe i manjka luka ticanja duž arktičke obale.

Prema ostvarenim vrijednostima ekoloških parametara, najmanja količina polutanata emitira se plovidbom na pravcu NSR zbog korištenja MDO goriva s niskom koncentracijom sumpora i manjeg opterećenja porivnog stroja. Količina ispuštenih polutanata u plovidbi ne prelazi 2.000 tona te se manjom brzinom u tranzitu reducira za gotovo 1.100 tona ili 44%. Srednja količina ispuštenih polutanata postiže se plovidbom na pravcu SCR, a vrlo visoka na pravcu CHR, zbog ogromne potrošnje goriva. Ovisno o prometnim pravcima, izračunati su ukupni troškovi onečišćenja zraka s evidentnom prednošću na alternativnom pravcu NSR. Uvažavanjem eksternih troškova krajnji dobitci kontejnerskih brodara na pravcima SCR i NSR su gotovo identični te se razlikuju za gotovo 17.000 \$. Najmanja dobit ostvaruje se plovidbom na pravcu CHR.

Dajući novu dimenziju navedenim efektima, iste je moguće protumačiti kalkulacijom cijene prijevoza pojedinačnog kontejnera, odnosno TEU jedinice za brod Venta Maersk (ukupno 3.596 TEU). Troškovi po TEU jedinici s uračunatim eksternim troškovima prikazani su u tablici 32.

Tablica 32. Trošak po TEU jedinici (ukupno 3.596 TEU)

| Jedinični trošak | SCR | CHR | NSR |
|------------------|-----|-----|-----|
| \$/TEU bez ET | 569 | 638 | 518 |
| \$/TEU s ET | 823 | 985 | 707 |

Izvor: izradio diplomant

Komparacijom ekonomskih rezultata i dobivenih eksternih troškova s istraživanjem Lasserre (2014), uočavaju se određena odstupanja, prije svega zbog postavki brodova i razlika u korištenim modelima analize:

Prvo i najbitnije, dimenzije i kapaciteti sagledanih brodova znatno se razlikuju. Lasserre koristi podatke brodova kapaciteta 23.850 TEU i 15.930 TEU ispitivajući konkurentnost ultra-velikih kontejnerskih brodova (ULCV, engl. *ultra large container vessel*) koji posluju po uvjetima ekonomije volumena. To u konačnici stvara više troškove prijevoza od 941 \$/TEU na pravcu SCR te 762 \$/TEU na pravcu NSR. Velik broj prevezenih kontejnera nije dovoljan za kompenzaciju visokih kapitalnih, operativnih troškova i troškova tranzita takvih brodova. Drugo, u navedenom istraživanju nije jasno uračunava li autor eksterne troškove zagađenja. Eksterni troškovi za ULCV brodove bi nedvojbeno povisili iznos ukupnih troškova izvan granica konkurentnosti dobivenih u istraživanju diplomanta. Treće, autor razmatra putovanje Rotterdam-Yokohama pri prosječnoj brzini plovidbe od 20 čv na Suez ruti, kao i alternativno putovanje Sjeverozapadnim prolazom oko Kanade. Prometni pravac CHR nije razmatran. Zaključuje se da transport alternativnim pravcima može biti isplativ ulaganjima u poboljšanje lučke infrastrukture, cestovne i željezničke povezanosti na području Sibira te uvođenjem fleksibilnijih tarifa tranzita [40].

Relevantno istraživanje u potpunosti temeljeno na vrednovanju konkurentnosti pravaca preko ekoloških komponenti jest rad Zhu et al. (2018). Diplomant dobiva različite rezultate usprkos sličnostima korištenog modela:

Zhu i suradnici uvažavaju emisijske faktore dodatnih polutanata, kao što su: dušikov(I) oksid (N₂O), hlapljivi spojevi bez metana (NMVOC), crni ugljik (BC), organski ugljik (OC) i dr. Također, autori posvećuju iznimnu pažnju globalnom zatopljenju. Koriste kompleksan algoritam izračuna troškova globalnog zatopljenja (CGW) preko kojega se cijene pojedinačnih polutanata ogledaju suviše strogo na ukupnim troškovima putovanja i stoga u većoj mjeri reduciraju krajnju dobit. Tako količina ispuštenih polutanata iznosi četiri, odnosno dva puta više na pravcima SCR i NSR nego u rezultatima diplomanta. Autori iznose

ukupan trošak zagađenja zraka za brod kapaciteta 15.000 TEU na pravcu SCR 8.931.715,27 \$ ili 596,13 \$/TEU. Na pravcu NSR za brod kapaciteta 4.500 TEU iznose 2.384.705,18 \$ ili 530 \$/TEU. Navedeni jedinični eksterni troškovi otprilike odgovaraju jediničnim troškovima prijevoza na istim prometnim pravcima u ovom radu. Prometni pravac CHR nije razmatran [91].

8.2 Ograničenja u istraživanju

Neka od konstatiranih ograničenja empirijskog dijela diplomskog rada navedena su u nastavku:

- Predloženi modeli ne moraju generirati univerzalno prihvaćene rezultate, niti predstavljati stvarnu situaciju na pomorskom robnom toku Azija-Europa;
- Istraživanje se oslanja na brojne procijenjene parametre (npr. LWT broda, razine potražnje, troškovi u lukama i sl.);
- Preuzete vrijednosti (npr. cijene goriva, emisijski standardi, pravila navigacije) su konstantno podložne promjenama unutar pomorske industrije;
- Dobiveni rezultati primjenjivi su isključivo na kontejnerske brodove polarne klase kapaciteta 3.000 TEU do max. 5.000 TEU;
- Korišteni indikatori ne ispituju efekte ekonomije volumena.

8.3 Preporuke za budući smjer djelovanja

Uzimajući u obzir kompleksnost tematike, dobivene rezultate poželjno je detaljnije komparirati s već provedenim istraživanjima. Preporuke diplomanta ovdje se referiraju na proučavanje radova nabrojanih u potpoglavlju 1.2 uvoda. Nakon razumijevanja problema, pogodno je započeti dodatna istraživanja s novim, po mogućnosti internim podacima broдача o njihovoj spremnosti u korištenju ciljanih alternativnih pravaca.

Daleko najveći doprinos tematici donijelo bi opsežno istraživanje pokretanjem tri eksperimentalna putovanja s različitim tipovima brodova. Međutim, takvo istraživanje zahtijevalo bi dugotrajno planiranje te velika financijska sredstva. Provođenje istraživanja iziskivalo bi usku suradnju i pažljivu koordinaciju mnogobrojnih aktera pomorske industrije što smanjuje vjerojatnost realizacije takvog opsežnog poduhvata.

9 ZAKLJUČAK

Provedeno istraživanje ukazuje na važnost fuzije i integralne kalkulacije ekonomskih i ekoloških komponenti u vrednovanju konkurentnosti pomorskih pravaca. Slijedom toga, rezultati istraživanja dokazuju postavljenu hipotezu koja glasi:

„Ekonomska i ekološka konkurentnost kontejnerskog prijevoza na alternativnim prometnim pravcima pomorskog robnog toka Azija-Europa **nije zanemariva** u odnosu na konvencionalni put kroz Sueski kanal. Uvažavanjem eksternih troškova, moguće je anulirati prvotne prednosti glavnog pravca.“

Razlozi usvajanja hipoteze naznačeni su nastavku:

- Prema ekonomskim indikatorima, alternativni pravci ne konkuriraju glavnom prometnom koridoru. Ipak, vrednovana ekonomska konkurentnost pravaca CHR i NSR nadmašuje inicijalna očekivanja;
- Uključivanjem ekološke komponente, ukupna konkurentnost kontejnerskih brodara nije zanemariva na barem jednom od alternativnih prometnih pravaca. Pribrojavanjem eksternih troškova, situacija se mijenja u korist pravcu NSR, ali na štetu pravcu CHR. U tom slučaju, pravac NSR uvjerljivo konkurira SCR-u te već u sadašnjim uvjetima poslovanja može donositi zadovoljavajuće financijske rezultate brodovima istovjetnih značajki kao Venta Maersk;
- Pravac CHR konkurira glavnom pravcu SCR nižim cijenama VLSFO goriva. Također, CHR je plovao 365 dana u godini te pri uvjetima prometnog zagušenja u Sueskom kanalu predstavlja isplativ alternativni put;
- Buduće perspektive daljnje eksploatacije Sjevernog morskog puta ostvarive su kvalitetnim razvojem infrastrukture i poboljšanjem prohodnosti puta od strane nadležnih autoriteta te uvažavanjem mjera održivog razvoja od strane brodara;
- Pravac NSR nije isplativ brodovima većih kapaciteta (preko 5.000 TEU) zbog mogućih ograničenja dubine (diskutabilno), manjka luka ticanja, ukupnih troškova prijevoza i eksternih troškova zagađenja zraka.

Znanstveni doprinos istraživanja sastoji se u spoznaji o razmjerima utjecaja ekološke komponente troškova pomorskog kontejnerskog prijevoza na konkurentnost različitih prometnih pravaca na istom robnom toku.

Aplikativni doprinos je mogućnost primjene modela kod donošenja odluka o izboru prometnog pravca u pomorskom kontejnerskom prijevozu uvažavajući principe održivog razvoja.

LITERATURA

- [1] A.P. Moller Maersk Group: *FEW 6 service – Westbound*, Shipping from Asia Pacific to Africa, 2021.
<https://www.maersk.com/local-information/shipping-from-asia-pacific-to-africa/few6-westbound> (pristupljeno 2.6.2021.)
- [2] A.P. Moller-Maersk Group: *AE1 Westbound*, Shipping from Asia Pacific to Europe, 2021.
<https://www.maersk.com/local-information/shipping-from-asia-pacific-to-europe/ae1-westbound> (pristupljeno 2.6.2021.)
- [3] A.P. Moller-Maersk Group: *AE5 Westbound*, Shipping from Asia Pacific to Europe, 2021.
<https://www.maersk.com/local-information/shipping-from-asia-pacific-to-europe/ae5-westbound> (pristupljeno 13.7.2021.)
- [4] American Bureau of Shipping (ABS): *Navigating the Northern Sea Route*, Status and Guidance, Northern Sea Route Advisory, 2014.
https://ww2.eagle.org/content/dam/eagle/advisories-and-debriefs/ABS_NSR_Advisory.pdf (pristupljeno 15.6.2021.)
- [5] Andersson, K.; Brynolf, S.; Lindgren, F.; Wilewska-Bien, M.: *Shipping and the Environment - Improving Environmental Performance in Marine Transportation*, first edition, ISBN 978-3-662-49045-7 (eBook), Springer-Verlag, Germany, 2016.
- [6] Arctic Centre - University of Lapland: *Map of the Northern Sea routes*, barentsinfo.org, 2021.
<https://www.barentsinfo.org/barents-region/Transport/Northern-Sea-Route#> (pristupljeno 20.5.2021.)
- [7] Asian Development Bank (ADB): *Oceanic Voyages - Shipping in the Pacific*, Pacific Studies Series, Publication Stock No. 090707, copyright of Asian Development Bank, License: CC BY 3.0 IGO, Philippines, 2007.
<https://www.adb.org/sites/default/files/publication/29760/shipping-pacific.pdf> (pristupljeno 19.7.2021.)
- [8] Basner, M.; Clark, C.; Hansell, A.; Hileman, J.; Janssen, S.; Shepherd, K.; Sparrow, V.: *Aviation Noise Impacts: State of the Science*, Noise Health, PMID: 29192612; PMCID: PMC5437751, DOI 10.4103/nah.NAH_104_16, Mar-Apr;19(87):41-50, 2017.

- <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5437751/> (pristupljeno 5.7.2021.)
- [9] Christensen, E.; Drake, J.; Keyes, J.; Lim Hoon, L.; Blaeser, J.; Nemeth, B., Katsigeorgis, J.: *2021 Container Shipping Outlook - Carriers have a chance to break the cycle. Will they take it?*, AlixPartners, LLP, March 2021 <https://www.alixpartners.com/media/17348/alixpartners-2021-container-shipping-report-vf-2.pdf> (pristupljeno 7.5.2021.)
- [10] Clarksons Research 2020a: *Shipping Review and Outlook*, spring 2020
- [11] Clarksons Research: *Container Intelligence Quarterly*, Second Quarter 2019, ISSN 1478-9779, Published and Distributed by CLARKSONS RESEARCH, London, 2019. <https://www.crsi.com/samples/CIQ.pdf> (pristupljeno 17.6.2021.)
- [12] Das, K.: *Explained: How much did Suez Canal blockage cost world*, India Today, March 30, 2021, updated: March 30, 2021 <https://www.indiatoday.in/business/story/explained-how-much-did-suez-canal-blockage-cost-world-trade-1785062-2021-03-30> (pristupljeno 31.7.2021.)
- [13] Drewry Shipping Consultants: *Annual Container Market Review and Forecast - 2007/2008*, Incorporating the Container Forecaster – 3Q07, WMU Maritime Commons, Drewry Research, Publication date 2007 https://commons.wmu.se/lib_reports/3/ (pristupljeno 15.6.2021.)
- [14] Drewry Shipping Consultants: *Container Market Annual Review and Forecast 2020/21*, Maritime Research, Drewry Research, October 2020 <https://www.drewry.co.uk/maritime-research-products/maritime-research-products/container-market-annual-review-and-forecast-202021> (pristupljeno 15.6.2021.)
- [15] European Commission: *White paper - European transport policy for 2010: time to decide*, COM (2001) 370 final, Brussels, 2001.
- [16] Fabian, A.; Krmpotić, M.: *Analiza kontejnerskog prometa u pomorskim robnim tokovima*, stručni rad, Pomorski zbornik 45(2008)1, 99-110, Pomorski fakultet u Rijeci, 2008.
- [17] Federal State Budgetary Institution: *The Northern Sea Route Administration*, 2021. <http://www.nsra.ru/en/home.html> (pristupljeno 15.8.2021.)
- [18] Freightos: *Online Freight Shipping Marketplace & Platform*, 2021. <https://www.freightos.com/> (pristupljeno 26.7.2021.)

- [19] Fuglestad, J.; Berntsen, T.; Myhre, G.; Rypdal, K.; Skeie Bieltvedt, R.: *Climate forcing from the transport sectors*, 2008 105 (2) 454-458, PNAS, Norway, 2007. <https://www.pnas.org/content/pnas/105/2/454.full.pdf> (pristupljeno 17.8.2021.)
- [20] Furuichi, M.; Otsuka, N.: *Cost Analysis of the Northern Sea Route (NSR) and the Conventional Route Shipping*, JICA, NJPC, IAME Conference 2013 July 3-5 – Marseille, France, 2013. https://www.researchgate.net/publication/246545438_Cost_Analysis_of_the_Northern_Sea_Route_NSR_and_the_Conventional_Route_Shipping (pristupljeno 25.8.2021.)
- [21] Go-Shipping: *Demolition Market - Weekly Indicative Scrap Price Levels Worldwide*, 2021. <https://www.go-shipping.net/demolition-market> (pristupljeno 23.8.2021.)
- [22] Gunnarsson, B.: *Recent ship traffic and developing shipping trends on the Northern Sea Route - Policy implications for future arctic shipping*, Centre for High North Logistics, Business School, Nord University, Norway, Marine Policy 124 (2021) 104369, 2021.
- [23] Hackett B.: *Terminal handling charges during and after the liner conference era*, European Commission Competition Reports, DOI 10.2763/34537, Brussels, October 2009 https://ec.europa.eu/competition/sectors/transport/reports/terminal_handling_charges.pdf (pristupljeno 14.8.2021.)
- [24] Hrvatska enciklopedija: *Panamski kanal*, mrežno izdanje, Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021. <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=46379> (pristupljeno 19.7. 2021.)
- [25] Hrvatska enciklopedija: *Sueski kanal*, mrežno izdanje, Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021. <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=58651> (pristupljeno 2.6.2021.)
- [26] Humpert, M.: *NSR transit of Venta Maersk 2018*, U.S Geological Survey, MarineTraffic, Arctic and Antarctic Research Institute, 2019. https://www.highnorthnews.com/sites/default/files/styles/media_image/public/wp-uploads/180914-Venta-Maersk-Route-2018-Malte-Humpert.jpg?itok=1e2xQoqj (pristupljeno 7.8.2021.)
- [27] Institut za hrvatski jezik i jezikoslovlje: *Hrvatsko strukovno nazivlje*, 2011. <http://struna.ihjj.hr/naziv/linijsko-brodarstvo/23730/> (pristupljeno 1.9.2021.)

- [28] International Council on Clean Transportation (ICCT): *Vision 2050: A strategy to decarbonize the global transport sector by mid-century*, ICCT, 2020. https://theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_Vision2050_sept2020.pdf (pristupljeno 9.7.2021.)
- [29] International Maritime Organization (IMO): *Emission Control Areas (ECAs) designated under MARPOL Annex VI*, Marine Environment, 2019. [https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Emission-Control-Areas-\(ECAs\)-designated-under-regulation-13-of-MARPOL-Annex-VI-\(NOx-emission-control\).aspx](https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Emission-Control-Areas-(ECAs)-designated-under-regulation-13-of-MARPOL-Annex-VI-(NOx-emission-control).aspx) (pristupljeno 6.7.2021.)
- [30] International Maritime Organization (IMO): *In Focus: Cutting sulphur oxide emissions*, 2020. <https://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/Sulphur-2020.aspx> (pristupljeno 6.7.2021.)
- [31] International Maritime Organization (IMO): *Nitrogen Oxides (NOx) – Regulation 13*, Marine Environment 2008. [https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Nitrogen-oxides-\(NOx\)-%E2%80%93-Regulation-13.aspx](https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Nitrogen-oxides-(NOx)-%E2%80%93-Regulation-13.aspx) (pristupljeno 6.7.2021.)
- [32] International Organization for Standardization (ISO): *ISO 668:1995/AMD 2:2005*, Series 1 freight containers - Classification, dimensions and ratings - AMENDMENT 2:45' containers (Technical report), Publication date 2005 <https://www.iso.org/standard/39868.html> (pristupljeno 2.4.2021.)
- [33] Japan International Cooperation Agency (JICA): *JICA 2013 - Annual Report*, ISBN 978-4-86357-055-9, JICA, Japan, 2013. <https://www.jica.go.jp/english/publications/reports/annual/2013/c8h0vm00008m8edo-att/all.pdf> (pristupljeno 15.8.2021.)
- [34] Johannessen, O. M.; Alexandrov, V. Y.; Frolov, Y. I.; Sandven, S.: *Remote sensing of Sea Ice in the NSR*, ISBN 10: 3-540-24448-4, Springer, Praxis Publishing, UK, 2007.
- [35] Jugović, A.; Slišković, M.; Vukić, L.: *Concept of External Costs Calculation in the Ports: Environmental Impacts*, Tehnički vjesnik: znanstveno-stručni časopis tehničkih fakulteta Sveučilišta u Osijeku, Vol. 25 No. Supplement 2, DOI 10.17559/tv-20161201113235, 2018.
- [36] Kos, S.: *Integralni i multimodalni transport*, II. predavanje, prezentacija, Sveučilište u Rijeci, Pomorski Fakultet, 2014.
- [37] Kos, S.: *Integralni i multimodalni transport*, IV. predavanje, prezentacija, Sveučilište u Rijeci, Pomorski Fakultet, 2014.

- [38] Kučić, V.; Matković, A.: *Strukturna analiza eksternih troškova u unutarnjem vodnom prometu Europe*, Pomorski zbornik 47-48, 179-190, ISSN 0554-6397, 2013.
- [39] Langer, T.: *Venta Maersk*, FleetMon, 2019. https://www.fleetmon.com/vessels/venta-maersk_9775763_15524856/ (pristupljeno 7.8.2021.)
- [40] Lasserre, F.: *Case studies of shipping along Arctic routes. Analysis and profitability perspectives for the container sector*, Article in: *Transportation Research Part A Policy and Practice*, 66 (2014) 144-161, Laval University, Québec, 2014.
- [41] MacGregor: *Cell guide systems on deck and in the hold*, 2021. <https://www.macgregor.com/Products/products/container-stowagesecuring-equipment/cell-guide-systems-on-deck-and-in-the-hold/> (pristupljeno 28.5.2021.)
- [42] MacHutchon, K. R.: *The characterisation of South African sea storms*, Civil Engineering Department, University of Stellenbosch, RSA, 2006.
- [43] MAN Diesel & Turbo: *MAN B&W G60ME-C9.2-GI-TII*, IMO Tier II Project Guide, Electronically Controlled Dual Fuel Two-stroke Engines, Edition 1, May 2014 https://man-es.com/applications/projectguides/2stroke/content/epub/G60ME-C9_2-GI.pdf (pristupljeno 9.8.2021.)
- [44] Marine Vessel Traffic: *Ship Traffic Density Map of NORTH ATLANTIC OCEAN*, 2020. <https://www.marinevesseltraffic.com/NORTH-ATLANTIC-OCEAN/ship-traffic-tracker> (pristupljeno 20.5.2021.)
- [45] MarineTraffic: *Density Maps, Middle East*, 2021. <https://www.marinetraffic.com/en/ais/home/centerx:48.6/centery:25.5/zoom:4> (pristupljeno 14.6.2021.)
- [46] MarineTraffic: *Venta Maersk, Container Ship IMO: 9775763*, 2021. https://www.marinetraffic.com/en/ais/details/ships/shipid:5568438/mmsi:219115000/imo:9775763/vessel:VENTA_MAERSK (pristupljeno 24.5.2021.)
- [47] Mauzerall, D. L.; Sultan, B.; Kim, N.; Bradford, D. F.: *NOx emissions from large point sources ... resulting health damages and economic costs*, Atmospheric Environment, Vol. 39, stranice 2851-2866, USA and Germany, 2005.
- [48] Mendoza, A. B.: *What are Shipping Alliances and What are Their Importance?*, ShipLilly.com, Shipping & Logistics Blog, January 21, 2020 <https://www.shiplilly.com/blog/what-are-shipping-alliances-and-whats-their-importance/> (pristupljeno 2.6.2021.)

- [49] Merchan, A. L.; Belboom, S.; Leonard, A.: *Life Cycle Assessment of freight transport in Belgium*, BIVEC/GIBET Transport Research Days, 2017. https://www.researchgate.net/figure/Example-of-intermodal-freight-transport_fig1_318659709 (pristupljeno 7.8.2021.)
- [50] Merk, O.: *Shipping Emissions in Ports*, International Transport Forum, Discussion Paper No. 2014-20, Paris, 2014.
- [51] Miller, G.: *Ship fuel prices jump, spread widens. 'Scrubber' revival nigh?*, American Shipper, Friday, January 15, 2021 <https://www.freightwaves.com/news/ship-fuel-prices-jump-spread-widens-is-scrubber-revival-nigh> (pristupljeno 31.7.2021.)
- [52] National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA): *How big is the Pacific Ocean?*, U.S. Department of Commerce, Ocean Exploration Facts <https://oceanexplorer.noaa.gov/facts/pacific-size.html> (pristupljeno 1.8.2021.)
- [53] National Weather Service: *Inter-Tropical Convergence Zone*, National Oceanic and Atmospheric Administration <https://www.weather.gov/jetstream/itcz> (pristupljeno 2.6.2021.)
- [54] Notteboom, T.: *Towards a new intermediate hub region in container shipping? Relay and interlining via the Cape route vs. the Suez Route*, Journal of Transport Geography 22, 164-178, ITMMA, University of Antwerp, Marine Academy, 2012.
- [55] Notteboom, T.; Pallis, A.; Rodrigue, J-P.: *Port Economics, Management and Policy*, Figure: *Main Routing Alternatives between the Pacific and Atlantic*, ISBN 9780367331559, Routledge, New York, 2022. <https://porteconomicsmanagement.org/pemp/contents/part1/interoceanic-passages/routing-alternatives-pacific-atlantic/> (pristupljeno 10.7.2021.)
- [56] Notteboom, T.; Rodrigue, J-P.: *Emerging Global Networks in the Container Terminal Operating Industry*, Figure: *Main Routing Alternatives between East Asia and Northern Europe*, in T. Notteboom (ed) *Current Issues in Shipping, Ports and Logistics*, ISBN 978-9-054878582, Academic & Scientific Publishers, pp. 243-270, Brussels, 2011. <https://porteconomicsmanagement.org/pemp/contents/part1/interoceanic-passages/main-routing-alternatives-east-asia-northern-europe/> (pristupljeno 10.7.2021.)
- [57] Ohling, N.; Nachbar, F.: *Container Specification*, Hapag-Lloyd AG, Hamburg, 2021. https://www.hapagloyd.com/content/dam/website/downloads/press_and_media/publ

- [ications/15211 Container Specification engl Gesamt web.pdf](#) (pristupljeno 14.6.2021.)
- [58] PassageWeather: *Sailing Weather Forecasts, Winds & Waves*, 0.25 degree GFS (Global Forecast System) model, 2021. <https://www.passageweather.com/> (pristupljeno 10.6.2021.)
- [59] Pruyun, J.: *Will the Northern Sea Rout ever be a viable alternative?*, Maritime Policy & Management, 43:6, 661-675, Volume 43, 2016 - Issue 6, 2016.
- [60] Reuters Staff: *Egypt's Suez Canal revenues up 4.7% in last 5 years - chairman*, Reuters, August 6, 2020 <https://www.reuters.com/article/egypt-economy-suezcanal-idUSL8N2F84GW> (pristupljeno 13.7.2021.)
- [61] Rodrigue, J-P.; Comtois, C.; Slack, B.: *World Container Production*, The Geography of Transport Systems, Third Edition, ISBN 978-0-203-37118-3 (ebk), Routledge, 2013. https://transportgeography.org/wp-content/uploads/GTS_Third_Edition.pdf (pristup 13.9.2021.)
- [62] Rudić, B.; Gržin, E.: *RAZVOJ KONTEJNERIZACIJE U SVIJETU I ANALIZA KONTEJNERSKOG PROMETA U LUCI RIJEKA*, Zbornik Veleučilišta u Rijeci, Vol.8, No. 1, pp. 427-442, 2020.
- [63] Sauerbier, C. L.; Meurn, R. J.: *Marine Cargo Operations: a guide to stowage*, ISBN 978-0-87033-550-1, Cornell Maritime Press, Cambridge, 2004.
- [64] Sea-distances, 2021. <https://sea-distances.org/> (pristupljeno 11.6.2021.)
- [65] SeaRoutes: *Distance calculator, weather routing & voyage planning*, 2021. <https://classic.searoutes.com/routing?speed=13&panama=true&suez=true&kiel=true&rivers=block&roads=block> (pristupljeno 13.7.2021.)
- [66] Ship&Bunker: *World bunker prices*, 2021. <https://shipandbunker.com/prices#VLSFO> (pristupljeno 9.7.2021.)
- [67] Shiptraffic: *NORTH PACIFIC OCEAN Traffic Density Map*, 2021. <http://www.shiptraffic.net/2001/04/north-pacific-ocean-ship-traffic.html?map=vf> (pristupljeno 20.5.2021.)
- [68] Starcrest Consulting: *Port of Los Angeles baseline air emissions inventory, prepared for the Port of Los Angeles*, 2004. & Starcrest Consulting: *Port of Los Angeles inventory of air emissions – 2010*, Technical Reports ADP#050520-525, 2011.
- [69] Statistics Norway, 2017. <https://www.ssb.no/en> (pristupljeno 19.8.2021.)
- [70] Steiner, S.; Sapunar, J.; Golubić, J.: *Prometna politika u funkciji održivog razvoja*, Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, ISBN 978-953-154-790-1, Zagreb, 2007.

- [71] Suez Canal Authority (SCA), 2021. <https://www.suezcanal.gov.eg/English/Pages/default.aspx> (pristupljeno 21.6.2021.)
- [72] Suez Canal Authority (SCA): *Canal Characteristics*, 2021. <https://www.suezcanal.gov.eg/English/About/SuezCanal/Pages/CanalCharacteristics.aspx> (pristupljeno 2.6.2021.)
- [73] Suez Canal Authority (SCA): *Navigation Statistics*, Monthly Number & Net Ton by Ship Type, February 2020 <https://www.suezcanal.gov.eg/English/Navigation/Pages/NavigationStatistics.aspx> (pristupljeno 2.6.2021.)
- [74] Superior container service: *20 Foot Shipping Container for Sale*, 2021. <https://www.superiorcontainerservice.com/20-foot-shipping-container/> (pristupljeno 2.6.2021.)
- [75] The Maritime Executive: *Venta Maersk Completes Northern Sea Route Passage*, The Maritime Executive - Maritime News, Published Sep 29, 2018 <https://www.maritime-executive.com/article/venta-maersk-completes-northern-sea-route-passage> (pristupljeno 7.5.2021.)
- [76] Torn, K.: *ROTTERDAM - HMM ALGECIRAS & VB CHEETAH*, flickr.com, 4.6.2020., <https://www.flickr.com/photos/68359921@N08/49970357017/> (pristupljeno 14.5.2021.)
- [77] United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD): *Review of Maritime Transport 2020*, United Nations Publications, eISBN 978-92-1-005271-9, Sales No. E.20.II.D.31, New York, 2020. https://unctad.org/system/files/official-document/rmt2020_en.pdf (pristupljeno 10.6.2021.)
- [78] Valentine, H.: *Comparing Maritime Versus Railway Transportation Costs*, The Maritime Executive, PUBLISHED DEC 25, 2017 <https://www.maritime-executive.com/editorials/comparing-maritime-versus-railway-transportation-costs> (pristupljeno 13.7.2021.)
- [79] Van Essen, H.; Fiorello, D.; El Beyrouy, K.; Bieler, C.; Van Wijngaarden, L.; Schroten, A.: *Handbook on the External Costs of Transport*, Version 2019 – 1.1, EC Technical report, 2019. <https://doi.org/10.2832/51388> (pristupljeno 18.8.2021.)
- [80] Verny, J.; Grigentin, C.: *Container shipping on the Northern Sea Route*, International Journal of Production Economics, vol. 122, issue 1, 107-117, 2009.
- [81] Vukić, L.: *Integralni i multimodalni transport*, podaci o kopnenom kontejnerskom prijevozu, razni nastavni materijali, Pomorski fakultet u Splitu, 2020.

- [82] Vukić, L.: *Lučko poslovanje*, podaci o kontejnerskim lukama, razni nastavni materijali, Pomorski fakultet u Splitu, 2020.
- [83] Vukić, L.: *Utjecaj eksternih troškova na formiranje i konsolidaciju robnih tokova u sjevernojadranskom području*, doktorska disertacija, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet, 2019.
- [84] Western Container Sales & Rentals: *Shipping Container Dimensions & Specifications*, Railbox Consulting, LLC, 2020. <https://westerncontainersales.com/shipping-container-dimensions/> (pristupljeno 1.6.2021.)
- [85] World Association for Waterborne Transport Infrastructure (PIANC): *Considerations to reduce environmental impact of vessels*, PIANC REPORT N° 99 INLAND NAVIGATION COMMISSION, ISBN 2-87223-165-X, Brussels, 2008.
- [86] World Maritime News Staff: *Venta Maersk Makes History as It Crosses Northern Sea Route*, Offshore Energy, Business & Finance, September 19, 2018 <https://www.offshore-energy.biz/venta-maersk-makes-history-as-it-crosses-northern-sea-route/> (pristupljeno 23.5.2021.)
- [87] World Shipping Council: *About the container industry*, 2021. <https://www.worldshipping.org/about-the-industry/containers> (pristupljeno 5.6.2021.)
- [88] World Shipping Council: *The Suez Canal - A vital shortcut for global commerce*, 2021. <https://www.worldshipping.org/pdf/Suez-Canal-Presentation.pdf> (pristupljeno 10.6.2021.)
- [89] Xe.com: *Currency Converter*, 2021. <https://www.xe.com/currencyconverter/> (pristupljeno 26.08.2021.)
- [90] Zhang, Y.; Meng, Q.; Hui Ng, S.: *Shipping efficiency comparison between Northern Sea Route and the conventional Asia-Europe shipping route via Suez Canal*, Journal of Transport Geography, National University of Singapore, 2016.
- [91] Zhu, S.; Fu, X.; Ng, K. Y. A.; Luo, M.; Ge, Y.: *The environmental costs and economic implications of container shipping on the Northern Sea Route*, Maritime Policy & Management, Routledge, ISSN 0308-8839 (Print), 2018.
- [92] Žgaljić, D.; Perkušić, Z.; Schiozzi, D.: *Značenje multimodalnog, intermodalnog i kombiniranog prijevoza u razvoju pomorskih prometnica*, Klaster intermodalnog prijevoza Rijeka, Lučka uprava Rovinj, ISSN 0554-6397, 2014.

POPIS SLIKA

| | |
|---|----|
| Slika 1. Primjer standardnog TEU kontejnera..... | 6 |
| Slika 2. Ilustrativni prikaz intermodalnog transporta kontejnera | 8 |
| Slika 3. Primjer blok vlaka | 9 |
| Slika 4. Prikaz unutrašnjeg skladišta kontejnerskog broda | 11 |
| Slika 5. Pravilno slaganje roba u kontejner | 12 |
| Slika 6. HMM Algeciras u luci Rotterdam..... | 12 |
| Slika 7. Jakost i smjer vjetra (lijevo) i tlak zraka (desno) na jugu Afrike | 27 |
| Slika 8. Plan istraživanja | 38 |
| Slika 9. Ekonomski indikatori konkurentnosti | 39 |
| Slika 10. Ekološki indikatori konkurentnosti | 42 |
| Slika 11. Plan putovanja Sjevernim morskim putem | 45 |
| Slika 12. Venta Maersk | 46 |

POPIS TABLICA

| | |
|--|----|
| Tablica 1. Raspored dimenzija intermodalnih kontejnera | 6 |
| Tablica 2. Godišnji kontejnerski promet na Mainlane tokovima (u mil. TEU)..... | 18 |
| Tablica 3. Luke na trasi Maersk-AE1 (Asia-Europe) u WB orijentaciji..... | 23 |
| Tablica 4. Tranziti kroz Sueski kanal | 24 |
| Tablica 5. Luke na Maersk CHR trasama u WB orijentaciji..... | 26 |
| Tablica 6. Promet na pravcu NSR od 1945. do 2000. godine | 29 |
| Tablica 7. Najvažnije karakteristike ciljanih prometnih pravaca | 31 |
| Tablica 8. Jedinичne cijene pojedinih polutanata prema području (€/t)..... | 43 |
| Tablica 9. Emisijski faktori MDO goriva u plovidbi | 43 |
| Tablica 10. Emisijski faktori MDO i HFO goriva u lukama..... | 44 |
| Tablica 11. Luke ticanja na pojedinom putovanju | 44 |
| Tablica 12. Postavke putovanja | 45 |
| Tablica 13. Kapitalni troškovi broda na ciljanim pravcima | 48 |
| Tablica 14. Dnevni operativni troškovi broda na ciljanim pravcima | 48 |
| Tablica 15. Ukupni operativni troškovi broda na ciljanim pravcima | 49 |
| Tablica 16. Specifična potrošnja i trošak goriva na Suez ruti | 49 |
| Tablica 17. Specifična potrošnja i trošak goriva na ruti oko juga Afrike..... | 49 |
| Tablica 18. Specifična potrošnja i trošak goriva na Sjevernom morskom putu | 50 |
| Tablica 19. Troškovi tranzita na ciljanim pravcima | 50 |
| Tablica 20. Prihod kontejnerskog broda na prometnom pravcu SCR..... | 51 |
| Tablica 21. Prihod kontejnerskog broda na prometnom pravcu CHR | 51 |
| Tablica 22. Prihod kontejnerskog broda na prometnom pravcu NSR..... | 52 |
| Tablica 23. Ostvarena dobit broda na pojedinim pravcima..... | 52 |
| Tablica 24. Ulazni podaci i parametar ispuštenog polutanata SCR | 53 |
| Tablica 25. Valorizacija prometnog pravca SCR | 53 |
| Tablica 26. Eksterni troškovi u tranzitu SCR..... | 54 |
| Tablica 27. Ulazni podaci i parametar ispuštenog polutanta CHR..... | 54 |
| Tablica 28. Valorizacija prometnog pravca CHR | 55 |
| Tablica 29. Ulazni podaci, PIP i valorizacija pravca NSR..... | 55 |
| Tablica 30. Eksterni troškovi u tranzitu NSR..... | 56 |
| Tablica 31. Krajnja dobit kontejnerskog broda | 56 |
| Tablica 32. Trošak po TEU jedinici (ukupno 3.596 TEU)..... | 58 |

POPIS GRAFIKONA

| | |
|--|----|
| Grafikon 1. Pomorsko kontejnersko tržište po godinama (u mil. TEU) | 13 |
| Grafikon 2. Razvoj pomorske trgovine prema vrstama tereta (indeks: 1990 = 100) | 14 |
| Grafikon 3. Međunarodna pomorska trgovina prema vrstama tereta (u tM)..... | 14 |
| Grafikon 4. Tržišni udio svjetske kontejnerske trgovine..... | 15 |
| Grafikon 5. Tržišni udjeli konsolidacija..... | 17 |
| Grafikon 6. Sastav tranzita Sueskog kanala prema vrsti brodova | 24 |

POPIS ZEMLJOVIDA

| | |
|--|----|
| Zemljovid 1. Godišnja frekvencija prometa Trans-Pacifika | 19 |
| Zemljovid 2. Godišnja frekvencija prometa Trans-Atlantika..... | 19 |
| Zemljovid 3. Prikaz kopnenih i morskih pravaca Trans-Atlantika | 20 |
| Zemljovid 4. Prikaz kopnenih i morskih pravaca robnog toka Azija-Europa..... | 21 |
| Zemljovid 5. Gustoća prometa Sueskim kanalom 2019..... | 25 |
| Zemljovid 6. Gustoća prometa obalom Somalije 2019. | 25 |
| Zemljovid 7. Sjeverni morski put..... | 28 |

POPIS KRATICA

| | |
|--|---|
| * - napomena | MDO - marine diesel oil |
| \$ - američki dolar | MEA-WAF - Middle East Asia to West Africa |
| € - euro | MSC - Mediterranean Shipping Company |
| BC - black carbon | N ₂ O - dušikov(I) oksid |
| BOSC - Bank of Shanghai Co. | NM - nautička milja |
| BT - bruto tona | NO _x - dušični oksidi |
| CFSSD - Committee on Food Security and Sustainable Development | NSR - Northern Sea Route |
| CGW - cost of global warming | NVMOC - non-methane volatile organic compounds |
| CH ₄ - metan | NWP - Northwest Passage |
| CHR - Cape of Good Hope Route | NYK - Nippon Yusen Kaisha |
| CMA CGM - Compagnie Maritime d'Affrètement & Compagnie Générale Maritime | OC - organic carbon |
| CO - ugljični monoksid | OECD - Organization for Economic Co-operation and Development |
| CO ₂ - ugljikov dioksid | OOCL - Orient Overseas Container Line |
| COSCO - China Ocean Shipping Company | P&I - protection & indemnity |
| COVID19 - bolest uzrokovana SARS-CoV-2 | PG - potrošnja goriva |
| čv. - čvor (NM/h) | PIP - parametar ispuštenog polutanta |
| DSME - Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering | PM _{2,5/10} - particulate matter 2,5/10 μm |
| DWT - deadweight tonnage | SAD - Sjedinjene Američke Države |
| EB - eastbound | SCA - Suez Canal Authority |
| ECA - Emission Control Area | SCR - Suez Canal Route |
| EEA - European Environment Agency | SHI - Samsung Heavy Industries |
| ET - eksterni troškovi | SM - snaga motora |
| ETP - European Transport Policy | SOPEP - Ship oil pollution emergency plan |
| EU - Europska unija | SO _x - sumporovi oksidi |
| FEU - forty-foot-equivalent unit | SP - sati plovidbe |
| FEW - Far East to West | SPG - specifična potrošnja goriva |
| g - gram | SSSR - Savez Sovjetskih Socijalističkih Republika |
| g. - godina | t - tona |
| H&M - hull & machinery | tkm – tona-kilometara |
| HFO - heavy fuel oil | tM – tona-milja |
| HMM - Hyundai Merchant Marine | TEU - twenty-foot equivalent unit |
| ICCT - International Council on Clean Transportation | ULCC - ultra large crude carrier |
| IFO380 - intermediate fuel oil, viskoznosti 380 mm ² /s | ULCV - ultra large container vessel |
| IMO - International Maritime Organization | ULSFO - ultra-low sulfur oxide fuel oil |
| IOPP - International Oil Pollution Prevention Certificate | UN - Ujedinjeni narodi |
| ISO - International Organization for Standardization | UNEP - UN Environment Program |
| ks - konjska snaga | UNESCO-S - Science for a Sustainable Future |
| kW - kilovat | VLSFO - very low sulphur fuel oil |
| kWh - kilovat-sat | VOC - volatile organic compound |
| LWT - lightweight tonnage | WB - westbound |
| MARPOL - Marine Pollution | |