Analiza elemenata izgradnje RTC-a

Lasić, Tereza

Undergraduate thesis / Završni rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:979072

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-19**

Repository / Repozitorij:

Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Tereza Lasić

ANALIZA ELEMENATA IZGRADNJE RTC-A

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2017.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
ODBOR ZA ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 25. travnja 2017.

Zavod: **Zavod za transportnu logistiku**
Predmet: **Robno transportni centri**

ZAVRŠNI ZADATAK br. 4270

Pristupnik: **Tereza Lasić (0177042611)**
Studij: Inteligentni transportni sustavi i logistika
Smjer: Logistika

Zadatak: **Analiza elemenata izgradnje RTC-a**

Opis zadatka:

U radu je potrebno teorijski objasniti elemente robno transportnog centra, te prikazati matematičke metode za određivanje pojedinih elemenata. Također, potrebno je napraviti analizu ekonomske opravdanosti izgradnje logističkog centra.

Zadatak uručen pristupniku: 28. travnja 2017.

Mentor:

dr. sc. Tomislav Rožić

Predsjednik povjerenstva za završni ispit:

Sveučilište u Zagrebu

Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

ANALIZA ELEMENATA IZGRADNJE RTC-A

TRANSPORT CENTER DEVELOPMENT ANALYSIS

Mentor: dr. sc. Tomislav Rožić

Student: Tereza Lasić
JMBAG: 0177042611

Zagreb, rujan 2017.

Sažetak

Robno transportni centri predstavljaju najveći stupanj integracije logističkih aktivnosti, logističkih sustava te korisnika i nositelja logističkih usluga. Prilikom planiranja robno transportnog centra (RTC-a) potrebno je napraviti detaljnu analizu elemenata koji utječu na izgradnju, a nakon toga i na samu eksploataciju njegovoga rada.

U ovom radu teorijski se objašnjavaju elementi robno transportnog centra. U te elemente ulaze lokacija, površine namjenjene za rad RTC-a, kapacitet, manipulacijska i prijevozna sredstva. Nakon toga, prikazane su matematičke metode i programski alati za određivanje i proračune pojedinih elemenata. Na kraju rada definirana je i prikazana analiza ekonomske opravdanosti na stvarnom primjeru izgradnje robno transportnog centra.

Ključne riječi

Robno transportni centri; lokacija; proračun kapaciteta; ekonomska analiza.

Summary

Cargo transportion centers represent the highest degree of integration of logistics activities, logistic systems and users together with logistics service providers. During planning a cargo transportion center (RTC), it is necessary to make a detailed analysis of the elements that affect the construction and the exploitation of its work after construction.

In this final paper the elements of cargo transportion center are theoretically explained. These elements include locations, areas intended for RTC operation, capacity, manipulation and transportation resources. Subsequently, mathematical methods and program tools for the determination and calculation of individual elements are presented. At the end of this paper, feasibility analysis for the construction of a cargo transportation center was defined and presented.

Key words

Cargo Transportation Center; Location; Capacity Calculation; Economic Analysis.

SADRŽAJ

1. UVOD 1
2. ODREĐIVANJE LOKACIJE ROBNO TRANSPORTNOG CENTRA 3
2.1. Problem odabira lokacije na makro i mikro razini 4
2.3. Postupak odabira lokacije robnog terminala 7
2.4. Primjena matematičkih metoda u određivanju lokacije RTC-a 11
2.4.1. Primjena AHP metode u određivanju lokacije RTC-a 11
2.4.2. ELECTRE metoda 19
3. DEFINIRANJE POVRŠINA ROBNO TRANSPORTNOG CENTRA 28
3.1. Skladišni prostori za pohranu raznih vrsta tereta 28
3.1.1. Skladišni prostori za suhe rasute terete 29
3.1.2. Skladišni prostori za opasni teret 30
3.1.3. Skladišni prostori za teške i vrlo teške terete 33
3.1.4. Skladišni prostori za drva i drvne prerađevine 34
3.1.5. Skladišni prostori za voće i prehrambene proizvode 35
3.2. Skladištenje kontejnera 38
3.3. Prometna infrastruktura terminala 39
3.4. Definiranje ostalih prostora na terminalu 41
4. MATEMATIČKI PRIKAZ ODREĐIVANJA POVRŠINA I KAPACITETA RTC-A 43
4.1. Analitičke metode za izračun kapaciteta RTC-a 44
4.1.1. Statički i dinamički kapacitet 44
4.1.2. Proračun kapaciteta obzirom na podsustav vlakova i prekrcajne opreme 46
4.1.3. Određivanje kapaciteta proračunom broja kolosijeka i dizalica 47
4.2. Simulacijske metode za proračun kapaciteta RTC-a 49
4.2.1. Projekt PLATFORM 50
4.2.2. Primjena simulacijskog modeliranja pri planiranju hub terminala 52
4.3. Kombinacija analitičkih i simulacijskih metoda 53
4.4. Matematički prikaz određivanja površina RTC-a 54
5. ODABIR POTREBNE PREKRCAJNE MEHANIZACIJE I PRIJEVOZNIH SREDSTAVA 57
5.1. Prekrcajna mehanizacija 57
5.1.1. Dizalice 57
5.1.2. Kontejnerski prijenosnik 59

5.1.3. Viličari 61
5.2. Proračun potrebne prekrcajne mehanizacije 63
5.3. Prikaz potrebnih prijevoznih sredstava 65
5.3.1 Cestovna prijevozna sredstva 65
5.3.2. Željeznička prijevozna sredstva 69
6. EKONOMSKA ANALIZA ISPLATIVOSTI IZGRADNJE RTC-A 71
6.1. Investicijsko odlučivanje 71
6.2. Opravdanost investiranja 75
6.3. Analiza ekonomske uspješnosti 77
6.4. Ekonomska analiza razvoja logističkog centra u Mongoliji 79
7. ZAKLJUČAK 84
POPIS LITERATURE 86
POPIS SLIKA 90
POPIS TABLICA 92
POPIS GRAFIKONA 93

1. UVOD

U transportnim i logističkim lancima važne karike predstavljaju robno-transportni centri. To su posebni kompleksi specijaliziranih i univerzalnih transportnih terminala, zatvorenih i otvorenih specijaliziranih i univerzalnih skladišta koji su locirani u blizini velikih industrijskih centara, velikih prometnih čvorišta, velikih morskih luka, velikih ranžirnih kolodvora.[1] Zajednička značajka tih centara je ujedinjavanje bitnih logističkih djelatnosti u prijevozu i distribuciji roba s ciljem koncentracije transporta optimalnim prijevozom robe.[2]

U ovom radu su prikazani najvažniji elementi koje je potrebno analizirati pri izgradnji RTC-a. Ti elementi su objašnjeni teorijski i prikazan je njihov proračun matematičkim metodama. Osim toga, objašnjena je i primjerom prikazana analiza ekonomske opravdanosti projekta jer predstavlja obaveznu komponentu procesa planiranja i razvoja robno transportnog centra.

Naslov završnog rada je: **Analiza elemenata izgradnje RTC-a**. Rad je podijeljen na sedam poglavlja:

1. Uvod

2. Određivanje lokacije robno transportnog centra

3. Definiranje površina robno transportnog centra

4. Matematički prikaz određivanja kapaciteta i površina RTC-a

5. Odabir potrebne prekrcajne mehanizacije i prijevoznih sredstava

6. Ekonomska analiza isplativosti izgradnje RTC-a

7. Zaključak

Drugo poglavlje se odnosi na odabir lokacije robno transportnog centra kao prvi korak pilikom izgradnje istog. Navedeni su i objašnjeni svi faktori i kriteriji koji utječu na odabir lokacije RTC-a. Također, objašnjene su AHP metoda i ELECTRE metoda kao potpora pri višekriterijskom odlučivanju. Navedene metode su primjenjene na imaginarnom primjeru, ELECETRE metoda je izračunata matematičkim putem, dok primjena AHP metode je izvršena pomoću računalnog programa Expert Choice.

U trećem poglavlju su teorijski obašnjene i prikazane površine RTC-a. Te površine su: skladišni prostori (pohrana raznih vrsta tereta), prometne površine koje ključuju cestovne prometnice i željezničke kolosijeke, slagalište kontejnera, površine za prihvat i otpremu prijevoznih sredstava, prostori za smještaj manipulacijskih sredstava te prostori za poslovne potrebe.

[1] http://files.fpz.hr/Djelatnici/tmlinaric/Robno-transportni-centri-skripta.pdf
[2] Dundović Č.: Lučki terminali, Pomorski fakultet, Rijeka, 2002.

Četvrto poglavlje orijentirano je na definiranje kapaciteta RTC-a. U prvom dijelu četvrtog poglavlja prikazane su matematičke metode za proračun kapaciteta, dok se drugi dio odnosi na simulacijske metode i modeliranje pomoću kojih se može odrediti kapacitet RTC-a. Na kraju ovog poglavlja prikazane su matematičke formulacije za proračun pojedinih prostora RTC-a.

Peto poglavlje se odnosi na odabir potrebne prekrcajne mehanizacije i prijevoznih sredstava. Prikazana su i objašnjena manipulacijska i prijevozna sredstva koja se koriste za izvšenje usluga unutar RTC-a. Također, odabir istih je prikazan matematičkim putem.

U šestom poglavlju je obrađena ekonomska analiza isplativosti izgradnje RTC-a. Opisano je nekoliko metoda ekonomskog vrednovanja, kao i metode za analizu eknomske uspješnosti. Također, prikazana je ekonomska analiza razvoja logističkog centra u Mongoliji.

2. ODREĐIVANJE LOKACIJE ROBNO TRANSPORTNOG CENTRA

Prvi korak u procesu planiranja izgradnje robno transportnog centra (RTC) je odabir potencijalne lokacije istog. [3]

Lokacija robno transportnog centra se definira kao mjesto gdje će se izvršiti usluge logističkog centra na optimalan način, u odnosu na područja generiranja potražnje.

Efikasno kretanje robe od izvora sirovina do pogona za obradu, pogona za proizvodnju dijelova, pogona za završnu montažu, distribucijskih centara, skladišta, trgovaca i kupaca je kritično u današnjem konkurentskom okruženju. Logistika i upravljanje lancima opskrbe u današnjem svijetu koji se brzo razvija, postaju sve važniji.[4] Odluke o lokaciji izgradnje RTC-a su ključni dio planiranja učinkovitog opskrbnog lanca. Primjera radi, kada proizvođač gotovih proizvoda nije u mogućnosti sam obaviti isporuku robe krajnjem korisniku potrebno je usmjeriti robu prema robno transportnim centrima u kojima se roba skladišti, dorađuje i prerađuje te konačno isporučuje krajnjem korisniku. Stoga lokacija robno transportnog centra mora omogućiti efikasnu distribuciju tereta, rasterećenje aktivnosti opskrbnog lanca te smanjenje ukupnih transportnih troškova.

Izbor lokacije RTC-a treba biti rezultat globalnog cilja povećanja učinkovitosti transportnog procesa, pri čemu su pojedinačni ciljevi[5]:

- Optimiziranje transportnog lanca
- Optimiziranje procesa carinjenja robe
- Minimiziranje ukupnih troškova distribucije roba
- Povećanje brzine distribucije roba
- Opće povećanje kvalitete usluga
- Povećanje konkurentnosti robe na tržištu
- Smanjenje oštećenja, rasipanja i otuđenja roba
- Povećanje stupnja iskoristivosti kapaciteta transportnih sredstava
- Povećanje stupnja informatizacije
- Povećanje stupnja mehanizacije
- Poboljšanje humanizacije rada
- Unaprjeđenje zaštite čovjekova okoliša i dr.

Lokacija RTC-a mora biti izabrana na adekvatan način. Potrebno je definirati skup kriterija i čimbenika relevantnih za odabir lokacije te na temelju istih pristupiti vrednovanju

[3] Kondratowicz et al. Planning of Logistics Centres Poland, Final Report, The Maritime Institute in Gdansk, Gdansk, 133 pp., 2003.
[4] Demirel, T., Demirel, N. C., Kahraman, C.: Multi-criteria warehouse location selection using Choquet integral, Expert Systems with Applications, Journal of Natural Gas Science and Engineering, 695-705 PP., 2010.
[5] Dundović, Č.: Lučki terminali, Pomorski Fakultet, Rijeka, 2002.

potencijalnih lokacija, te odabrati optimalno rješenje, odnosno lokaciju robno transportnog centra.

2.1. Problem odabira lokacije na makro i mikro razini

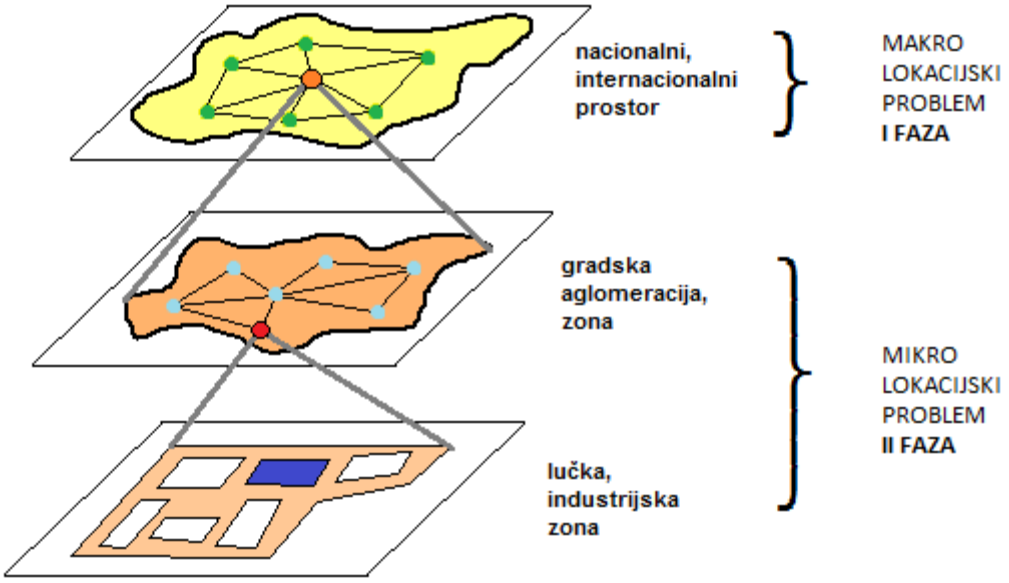
Izbor lokacije RTC-a može i treba se razmatrati na dvije razine. Prva razina obuhvaća makrolokacijske probleme, odnosno analizu šireg područja u kojem se planira smjestiti robni terminal. Na drugoj razini se razmatraju mikrolokacijski problemi, to jest definiraju se najprikladnije konkretne lokacije smještaja RTC-a u prethodno odabranoj regiji na prvoj razini.[6]

Područje šire lokacije može obuhvatiti jednu državu, regiju ili pokrajinu ili skup od više županija. Područje uže lokacije zasniva se na konkretnoj, lokalnoj katastarskoj čestici zemlje (gospodarska zona) na kojoj postoji mogućnost izgradnje RTC-a. Mikrolokacija definira položaj, površinu i kapacitet centra koji su određeni planovima urbanističkog područja infrastrukture i planovima razvoja.[7]

Dvofazno pristupanje istraživanju odnosi se na određivanje makrolokacije i to često uz korištenje pojedinih modela i metodologije, poslije čega se za rješenje područja javlja mjesto odnosno grad unutar kojeg se primjenjivanjem novih modela i postupanja određuje mikrolokacija. Mikrolokacija kao takva definira položaj te isto tako površinu centra odnosno terminala do detalja određenih katastarskim te ostalim planovima vezanim za infrastrukturu i objekte. Mikrolokacijski problem se odnosi na zadatak odabira područja robno-transportnog centra u sklopu kompleksa luke, industrijskoj zoni, i dr[8].

Dvofazno pristupanje određivanju područja na makro i mikro razini na kraju rezultira jednim zajedničkim ishodom, međutim pristup i određeni kriteriji prilikom odabira područja često se razlikuju.[9]

[6] Žak, J.,Weglinski S.: The selection of the logistics center location based on MCDM/A methodology, Poznan University of Technology, Faculty of Machines and Transportation, Poznan, 2014.
[7] Rogić, K.: Predavanja iz kolegija Distribucijska logistika I, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2012.
[8] Zečević, S., Robni terminali i robno transportni centri, Saobraćajni fakultet, Beograd, 2009.
[9] Ibidem



Slika 1. Prikaz višefaznog sustava istraživanja lokacije RTC-a

Izvor: http://documentslide.com/documents/izbor-lokacije-logistickog-cen.html

Prilikom promatranja lokacije izgradnje RTC-a uzimaju se u obzir različiti makro i mikolokacijski čimbenici.

Makrolokacijski čimbenici koji se razmatraju jesu:[10]

- Struktura i trendovi tržišta-
- Struktura robnih tokova
- Prijevozne mogućnosti utvrđene geoprometnim položajem.
- Raspoloživost kvalificirane radne snage
- Specifični elementi pojedinog područja
- Korporacijke strategije
- Državna administracija
- Porez i carina

Pri lociranju RTC-a potrebno je analizirati sve navedene čimbenike koji utječu na odabir šireg područja u kojem se planira smjestiti robni terminal.

Struktura tržišta podrazumijeva broj gospodarskih subjekata i njihovo grupiranje, lokacije izvora robnih tokova, količinska godišnja potrošnja roba, udio pojedinih vrsta roba u ukupnoj

[10] Rožić T.: Nastavni materijali iz kolegija Robno transportni centri, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2016.

potrošnji, stupanj i gustoća distribucije, udio pojedinih maloprodajnih lanaca u ukupnoj maloprodajnoj mreži tržišne regije i drugo.

Strukturu robnih tokova definiraju frekvencija i količina robnih kretanja, udio pojedinih vrsta roba u ukupnim kretanjima robnih tokova te prostorna udaljenost između izvorišta i odredišta.

Vrlo bitan čimbenik je veza s različitim prometnim granama odnosno **prijevozne mogućnosti**. RTC se mora nalaziti u blizini autocesta, magistralnih pruga, pomorskih i zračnih luka.

Utjecajan čimbenik je i **potrebna visokoobrazovna i kvalificirana radna snaga** koja je sposobna rukovoditi logističkim procesima s ciljem njihove realizacije, gdje se očituje produktivnost radne snage.

Također, utjecajni čimbenici su i **državna administracija, državni porez, carinska procedura države i poticajne mjere za ulazak stranih kompanija na domaće tržište**.[11]

Mikrolokacijski čimbenici koji se razmatraju jesu:[12]

- **Površina i konfiguracija parcele** - Veličina parcele mora osigurati smještaj osnovnih i pratećih objekata. Također, područje na kojem se planira izgraditi RTC mora imat mogućnost prostornog širenja.
- **Urbanistički plan područja i planovi razvoja** - Prostornim i urbanističkim planovima su definirane potencijalne lokacije, namjena površina i uvjeti aktiviranja lokacije za potrebe terminala.
- **Subvencioniranje od strane lokalnih vlasti** - Izgradnja RTC-a je investicjski projekt, najčeće realiziran kroz model javno-privatnog partnerstva u kojem lokalne vlasti imaju određeni postotni udio u vlasništvu kapitala.
- **Blizina mreže javnog gradskog prometa** - Ovaj čimbenik se odnosi na prometnice visoke brzine - državne i brze ceste namijenjene teškom tranzitnom prometu.
- Ostali mikrolokacijski čimbenici koji imaju utjecaj na izbor lokacije su: cijena izgradnje centra i otkupa zemljišta, blizina servisnog centra za teretna vozila, percepcija užeg područja stanovništva o izgradnji centra

[11] Orešković M.: Usporedba metoda za određivanje lokacija logističko-distribucijskih centara, Diplomski rad, Fakultet prometnih znanosti, 2015.
[12] Rožić T.: Nastavni materijali iz kolegija Robno transportni centri, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti,2016.

Tablica 1. Makrolokacijski i mikrolokacijski čimbenici izbora lokacije robno transportnog centra

MAKROLOKACIJSKI ČIMBENICI	MIKROLOKACIJSKI ČIMBENICI
➢ struktura i trendovi tržišta ➢ struktura robnih tokova ➢ prijevozne mogućnosti utvrđene geoprometnim položajem ➢ raspoloživost kvalificirane radne snage ➢ specifični elementi pojedinog područja ➢ korporacijske strategije ➢ državna administracija ➢ porez i carina	➢ površina i konfiguracija parcele ➢ urbanistički plan područja i planovi razvoja ➢ subvencioniranje od strane lokalnih vlasti ➢ blizina mreže javnog gradskog prometa ➢ cijena izgradnje centra i otkupa zemljišta ➢ blizina servisnog centra za teretna vozila ➢ percepcija užeg područja stanovništva o izgradnji centra

Izvor: Izradio autor prema Rožić, T.: Nastavni materijali iz kolegija Robno transportni centri, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2016.

2.3. Postupak odabira lokacije robnog terminala

Općenito, postupak za donošenje odluka o izboru lokacije robno transportnog centra uključuje sljedeće korake:[13]

1) Odlučiti koji kriteriji će se koristiti za izbor potencijalnih lokacija
2) Odabrati najvažnije kriterije
3) Razmatranje prikladnih alternativnih lokacija
4) Procjena alternativa i donošenje odluke

Odluka o kriterijma koji će biti razmatrani, te definiranje važnosti pojedinih kriterija mora biti u skladu i zahtjevima interesnih skupina koji sudjeluju u procesu izgradnje RTC-a. Interesne skupine se mogu podijeliti u tri skupine: unutrašnje, vanjske te državni organi, međunarodna udruženja i međunarodne organizacije. Unutrašnje interesne skupine predstavljaju vlasnici terminala koji sami ne pružaju usluge na terminalu već infrastrukturu za obavljanje određene aktivnosti daju u koncesiju, najam, leasing. Vanjske interesne skupine sačinjavaju operateri koji temeljem ugovora obavljaju dogovorene aktivnosti. U vanjske

[13] Yildrim B.F.,Önder E.: Evaluating potential freight villages in istanbul using multi criteria decision making techniques, Journal of Logistics Management, Vol. 3 no. 1, 2014.

interesne skupine ubrajaju se: nacionalni željeznički prijevoznici, brodarska poduzeća, konzorciji, multimodalne brodarske kompanije, špediteri, cestovni prijevoznici.[14] Razmatranjem literature zaključeno je da različiti autori navode mnoge različite kriterije koji se uzimaju u obzir pri odabiru lokacije RTC-a. Pojedini autori navode kako izbor lokacije ima izravan utjecaj na ekonomske aspekte koji se odnose na primjenu i ispunjenje operativnih aktivnosti u opskrbnom lancu.[15]Smanjenje troškova prijevoza i vremena isporuke ili povećanje prihoda su pitanja koja prevladavaju u odlučivanju. S druge strane, različiti autori problem smještaja robno trasnportnog centra promatraju s aspekta transportnog sustava koji se bavi planiranjem infrastrukture na regionalnoj razini. Prema tim autorima transportni sustav koji uključuje robno transportne centre može pridonijeti uspostavi mreže koja omogućuje regiji da na ekonomičan i učinkovit način konkurira u lokalnom i regionalnom tržištu.[16]

Prema S. A. Alamu kriteriji izbora lokacije robno transportnog centra se klasificiraju na dvije razine:

- Glavni kriteriji
- Podkriteriji

Glavni kriteriji su :[17]

1. **Infrastruktura** – Infrastruktura uključuje autoceste, željeznice, vodne putove i multimodalne terminale. Infrastruktura određuje kapacitet koji može podnijeti zona, regija, grad. Područja s boljim pristupom autocestama, željeznicama itd. će biti u mogućnosti podržavati novi logistički razvoj.

2. **Blizina tržišta** – Ovaj kriterij u obzir uzima zemljopisni doseg tržišta neke regije. Blizina tržišta bilo koje regije može biti opisana kao veličina tržišta koju regija može opslužiti u određenom vremenu određenim načinom prijevoza. Također, ovaj kriterij mjeri veličinu populacije koju je moguće opslužiti s određenog područja u određenom vremenu određenim načinom prijevoza. Naprimjer, kamion u jednom danu može prijeći 600 kilometara, pa se blizina tržišta mjeri na temelju veličine regija ili veličine populacije koja se može opslužiti u jednom danu s cestovnim prijevoznim sredstvom.

3. **Dostupnost zemljišta** – Razvoj novih robno transportnih centara zahtijeva dostupnost neiskorištenih površina. Ovaj kriterij razmatra mogućnosti proširenja regije jer će novi logistički razvoj zahtijevati veće površine za razvoj i kvalitetniju infrastrukturu. Ovaj kriterij se mjeri na temelju klasifikacije površine regije kako bi se identificirala raspoloživa površina za razvoj logističkog centra. Također cijena površine indirektno utječe na dostupnost raspoložive površine, što znači da će niska cijena površine biti ključan kriterij za razvoj novih robno trasnportnih centara.

[14] Rožić T.: Nastavni materijali iz kolegija Robno transportni centri, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2016.
[15] http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-74382016000200375
[16] Ibidem
[17] Alam S.A., Evaluation of the potential locations for logistics hubs: A case study for a logistics company, Engineering and Technology, 78 p., 2013.

4. **Politička i industrijska potpora** – Ovaj kriterij se mjeri razinom potpore koju regionalne vlasti i lokalna industrija pružaju robno trasnportnom centru. Veća potpora vlasti rezultirati će veću vjerojatnost za osnivanjem robno transportnog centara.

5. **Dostupnost radne snage** – Dostupnost radne snage uzima u obzir regionalnu demografsku bazu podataka. Iz različitih podataka mogu se saznati informacije o razini koliko je radno sposobne i kvalificirane radne snage dostupno za različite industrije.

Pored ovih glavnih kriterija postoje i podkriteriji koji također moraju biti uzeti u obzir pri lociranju robno transportnih centara.

Podkriteriji su :[18]

- Adekvatan multimodalni sustav
- Razvijen telekomunikacijski sustav
- Adekvatna oprema za rukovanje kontejnerima i teretom
- Rukovanje svim vrstama tereta (uključujući i opasne terete)
- Željeznička i cestovna povezanost s lokalnim potrošačima i industrijskim područjima.

S. Zečević navodi da se kriteriji izbora lokacije RTC-a mogu grupirati na tri načina:[19]

- **prema interesnim grupama** koje imaju mogućnost donošenja odluka i mogu utjecati na koncept razvoja terminala. Tu prije svega spadaju korisnici terminala i usluga, vlasnici i investitori, operateri, kao i društvo u cjelini, promatrano društveno-upravljačke institucije i udruženja, do pojedinaca, stanovništva itd.
- **prema tipu kriterija i njihovoj pripadnosti jednom od slijedećih područja**: tehnološkom,ekonomskom, organizacijskom, tehničkom, zakonsko-regulativnom itd.
- **prema razini promatranja**, na kriterije za određivanje makrolokacije i mikrolokacije terminala

Također, S. Zečević definira više različitih faktora koji utječu na izbor lokacije robnog terminala.Ovi faktori se u osnovi mogu svrstati u tri grupe:[20]

1. karakteristike zahtjeva logističkih tokova

2. karakteristike robno transportnog (logističkog) centra

3. karakteristike lokacije i okruženja.

[18] Ibidem
[19] Zečević S.:Robni terminali i robno-transportni centri, Saobraćajni fakultet, Beograd, 2006.
[20] Ibidem

Karakteristike zahtjeva logističkih tokova prvenstveno treba promatrati kroz strukturu i karakteristike potencijalnih korisnika i tokova koje oni generiraju, zatim kroz zahtjeve pojedinih tehnologija transportnih lanaca koji se usmjeravaju na terminale, kao i primjene logističke strategije.

Karakteristike robno transportnog centra, kao što su: pripadnost logističkoj mreži, struktura centra, vlasništvo, kao i različite prostorne, tehnološke i financijske performanse centra, značajno utječu na izbor lokacije. Pripadnost logističkoj mreži je faktor koji utječe na makromikro lokacijske probleme, mada je uloga terminala u logističkoj mreži prvenstveno makrolokacijski problem.

Lokacija terminala zavisi od broja korisnika i sigurno će rezultati biti različiti u situacijama kada terminal koristi isključivo jedan korisnik ili ako je terminal otvorenog karaktera za više korisnika.[21]

Prema T. Demirel, N.Ç. Demirel i C. Kahraman najbitniji kriteriji za odabir lokacije RTC-a su: troškovi, karakteristike radne snage, infrastruktura, tržište i makro okolina.[22] Navedeni kriteriji su objašnjeni Tablicom 2.

Tablica 2. Kriteriji za izbor lokacije RTC-a

TROŠKOVI	▪ troškovi rada ▪ transportni troškovi ▪ porezni poticaji ▪ financijski poticaji
KARAKTERISTIKE RADNE SNAGE	▪ raspoloživost radne snage ▪ vještine i znanja radne snage
INFRASTRUKTURA	▪ različiti načini prijevoza ▪ telekomunikacijski sustavi ▪ kvaliteta i pouzdansot prijevoza
TRŽIŠTE	▪ blizina kupca ▪ blizina dobavljača ili proizvođača ▪ vrijeme isporuke
MAKRO OKOLINA	▪ državna politika ▪ industrijski zakoni i propisi ▪ prostorno uređenje

Izvor: Izradio autor

Nakon što su definirani bitni kriteriji za odabir lokacije RTC-a potrebno je pristupiti procjeni alternativa obzirom na zadane kriterije. Postoje razne matematičke i računalne

[21] Ibidem
[22] Demirel, T., Demirel, N. C., Kahraman, C.: Multi-criteria warehouse location selection using Choquet integral, Expert Systems with Applications, Journal of Natural Gas Science and Engineering, 695-705 pp., 2010.

metode koje služe za rješavanje navedenog problema. Neke od metoda su: metoda centra gravitacije, medijan metoda, AHP metoda, ELECTRE metoda, PROMETHEE metoda i dr.

2.4. Primjena matematičkih metoda u određivanju lokacije RTC-a

U ovom poglavlju prikazat će se mogućnost primjene matematičkih metoda u određivanju lokacije RTC-a. Kao primjer koristit će se AHP metoda i ELECTRE metoda. Odabir lokacije RTC-a primjenom AHP metode će se izvršiti računalnim programom Expert Choice, a primjena ELECTRE metode će biti prikazana matematičkim putem.

2.4.1. Primjena AHP metode u određivanju lokacije RTC-a

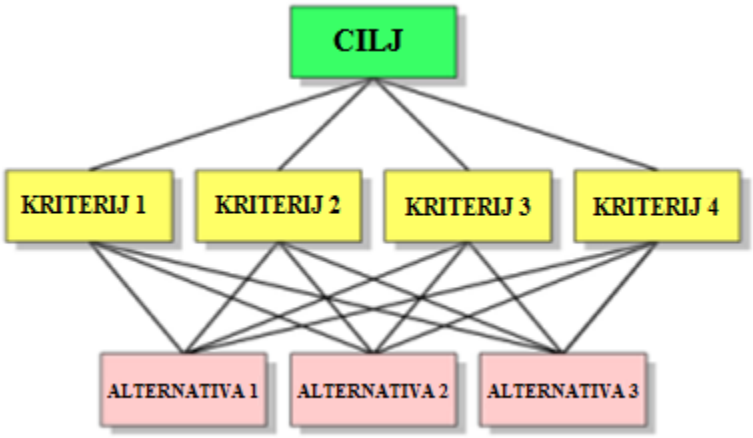
Jedna od raširenijih i najpoznatijih metoda višekriterijskog odlučivanja je analitički hijerarhijski proces (eng. Analityc Hierarhic Process), koju je razvio Thomas L. Saaty 1980. godine.[23]

Model (hijerarhijsku strukturu) AHP-e metode čine elementi, pri čemu je na vrhu cilj, a na prvoj nižoj razini su glavni kriteriji, koji obuhvaćaju nekoliko podkriterija. Na najnižoj razini nalaze se alternative koji su unakrsno povezani sa glavnim kriterijima, odnosno podkriterijima. Rješavanje složenih problema odlučivanja pomoću ove metode temelji se na njihovoj dekompoziciji u hijerarhijsku strukturu, čiji elementi su cilj, kriteriji (podkriteriji) i alternative, nakon čega slijedi međusobna usporedba elemenata. [24]

Osnovni koraci AHP metode: [25]

1. Razvije se hijerarhijski model problema odlučivanja s ciljem na vrhu, kriterijima i podkriterijima na nižim razinama, te alternativama na dnu modela.
2. Na svakoj razini hijerarhijske strukture u parovima se međusobno uspoređuju elementi te strukture, pri čemu se preferencije donositelja odluke izražavaju uz pomoć Saatyeve ljestvice relativne važnosti (Tablica 2.)
3. Iz procjena relativnih važnosti elemenata odgovarajuće razine hijerarhijske strukture problema pomoću matematičkog modela izračunavaju se lokalni prioriteti (težine) kriterija, podkriterija i alternativa, koji se zatim sintetiziraju u ukupne prioritete alternativa. Ukupni prioritet pojedine alternative izračunava se tako da se zbroje njezini lokalni prioriteti ponderirani s težinama elemenata više razine.
4. Provodi se analiza osjetljivosti.

[23] http://bsrdjevic.tripod.com/download/5.pdf
[24] Ibidem
[25] http://higherdecision.foi.hr/sites/default/files/obicnidokumenti/Primjena%20metoda%20za%20vi%C5%A1ekriterijsko%20odlu%C4%8Divanje_Begicevic.pdf



Slika 2. Osnovni model analitičkog hijerarhijskog procesa

Izvor: https://agusdar.wordpress.com/2013/05/13/metode-analitycal-hierarchy-process/

U svrhu kvalitetnijeg razumijevanja, Saaty i njegovi suradnici su postavili četiri sljedeća aksioma na kojima se zasniva AHP metoda[26]:

a) Aksiom recipročnosti - ako je element A n puta značajniji od elementa B, tada je element B 1/n značajniji od elementa A.

b) Aksiom zavisnosti - dopuštena je usporedba među grupom elemenata jedne razine u odnosu na element više razine, tj. usporedbe na nižoj razini ovise od elemenata više razine.

c) Aksiom homogenosti - Usporedba je moguća ako su elementi usporedivi.

d) Aksiom očekivanja - Svaka promjena u modelu zahtijeva ponovno računanje težina u novoj hijerarhiji.

[26] http://bsrdjevic.tripod.com/download/5.pdf

Tablica 3. Saatyeva ljestvica relativne važnosti

Značaj	Definicija	Objašnjenje
1	Jednakog značaja	Dva elementa su identičnog značaja u odnosu na cilj
3	Slaba dominacija	Na osnovu empirije ili procjene daje se umjerena prednost jednom kriteriju ili alternativi u odnosu na drugi
5	Jaka dominacija	Na osnovu empirije ili procjene daje se znatna prednost jednom kriteriju ili alternativi u odnosu na drugi
7	Vrlo jaka,dokazana dominacija	Jedan se kriterij ili alternativa izrazito favorizira u odnosu na drugi, čija je dominacija dokazana u praksi
9	Apsolutna dominacija	Dokazi na osnovu kojih se favorizira jedan kriterij ili alternativa u odnosu na drugi potvrđeni su s najvećom uvjerljivošću
2,4,6,8	Međuvrijednosti	Potreban kompromis i daljnja podjela

Izvor: Izradio autor prema http://bsrdjevic.tripod.com/download/5.pdf

2.4.1.1. Expert Choice

Expert Choice jedan je od najpoznatijih programa za donošenje odluke na temelju više kriterija. U njega je implementiran AHP proces te na taj način sam program funkcionira i prikazuje rezultate. Izradili su ga Thomas Saaty i Ernest Forman 1983. godine.[27]

Cijeli postupak korištenja programa se može definirati kroz sljedeće korake: [28]

1. definiranje cilja

2. definiranje kriterija i podkriterija

3. definiranje alternativa

4. uspoređivanje kriterija u odnosu na cilj (određivanje utjecaja kriterija na cilj)

5. uspoređivanje alternativa u odnosu na kriterije (određivanje relativnog utjecaja svake alternative po određenom kriteriju)

6. sinteza alternativa u odnosu na cilj

7. analiza osjetljivosti.

[27] http://expertchoice.com/
[28] http://odlucivanje.fon.bg.ac.rs/wp-content/uploads/Expert-Choice.pdf

Expert Choice predstavlja način odlučivanja koji se usklađuje s ciljem donositelja odluke. On pomaže poslovnim liderima u brzom donošenju odluka s ciljem boljih poslovnih rezultata, a u skladu s dugoročnom strategijom kompanije. Pored svega navedenog, ovaj softverski alat omogućuje razvoj zajedničkog jezika u donošenju odluka i standardiziranju analize procesa.[29]

U nastavku završnog rada prikazan je odabir lokacije robno transportnog centra u računalnom programu Expert Choice.

2.4.1.2. Primjer izbora lokacije RTC-a primjenom AHP metode u Expert Choice-u

Za izbor lokacije robno transportnog centra razmatrat će se tri alternativne opcije obzirom na kriterije definiranih u poglavlju 2.3.: dostupnost radne snage, blizina tržišta, broj stanovnika i prometna infrastruktura. U Tablici 3. su prikazane značajke imaginarnih lokacija u odnosu na zadane kriterije.

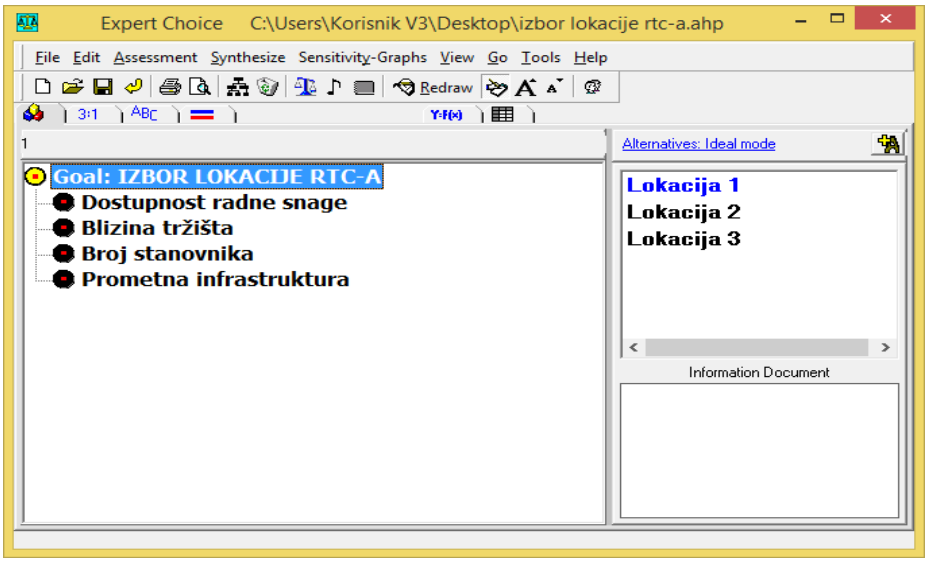
Tablica 4. Značajke potencijalnih lokacija prema izabranim kriterijima

ALTERNATIVE	DOSTUPNOST RADNE SNAGE	BLIZINA TRŽIŠTA	BROJ STANOVNIKA
Lokacija 1	15.871	15.000.000	259.235
Lokacija 2	14.536	65.000.000	558.371
Lokacija 3	19.989	39.000.000	389.897

Izvor: Izradio autor

Postupak odabira lokacije će se izvršiti u programu Expert Choice te će detaljno biti opisani koraci izvođenja istog.
Prvi korak u rješavanju je definiranje cilja, kriterija i alternativa što prikazuje Slika 3.

[29] Dujmić D.: Primjena višekriterijalnog odlučivanja u odabiru lokacije skladišta, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Diplomski rad, Zagreb, 2014.



Slika 3. Prikaz alternativa i kriterija

Izvor: Izradio autor

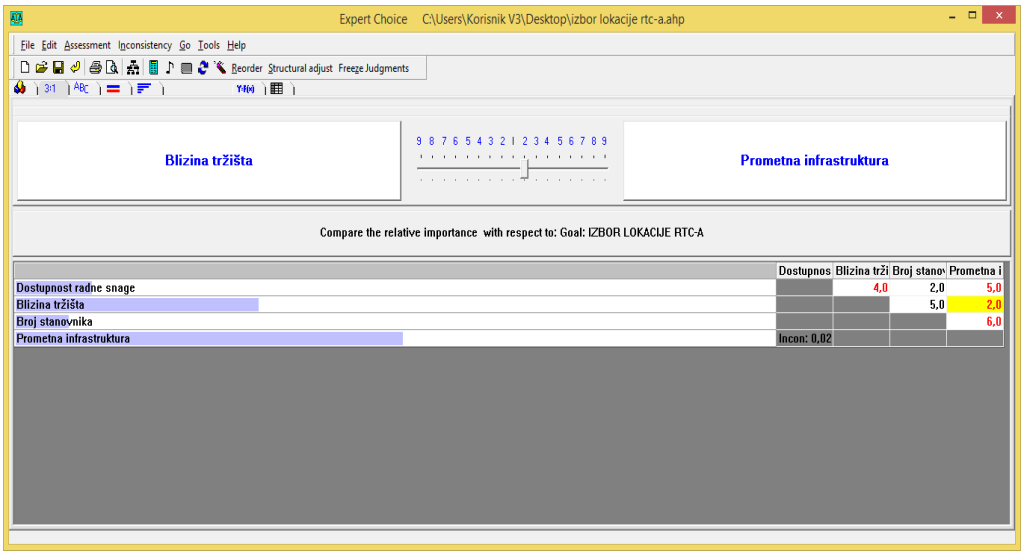
Sljedeći korak je uspoređivanje navedenih kriterija u parovima u odnosu na zadani cilj kako bi se odredio najznačajniji kriterij. Program Expert Choice daje mogućnost usporedbe pomoću tri opcije :

1) Opcija "3:1" - usporedba kriterija pomoću Saatyeve ljestvice.
2) Opcija "ABC" - usporedba kriterija se izvodi uz pomoć tekstualnih opisa nivoa važnosti jednog u odnosu drugi kriterij.
3) Usporedba kriterija korištenjem kružnog grafikona.

U ovom radu će se koristiti prva opcija odnosno usporedba kriterija pomoću Saatyeve ljestvice.

Određivanje najznačajnijeg kriterija

Slika 4. prikazuje usporedbu kriterija u odnosu na zadani cilj. Iz rezultata provedene usporedbe se vidi da najveći utjecaj ima kriterij prometna infrastruktura, zatim blizina tržišta, dostupnost radne snage, te najmanji utjecaj ima broj stanovnika. Važno je napomenuti da indeks konzistentnosti program automatski računa. U ovom slučaju indeks konzistentnosti iznosi 0,02 odnosno 2% što je manje od dozvoljenih 10% pa je primjer konzistentan.



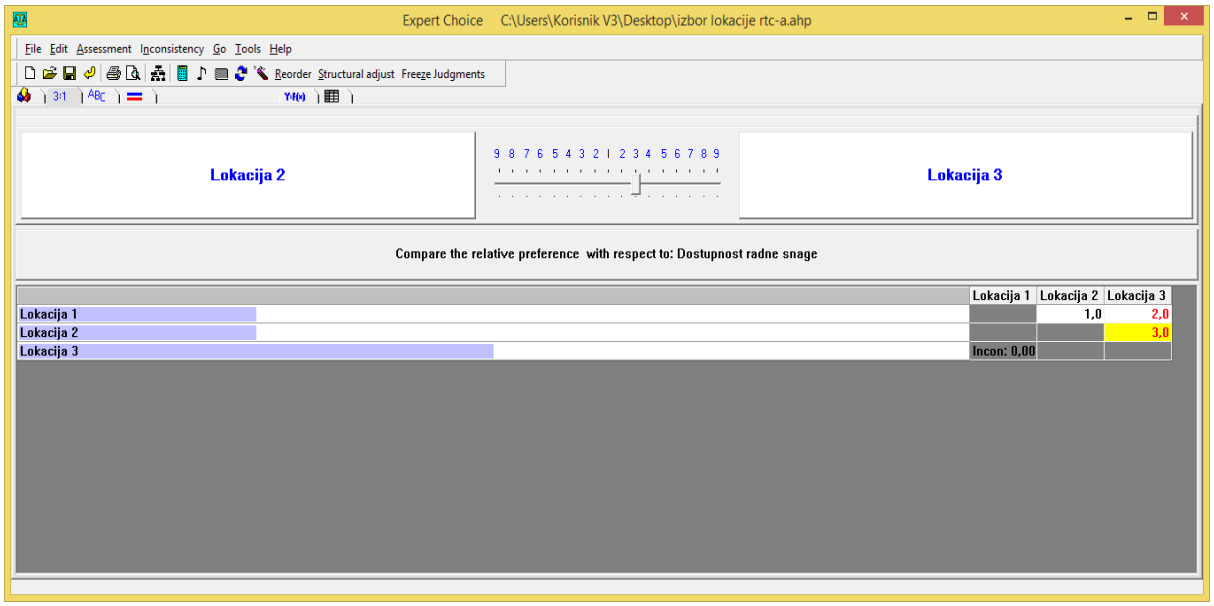
Slika 4. Usporedba kriterija

Izvor: Izradio autor

Nakon određivanja važnosti pojedinog kriterija slijedi usporedba alternativa obzirom na kriterije.

Usporedba alternativa obzirom na kriterij dostupnost radne snage

Najpovoljnija alternativa obzirom na navedeni kriterij je Lokacija 3 iz razloga što ima veću dostupnost radne snage (19.989) u odnosu na Lokaciju 1 (15.871) i Lokaciju 2 (14.536). Lokacija 1 i Lokacija 2 su jednakog značaja jer su razlike u dostupnosti radne snage zanemarive. (Slika 5.)

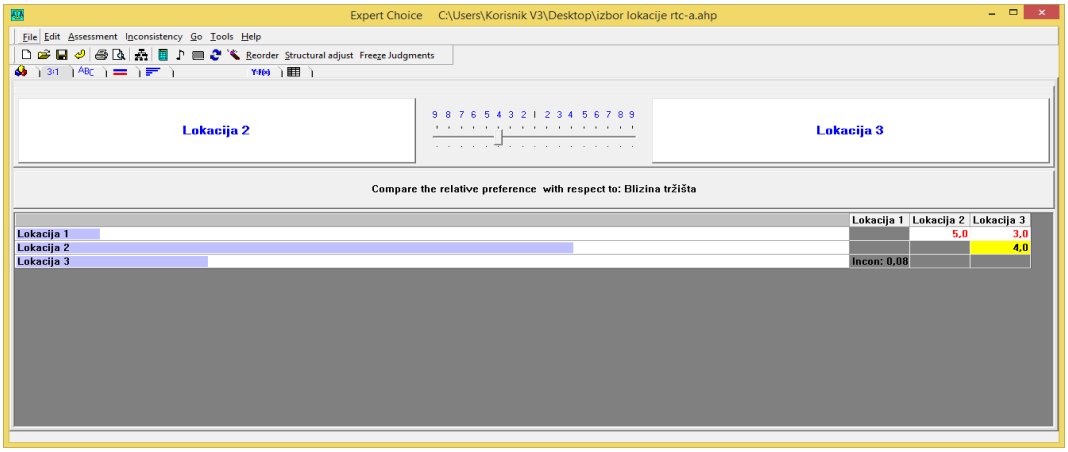


Slika 5. Usporedba alternativa obzirom na dostupnost radne snage

Izvor: Izradio autor

Usporedba alternativa obzirom na kriterij blizina tržišta

Blizina tržišta je kriterij koji mjeri veličinu populacije koju je moguće opslužiti tokom jednog radnog dana cestovnim prijevoznim sredstvom. Najbolja alternativa u odnosu na ovaj kriterij je Lokacija 2 jer može opslužiti najveći broj korisnika odnosno 65.000.000. kao što je i prikazano u Tablici 3.

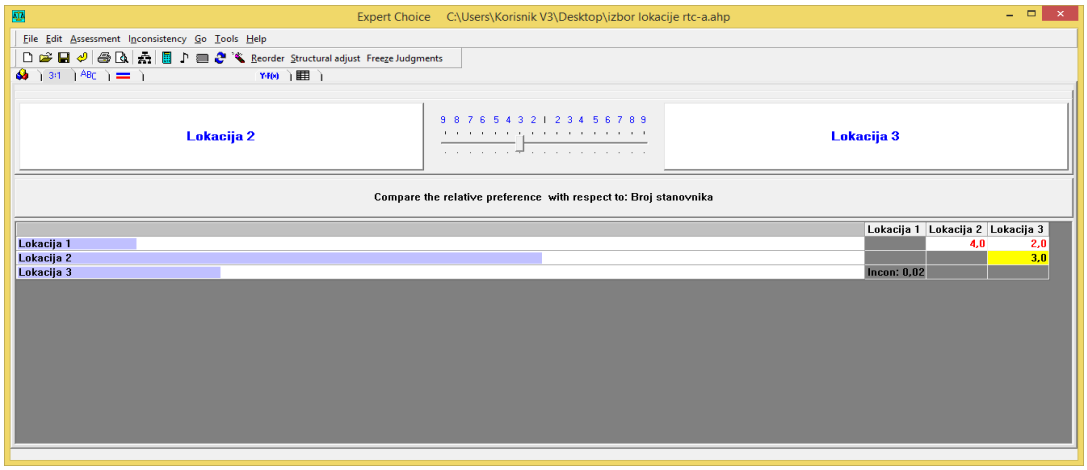


Slika 6. Usporedba alternativa obzirom na blizinu tržišta

Izvor: Izradio autor

Usporedba alternativa obzirom na kriterij broj stanovnika

Broj stanovnika predstavlja ukupan broj ljudi određenom području. Sa Slike 7. se može uočiti da Lokacija 2 predstavlja najbolji izbor obzirom na ovaj kriterij. Razlog tome je što Lokacija 2 ima najveći broj stanovnika, točnije 558.371. Drugi izbor je Lokacija 3 sa 389.897 stanovnika, dok je najlošija opcija Lokacija 3 sa 259.235 stanovnika.

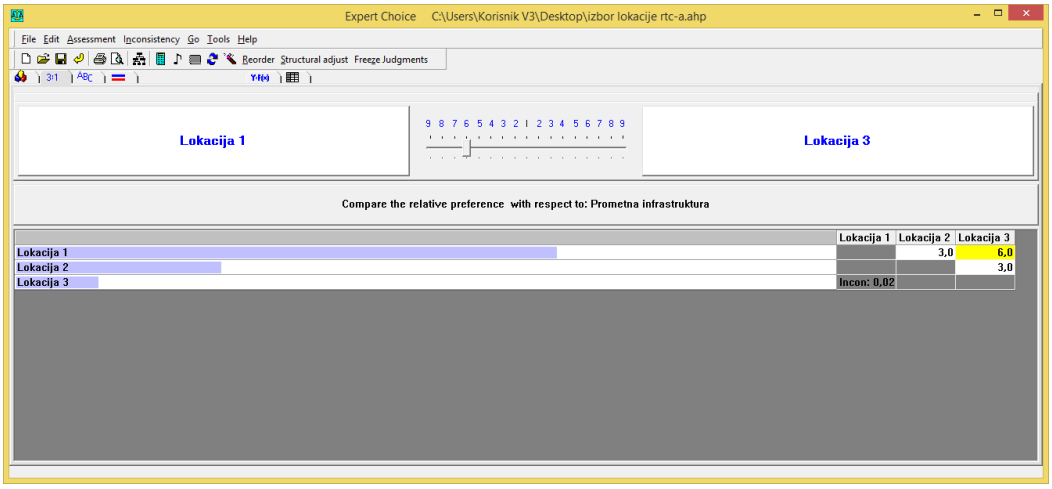


Slika 7. Usporedba alternativa obzirom na broj stanovnika

Izvor: Izradio autor

Usporedba alternativa obzirom na kriterij prometna infrastruktura

Ovaj kriterij se temelji na boljoj cestovnoj i željezničkoj povezanosti, mogućim vezama s unutarnjim plovnim putovima, pristupu zračnim lukama te multimodalnim terminalima. Prometna infrastruktura ima najveći utjecaj na izbor lokacije. Prema ovom kriteriju optimalna alternativa je Lokacija 1. (Slika 8.)

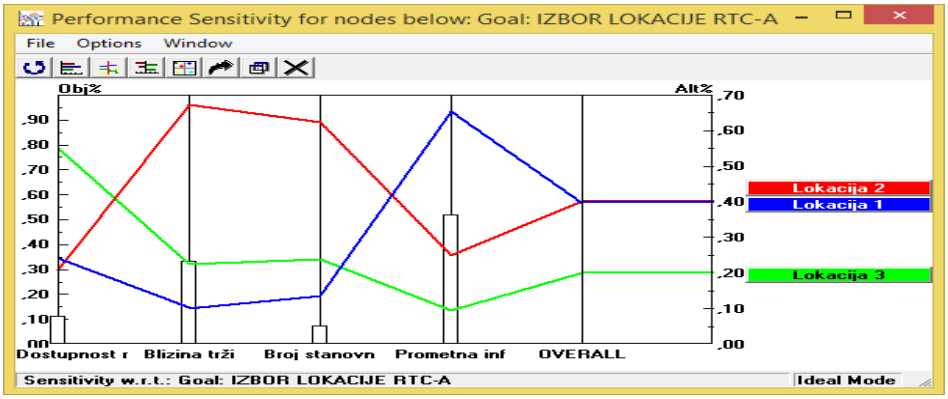


Slika 8. Usporedba alternativa obzirom na prometnu infrastrukturu

Izvor: Izradio autor

Odabir konačne lokacije

Nakon što je provedena usporedba važnosti kriterija i usporedba alternativa prema zadanim kriterijima potrebno je donijeti odluku o konačnoj lokaciji. Iz grafa sa Slike 9. se uočava da je Lokacija 2 odabrana kao najbolji izbor te obzirom na kriterije blizina tržišta i broj stanovnika predstavlja najznačajniju alternativu. Na drugom mjestu je Lokacija 1 te je vidljivo da je ova alternativa bolja od ostalih obzirom na kriterij prometna infrastruktura koji ima najveći utjecaj na izbor lokacije. Međutim, obzirom na ostale kriterije je lošija od druge dvije alternativne opcije. Na zadnjem mjestu je Lokacija 3 koja ima najveći značaj samo u odnosu na kriterij dostupnost radne snage .



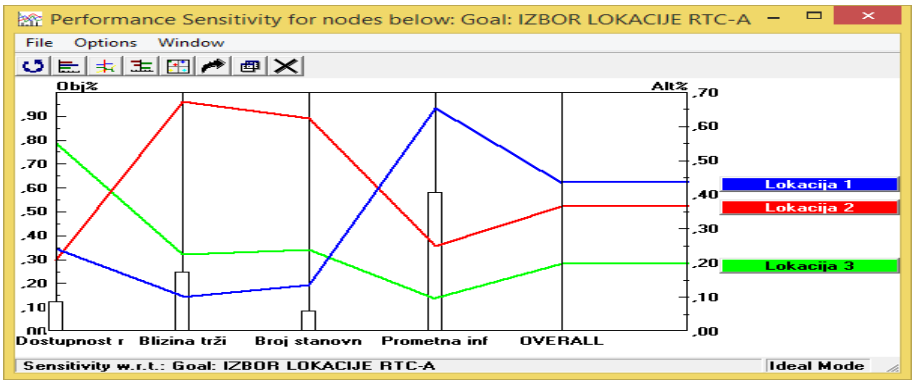
Slika 9. Grafički prikaz konačne lokacije

Izvor: Izradio autor

Analiza osjetljivosti

Expert Choice omogućuje i provedbu analize osjetljivosti odnosno uz grafičku pomoć programa utvrđuje se osjetljivost (stabilnost) rezultata. Ukoliko za „male“ promjene u ocjeni važnosti kriterija dolazi do promjene ranga alternativa, tada se kaže da je dobiveno rješenje nestabilno to jest osjetljivo na takve promjene.[30]

Kao što je vidljivo na Slici 9. Lokacija 2 ima najveći značaj u odnosu na kriterij blizina tržišta. Smanjenjem vrijednosti navedenog kriterija uočene su promjene u konačnom poretku alternativa (Slika 10.). U ovakvim slučajevima se ne može tvrditi da je rješenje jedinstveno već se trebaju razmatrati i druge alternative kao približno jednako dobre. Odnosno, nakon napravljenih promjena dolazi se do zaključka da je Lokacija 1 jednako dobra alternativa kao i prvo odabrana Lokcija 2.



Slika 10. Analiza osjetljivosti rezultata

Izvor: Izradio autor

2.4.2. ELECTRE metoda

ELECTRE je višekriterijska metoda analize odluka koja je nastala u Europi sredinom 1960-ih. Kratica ELECTRE potiče od ELimination Et Choix Traduisant la REalité (ELimination and Choice Expressing the REality), u prijevodu „Eliminacija i izborno predstavljanje stvarnosti“.[31]

ELECTRE metode su primjenjive kod problema odluke u situacijama sa sljedećim karakteristikama.:[32]

1. Donositelj odluke želi u model uključiti barem tri kriterija. No, procedure sastavljanja (agregiranja) su više prilagođene za modele odluka sa pet ili više kriterija (do dvanaest ili trinaest).

[30] http://odlucivanje.fon.bg.ac.rs/wp-content/uploads/Expert-Choice.pdf
[31] https://en.wikipedia.org/wiki/ELECTRE
[32] file:///C:/Users/Korisnik%20V3/Downloads/ELECTRE-S%20(3).pdf

2. Alternative su evaluirane (za barem jedan kriterij) na uobičajenoj ili intervalnoj skali. Te skale nisu prikladne za usporedbu različitosti. Stoga, teško je i umjetno definirati smislenu funkciju usporedbe za različite alternative.

3. Među kriterijima postoji snažna nejednakost vezana uz prirodu evaluacije (npr. trajanje, glasnoća, udaljenost, osiguranje, znamenitosti, itd.). To čini teškim sastavljanje (agregaciju) svih kriterija na jedinstvenoj i smislenoj skali.

4. Nadoknada izgubljenog na danom kriteriju sa dobitkom na drugom kriteriju možda nije prihvatljiva od strane donositelja odluke. Stoga, takve situacije zahtijevaju korištenje nenadoknadivog sastavljanja (agregacije) procedura.

5. Za barem jedan kriterij sljedeće je istina : male razlike evaluacije nisu značajne u terminima preferencija, dok hrpa malih razlika može biti značajna. Ovo zahtijeva uvođenje razlikovnog praga (nerazličitosti i preferencije) što dovodi to strukture preferencija sa opsežnim ne-tranzitivnim binarnim relacijama nerazličitosti.

Preferencije u ELECTRE metodama modeliraju se koristeći binarnu relaciju rangiranja S čije je značenje „barem jednako dobra kao“. Uzmu li u obzir dvije alternative a i b, moguće je dobiti četiri relacije :[33]

- aSb and not bSa, npr. aPb (a je strogo preferirana u odnosu na b).
- bSa and not aSb, npr. bPa (b je strogo preferirana u odnosu na a).
- aSb and bSa, npr. aIb (a je indiferentno b).
- Not aSb and not bSa, npr. aRb (a je neusporedivo sa b).

ELECTRE metode grade jednu ili više (crispy (hrskav), fuzzy (nejasan, zbunjen) ili embedded (ugrađen)) relacija rangiranja.

Korištenje relacija rangiranja za modeliranje preferencija dovodi do nove relacije preferencije R (neusporedivost). Ova relacija je korisna za situacije u kojima donositelj odluke nije u stanju usporediti dvije alternative.

Konstrukcija relacije rangiranja bazirana je na dva glavna koncepta :

1. Suglasnost : Da bi mogli potvrditi rangiranje aSb, većina kriterija mora biti u korist alternative a.

2. Ne-nesuglasnost : Kada je uvjet suglasnosti istinit, nijedan od malobrojnijih kriterija ne bi trebao biti previše suprotstavljen tvrdnji aSb.

Ova dva kriterija moraju biti ispunjena kako bi mogli potvrdit aSb.

[33] Ibidem

2.4.2.1 Koraci izvođenja metode ELECTRE

ELECTRE metoda je iterativan postupak koji se provodi u sljedećih devet koraka:[34]

1. Kalkulacija normalizirane matrice odlučivanja [R] - obuhvaćeni kriteriji ne moraju imati identične mjerne skale, pa se vrijednosti iz matrice normaliziraju prema sljedećem izrazu:

$$R_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^{n} x^2{}_{ij}} \quad (1)$$

2. Kalkulacija normalizirane težinske matrice odlučivanja [V] - u kojem se normalizirana matrica [R] množi s matricom težina [W] odgovarajućih kriterija prema izrazu koji slijedi:

$$V_{ij} = \mathrm{N_{ij}} \times \mathrm{W_{ij}} \quad (2)$$

3. Određivanje skupa konkordancije i diskordancije - za svaki par alternativa vrijedi (a_k, a_l), gdje je (k, l = 1, 2, ..., n), k ≠ l, a za skup indeksa kriterija J = (1, 2, ..., n) dijeli se na dva podskupa:

   - skup konkordancije C_{kl} = { J; $f_{kj} \geq f_{lj}$} za j=1,2, ..., n (gdje skup indeksa kriterija po kojima alternativa a_k nije slabija od alternative a_l)
   - skup diskordancije D_{kl} = { J; $f_{kj} < f_{lj}$} za j=1,2, ..., n (gdje skup indeksa kriterija po kojima je alternativa a_k slabija od alternative a_l)

4. Kalkulacija matrice konkordancije [c_{kl}] - elementi matrice popunjavaju se dodjeljivanjem lokalnih težina (W = {W_1, W_2, ..., W_n}) na one pozicije gdje alternativa a_k nije slabija od alternative a_l, i to prema sljedećem izrazu:

$$c_{kl} = \sum_{jCw} w \quad (3)$$

5. Kalkulacija matrice diskordancije [d_{kl}] - elementi matrice predstavljaju dominantne alternative u odnosu na druge alternative. Elementi se računaju prema sljedećem izrazu:

$$d_{kl} = \frac{\max_{j \in D_{kl}} \left| v_{kj} - v_{lj} \right|}{\max_{j \in J} \left| v_{kj} - v_{lj} \right|} \quad (4)$$

6. Kalkulacija dominacija u matrici konkordancije - faza u kojoj se određuje granična vrijednost $\underline{c}$ matrice konkordancije prema sljedećem izrazu:

[34] Orešković M.: Usporedba metoda za određivanje lokacija logističko-distribucijskih centara, Diplomski rad, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2015.

$$\underline{c} = \sum_{k=1}^{n}\sum_{l=1}^{n}\frac{c_{kl}}{n(n-1)} \tag{5}$$

Usporedbom vrijednosti svakog elementa matrice konkordancije s graničnom vrijednošću za svaki par alternativa konstruira se matrica [F]. Binarne vrijednosti svakog elementa matrice [F] utvrđuju se na sljedeći način:

$$f_{kl} = \begin{cases} 1, ako\ je\ c_{kl} \geq \underline{c} \\ 0, ako\ je\ c_{kl} < \underline{c} \end{cases} \tag{6}$$

7. Kalkulacija dominacija u matrici diskordancije - faza u kojoj se određuje granična vrijednost $\underline{d}$ matrice konkordancije prema sljedećem izrazu:

$$\underline{d} = \sum_{k=1}^{n}\sum_{l=1}^{n}\frac{d_{kl}}{n(n-1)} \tag{7}$$

Usporedbom vrijednosti svakog elementa matrice diskordancije s graničnom vrijednošću za svaki par alternativa konstruira se matrica [G]. Binarne vrijednosti svakog elementa matrice [G] utvrđuju se na sljedeći način:

$$g_{kl} = \begin{cases} 1, ako\ je\ d_{kl} \geq \underline{d} \\ 0, ako\ je\ d_{kl} < \underline{d} \end{cases} \tag{8}$$

8. Kalkulacija agregirane matrice dominacije [E] - sadrži elemente e_{kl}, koji se računaju prema izrazu:

$$e_{kl} = f_{kl} \times g_{kl} \tag{9}$$

9. Eliminiranje najslabijih alternativa izvodi se nad onim alternativama koji u svom redu imaju niz e_{kl}=0, dok je alternativa koja ima niz od e_{kl}=1 dominantna u odnosu na ostale alternative. Tada je alternativa a_l slabija od alternative a_k.

2.4.2.2. Prikaz primjera odabira lokacije RTC-a primjenom ELECTRE metode

Za odabir lokacije RTC-a primjenom metode ELECTRE razmatrati će se iste alternativne lokacije i kriteriji koji su bili korišteni primjenom AHP metode radi usporedbe krajnjih rezultata.

ALTERNATIVE

- Lokacija 1
- Lokacija 2
- Lokacija 3

KRITERIJI

- Dostupnost radne snage
- Blizina tržišta
- Broj stanovnika
- Prometna infrastruktura

Kao što je već navedeno metoda ELECTRE se izvodi u devet koraka, međutim prije provedbe istih potrebno je definirati matricu usporedbe kriterija i alternativa [X], te odrediti težine za pojedini kriterij.

Tablica 5. Usporedba kriterija i alternativa

	Dostupnost radne snage	Blizina tržišta	Broj stanovnika	Prometna infrastruktura
Lokacija 1	6	6	5	9
Lokacija 2	7	9	7	8
Lokacija 3	8	7	6	6

Izvor: Izradio autor

Vrijednosti prikazane Tablicom 4 . potrebno je uvrstiti u matricu [X]:

$$X = \begin{bmatrix} 6 & 6 & 5 & 9 \\ 7 & 9 & 7 & 8 \\ 7 & 7 & 6 & 6 \end{bmatrix}$$

Nakon što je definirana matrica usporedbe kriterija i alternativa, potrebno je odrediti težine (W) za svaki kriterij što je prikazano sljedećim izrazom:

$$W = \{W_1; W_2; W_3; W_4\} = \{6; 8; 5; 8.5\}$$

Za dostupnost radne snage odabrana je vrijednost 6, za blizinu tržišta 8, za broj stanovnika 5, te za kriterij prometna infrastrukutra odabrana vrijednost je 8.5.

Daljnji postupak se sastoji od primjene devet koraka, opisanih u poglavlju 2.4.2.1.

Prvi korak je kalkulacija normalizirane matrice odlučivanja [R] prema odgovarajućoj formuli (1):

$$R_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^{n} x^2{}_{ij}}$$

$$r_{11} = \frac{x_{11}}{\sqrt{x^2{}_{11} + x^2{}_{21} + x^2{}_{31}}} = \frac{6}{\sqrt{6^2 + 7^2 + 7^2}} = 0{,}4915$$

Prikazanim primjerom se izračunaju i ostali elementi, te se dobije normalizirana matrica odlučivanja [R]:

$$R = \begin{bmatrix} 0{,}4915 & 0{,}4657 & 0{,}4767 & 0{,}6680 \\ 0{,}5734 & 0{,}6985 & 0{,}6674 & 0{,}5946 \\ 0{,}6554 & 0{,}5433 & 0{,}5721 & 0{,}4450 \end{bmatrix}$$

Zatim se množi normalizirana matrica odlučivanja [R] s matricom težina prema navedenoj formuli (2):

$$V = R \times W$$

$$\begin{bmatrix} 0{,}4915 & 0{,}4657 & 0{,}4767 & 0{,}6680 \\ 0{,}5734 & 0{,}6985 & 0{,}6674 & 0{,}5946 \\ 0{,}6554 & 0{,}5433 & 0{,}5721 & 0{,}4450 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 6 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 8 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 8.5 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 2{,}9490 & 3{,}7256 & 2{,}3835 & 5{,}6780 \\ 3{,}4404 & 5{,}5880 & 3{,}3370 & 50541 \\ 3{,}9324 & 4{,}3464 & 2{,}8605 & 3{,}7825 \end{bmatrix}$$

Sljedeći korak je određivanje skupa konkordancije (podudarnosti) i diskordancije (razilaženja) prema izrazu:

$$c_{kl} = \{j, f_{kj} \geq f_{lj}\}\, za\ j = 1{,}2{,}3, \ldots n \quad i \quad D_{kl} = \{j, f_{kj} < f_{lj}\}\, za\ j = 1{,}2{,}3, \ldots n$$

Ako je vrijednost elementa f_{kj} veća ili jednaka vrijednosti elementa f_{lj} tada se uzima vrijednost J, u suprotnom ako je vrijednost elementa f_{kj} manja od elementa f_{lj}, vrijednost J se ne uzima u obzir i briše se.

Odnosno, za $c_{12} = \{1, c_{11} \geq c_{21}\}$ J iznosi 1 i ne uzima se u obzir zato što je vrijednost elementa c_{11} manja od vrijednosti elementa c_{21}. Nakon što se postupak primjeni na ostale elemente dobivaju se sljedeći rezultati:

$C_{12} = 4$ $\quad$ $D_{12} = 1{,}2{,}3{,}$
$C_{13} = 4$ $\quad$ $D_{13} = 1{,}2{,}3{,}$
$C_{21} = 1{,}2{,}3$ $\quad$ $D_{21} = 4$
$C_{23} = 2{,}3{,}4$ $\quad$ $D_{23} = 1$
$C_{31} = 1{,}2{,}3$ $\quad$ $D_{31} = 4$
$C_{32} = 1$ $\quad$ $D_{32} = 2{,}3{,}4$

Slijedi kalkulacija matrice podudarnosti [C] prema formuli (3):

$$c_{kl} = \sum_{jCw} w$$

Elementi matrice popunjavaju se dodjeljivanjem lokalnih težina (W = {W_1, W_2, ..., W_n}) na one pozicije gdje alternativa a_k nije slabija od alternative a_1, što je prikazano u prethodnom koraku. Nakon primjene navedene formule dobiju se sljedeći rezultati:

$$C_{12} = W_4 = 8.5$$
$$C_{13} = W_4 = 8.5$$
$$C_{21} = W_1 + W_2 + W_3 = 19$$

$$C_{23} = W_2 + W_3 + W_4 = 21{,}5$$
$$C_{31} = W_1 + W_2 + W_3 = 19$$
$$C_{32} = W_1 = 6$$

Prema izračunatim elementima formira se matrica podudarnosti [C]:

$$c = \begin{bmatrix} - & 8{,}5 & 8{,}5 \\ 19 & - & 21{,}5 \\ 19 & 6 & - \end{bmatrix}$$

Elementi matrice razilaženja [D]se računaju prema izrazu (4):

$$d_{kl} = \frac{\max\limits_{j \in D_{kl}} |v_{kj} - v_{lj}|}{\max\limits_{j \in J} |v_{kj} - v_{lj}|}$$

Za d_{12} vrijedi:

$$d_{12} = \frac{\max|v_{11} - v_{21}|; |v_{12} - v_{22}|; |v_{13} - v_{23}|}{\max|v_{11} - v_{21}|; |v_{12} - v_{22}|; |v_{13} - v_{23}|; |v_{14} - v_{24}|}$$

$$= \frac{\max(0{,}4914; 1{,}8624; 0{,}9535)}{\max(0{,}4914; 1{,}8624; 0{,}9535; 0{,}6239)} = \frac{1{,}8624}{1{,}8624} = 1$$

Ostali elementi se izračunaju prema prikazanom primjeru, i dobije se matrica razilaženja [D]:

$$d = \begin{bmatrix} - & 1 & 0{,}518 \\ 0{,}334 & - & 0{,}3869 \\ 1 & 1 & - \end{bmatrix}$$

Sljedeći korak je kalkulacija dominacija u matrici konkordancije - faza u kojoj se određuje granična vrijednost $\underline{c}$ matrice konkordancije prema sljedećem izrazu (5):

$$\underline{c} = \sum_{k=1}^{n} \sum_{l=1}^{n} \frac{c_{kl}}{n(n-1)}$$

$$\underline{c} = \frac{8{,}5 + 8{,}5 + 19 + 21{,}5 + 19 + 6}{3(3-1)} = 13{,}75$$

Vrijednosti svakog elementa matrice [F] utvrđuju se na sljedeći način (6):

$$f_{kl} = \begin{cases} 1, ako\ je\ c_{kl} \geq \underline{c} \\ 0, ako\ je\ c_{kl} < \underline{c} \end{cases}$$

Gdje je:

$$f_{12} = 8{,}5 < 13{,}75 \rightarrow 0$$
$$f_{13} = 8{,}5 < 13{,}75 \rightarrow 0$$
$$f_{21} = 19 \geq 13{,}75 \rightarrow 1$$
$$f_{23} = 21{,}5 \geq 13{,}75 \rightarrow 1$$

$$f_{31} = 19 \geq 13{,}75 \rightarrow 1$$
$$f_{32} = 6 < 13{,}75 \rightarrow 0$$

Dobiveni elementi unose se u dominantnu matricu podudarnosti [F]:

$$F = \begin{bmatrix} - & 0 & 0 \\ 1 & - & 1 \\ 1 & 0 & - \end{bmatrix}$$

Sljedeći korak je kalkulacija dominacija u matrici diskordancije. Granična vrijednost $\underline{d}$ matrice konkordancije određuje se prema sljedećem izrazu (7):

$$\underline{d} = \sum_{k=1}^{n} \sum_{l=1}^{n} \frac{d_{kl}}{n(n-1)}$$

$$\underline{d} = \frac{1 + 0{,}518 + 0{,}334 + 0{,}3869 + 1 + 1}{3(3-1)} = 0{,}706$$

Usporedbom vrijednosti svakog elementa matrice diskordancije s graničnom vrijednošću $\underline{d}$ konstruira se matrica [G]. Binarne vrijednosti svakog elementa matrice [G] utvrđuju se na sljedeći način (8):

$$g_{kl} = \begin{cases} 1, ako\ je\ d_{kl} \geq \underline{d} \\ 0, ako\ je\ d_{kl} < \underline{d} \end{cases}$$

Gdje je:

$$g_{12} = 1 \geq 0{,}706 \rightarrow 1$$
$$g_{13} = 0{,}518 < 0{,}706 \rightarrow 0$$
$$g_{21} = 0{,}334 < 0{,}706 \rightarrow 0$$
$$g_{23} = 0{,}3869 < 0{,}706 \rightarrow 0$$
$$g_{31} = 1 \geq 0{,}706 \rightarrow 1$$
$$g_{32} = 1 \geq 0{,}706 \rightarrow 1$$

Agregirana matrica dominacije [E] sadrži elemente e_{kl}, koji se računaju prema izrazu (9):

$$e_{kl} = f_{kl} \times g_{kl}$$

Za e_{12} vrijedi: $e_{12} = 0 \times 1 = 0$

Prikazanim primjerom se izračunaju i ostali elementi matrice dominacije [E], koja glasi:

$$E = \begin{bmatrix} - & 0 & 0 \\ 0 & - & 0 \\ 1 & 0 & - \end{bmatrix}$$

Eliminiranje najslabijih alternativa izvodi se nad onim alternativama koji u svom redu imaju niz e_{kl}=0, dok je alternativa koja ima niz od e_{kl}=1 dominantna u odnosu na ostale alternative. Iz prikazane matrice uočava se da je najbolja alternativa Lokacija 3 jer u svom redu ima

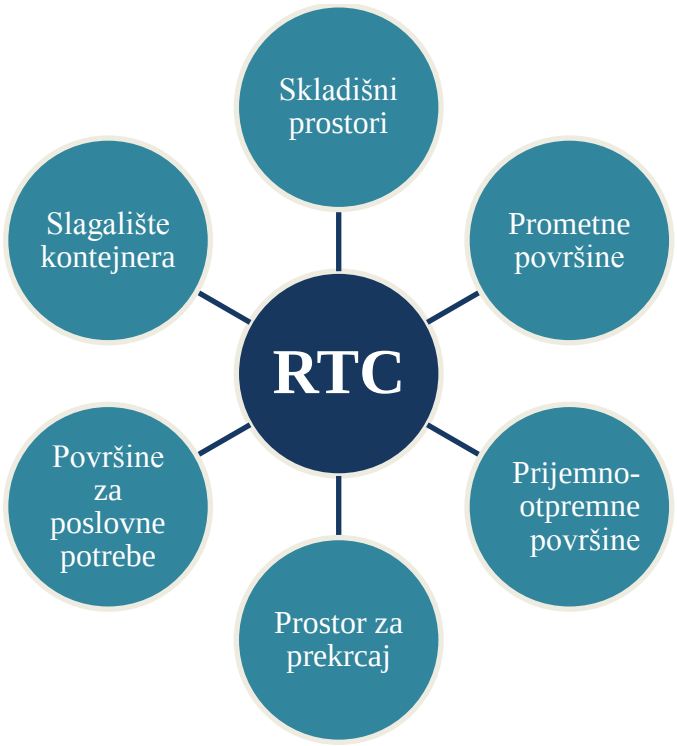
najviše jedinica, u ovom slučaju jednu,dok Lokacija 1 i Lokacija 2 u svojim redovima imaju sve nule.

Nakon primjene matematičkih metoda za odabir lokacije RTC-a na imaginarnom primjeru zaključuje se da su dobiveni rezultati različiti. Prema AHP metodi najbolja opcija za smještaj RTC-a je Lokacija 2, a prema metodi ELECTRE najbolja opcija je Lokacija 3. Navedene metode imaju različit pristup vrednovanju kriterija, stoga su rješenja i različita. Dakle, osnivač RTC-a pri odabiru lokacije istog mora u obzir uzeti razne kriterije, odrediti važnost pojedinog kriterija, te pomoću različitih računalnih i matematičkih metoda donijeti odluku o konačnoj lokaciji RTC-a.

3. DEFINIRANJE POVRŠINA ROBNO TRANSPORTNOG CENTRA

Smještaj terminala s obzirom na potrebne površine, započinje s idejom o izgradnji i traje sve dok se terminal ne izgradi. Planiranje površina terminala je neprekidan proces, koji se ne završava ni trenutku prvog osnvnog plana jer njegova ograničena provedba može imati nesagledive posljedice u daljnjem razvitku terminala.

Grafikon 1. prikazuje površine robno transportnog centra. Te površine su: skladišni prostori (pohrana raznih vrsta tereta), prometne površine koje ključuju cestovne prometnice i željezničke kolosijeke, slagalište kontejnera, površine za prihvat i otpremu prijevoznih sredstava, prostori za smještaj manipulacijskih sredstava te prostori za poslovne potrebe.



Grafikon 1. Prikaz površina RTC-a

Izvor: Izradio autor

3.1. Skladišni prostori za pohranu raznih vrsta tereta

Vrsta tereta te njegova fizička i kemijska svojstva bitno utječu na definiranje potrebnog prostora za rukovanje i skladištenje na terminalima.

Sukladno tome za definiranje potrebnog prostora nužno je poznavati faktor skladištenja tereta koji ovisi o:[35]

[35] http://www.fms-tivat.me/predavanja3god/Lucki_menadzment5.pdf

- odnosu obujma i težine tereta
- dopuštenom opterećenju skladišnih zidova
- dopuštenoj visini slaganja
- vrsti prekrcajnog sredstva
- veličini prostora potrebnog za razvrstavanje tereta
- veličini prostora potrebnog za ukrcaj i iskrcaj transportnih sredstava
- sigurnosnom prostornom faktoru.

Utjecaj faktora skladištenja na zauzetost površine različit je za pojedine vrste tereta i uvjete rada terminala, odnosno od ukupne površine terminala ovisno o vrsti tereta i tehnologiji transporta, 50% - 70% prostora odnosi se na potrebe površina za skladištenje tereta. [36]

Obzirom na vrstu tereta postoje sljedeće vrste terminala: terminali za suhe rasute terete, terminali za opasni teret, terminali za teške i vrlo teške terete, terminali za drvo i drvne prerađevine, terminali za voće i prehrambene proizvode.

3.1.1. Skladišni prostori za suhe rasute terete

Suhih rasutih tereta ima u svjetskom transportu raznih vrsta i dolaze u velikim količinama. Posljednjih 40 godina najveći je rast zabilježen u skupini pet glavnih vrsta tereta: željezne rude, ugljena, žitarica, boksita i aluminija, te sirovih fosfata. [37]

Rasuti tereti koji god dozvoljavaju smještaj na otvorenom prostoru skladište se u otvorena slagališta. Razlog nije samo manja investicija za izgradnju nego i jednostavnije rukovanje teretom pomoću snažne specijalizirane mehanizacije s visokim prekrcajnim učincima, najčešće od 500 tona do 3000 tona na sat. Na terminalu za suhe rasute terete kretanje robe je gotovo isključivo u jednom smjeru (uvozni ili izvozni terminal). Slagališni prostori u pravilu grade se s većim kapacitetom skladištenja kod uvoznih terminala.[38]Za slagališta rasutih tereta zahtijeva se velika nosivost terena tako da se može dozvoliti opterećenje od 6 – 10 tona po kvadratnom metru. Slagalište za smještaj rasutih tereta uređuje se ravnanjem zemljišta koje se betonira ili asfaltira uz drenažu oborinskih voda. U nekim slučajevima se na rubove skladišne površine postavljaju betonski zidovi protiv osipanja tereta i za povećanje kapaciteta. Neki tereti smiju se skladištiti samo u određeno vrijeme zbog sklonosti grudanju ili mrvljenju.[39]

[36] http://www.fms-tivat.me/predavanja3god/Lucki_menadzment5.pdf
[37] https://documents.tips/documents/planiranje-luka-i-terminala-nastava-xii-5622b43543e8a.html
[38] Brnjac N.: Intermodalni transportni sustavi, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2012.
[39] http://www.fms-tivat.me/predavanja3god/Lucki_menadzment5.pdf

Slika 11. Skladištenje suhih rasutih tereta

Izvor: https://www.portofrotterdam.com/en/cargo-industry/dry-bulk/biomass-handling-storage-and-distribution

Kod ukrcajnih (izvoznih) terminala obično je potrebna beskonačna traka i lijevak s vagom te neka vrsta usmjerivača tereta. Za iskrcaj suhog rasutog tereta primjenjuje se više različitih sustava, ali su najviše u upotrebi sustav grabilice (grabs), pneumatski sustav, mehanički i hidraulički neprekidni sustav transporta.[40]

3.1.2. Skladišni prostori za opasni teret

Pojam opasnih tvari vezan je za proizvode koji zbog svojih svojstava predstavljaju opasnost za život i zdravlje ljudi, za čovjekov okoliš ili za materijalna dobra. Opasnost je veća ako se tijekom skladištenja, ukrcaja, iskrcaja, transporta i sličnih manipulativnih postupaka s njima nestručno rukuje.

U svijetu je poznato oko 8 milijuna raznih kemikalija, od kojih se oko 1000 koristi svaki dan. Uz naftu, naftne derivate i ukapljene plinove najčešće su opasne tvari: eksplozivi, kiseline (solna, sulfatna, nitratno-fosforna, fluorovodična, octena i druge), lužine (natrijeva, kalijeva, amonijeva), soli (cijanidi, sulfidi, hipokloridi, kromati), elementi (klor, sumpor, cink, aluminij u prahu), druge anorganske tvari (karbidi, arsen), alkoholi (fenol, metanol, etanol, propanol, butanol, glikol), esteri (atilacetat, butilacetat, metilmetalokrilat, piralen i dr.) itd.[41]

Opasni tereti skladište se prema sljedećim kategorijama[42]:

- tvari sklone eksploziji

[40] Ibidem
[41] https://documents.tips/documents/terminali-za-prekrcaj-opasnih-tereta.html
[42] Ibidem

- tvari sklone samozapaljenju
- zapaljive tvari i one koje podržavaju gorenje
- otrovne tvari
- korozivne tvari
- radioaktivne tvari.

Kod skladištenja opasnih tereta moraju se strogo primjenjivati svi propisi koji se odnose na prihvat, rukovanje, slaganje i osiguranje smještaja robe, kao i na zaštitu ostalih uskladištenih materijala od opasnih tereta. Opasni tereti moraju biti propisno pakirani, što u mnogo slučaja znači da neke vrste ambalaže inače uobičajene u transportu i skladištenju ovdje nisu dozvoljene. U dolasku opasni tereti moraju imati u popratnim dokumentima posebnu oznaku kategorije opasnosti i prema tome se moraju podesiti postupci uskladištenja.[43]

Prema vrstama opasnih tvari, skladišta se dijele na:

¬ specijalna skladišta za opasne tvari,

¬ skladišta za opasne tekućine

¬ skladišta za kemikalije,

¬ skladišta za plinove.

Eksplozivi se skladište u skladištima propisno udaljenim od naselja i industrijskih objekata, a u priručnom skladištu se mogu čuvati točno određene količine eksploziva.

Slika 12. Prikaz skladišta ekspolziva

Izvor: http://www.rsatalke.com/

[43] Ibidem

Plinovi i opasne tekućine se skladište u hermetički zatvorenim spremnicima do 100.000 m^3. Ta skladišta mogu biti podzemna, nadzemna ili plivajuća. Zapaljive tvari moraju biti odvojene od materijala koji reagiraju sa zrakom i vodom, oksidirajućih tvari, eksploziva i slično. Moraju biti opskrbljena protupožarnom zaštitom, izgrađena od vatrootpornog materijala, s propisanom prirodnom ventilacijom itd.[44]

Slika 13. Nadzemni spremnici za skladištenje plina i opasnih tekućina

Izvor: https://nastava.sf.bg.ac.rs/pluginfile.php/5064/mod_resource/content/0/Vezbe/Microsoft_Word_-_SKLADISTENJE_TECNE_I_GASOVITE_ROBE.pdf

U nekim slučajevima biti će neophodno postojanje specijalnih skladišta za opasne terete, koja su građena po svim zahtjevima propisa skladištenja opasnih tereta. To se u pravilu odnosi upravo na terete najopasnijih kategorija. Takva skladišta obično nisu velikog kapaciteta, jer propisi ne dozvoljavaju da se osobito opasni tereti gomilaju iznad točno određenih granica. Isto tako je ograničena najveća veličina pojedinačnog komada. Svaki komad opasnog tereta mora biti vidno označen međunarodno propisanim oznakama u obliku simbola koji odmah pokazuje i vrstu opasnosti, jer o tome ovisi način rukovanja i uskladištenja.[45]

[44] http://www.prometna-zona.com/opasni-tvari-u-prometu/
[45] Ibidem

Slika 14. Primjer slaganja opasnog tereta na terminalu Tauranga, Novi Zeland

Izvor: https://www.port-tauranga.co.nz/cargo-and-shipping/dangerous-goods-information/

3.1.3. Skladišni prostori za teške i vrlo teške terete

Najčešće se kao teški tereti javljaju dijelovi industrijske opreme, veliki kotlovi, limeni spremnici, teška mehanizacija, čelične konstrukcije za mostove i hale, uređaj za kemijske tvornice, veliki transformatori, turbine za elektrane, dijelovi za nuklearna postrojenja, lokomotive, putnički vagoni i tramvajska kola, teška vojna oprema i tome slično.[46]Ove vrste tereta zahtijevaju da terminal bude odgovarajuće osposobljen i to ne samo sa dizalicama velike nosivosti nego i sa slagališnim prostorom za odlaganje tih ogromnih i teških komada. Kod toga se obično radi o dvije grupe robe vangabaritnih dimenzija. Jedna grupa su dijelovi pojedinačne težine 20 t – 100 t. Drugu grupu čine dijelovi preko 100 t koji u današnjem transportu dosežu i do 380 t pojedinačne težine.[47]

Površina slagališnog prostora je duguljastog oblika duljine 150 – 200 m i širine oko 20 m. Teških tereta nema mnogo istovremeno i navedena površina je u pravilu dovoljna. Na takvim skladištima roba se sortira po vrstama i pravcima otpreme: limovi u slogovima i balama, čelična strugotina, ljevano željezo, čelični profili, cijevi, strojni dijelovi, konstrukcije, kameni blokovi, prešani automobili itd.[48]

Ove vrste tereta se najčešće prevoze brodovima, te se u skladu s time u većini slučajeva skladište u lukama te se kasnije prevoze cestom ili željeznicom do krajnjeg odredišta.

[46]. https://www.veleri.hr/files/datotekep/nastavni_materijali/k_promet_s1/terminali_robni_tokovi_skripta.pdf
[47] Prikril B.,Božičević D.: Mehanizacija pretovara i skladištenje, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb,1987.
[48] Ibidem

Slika 15. Prekrcaj teškog tereta u luci Rijeka

Izvor: http://www.lukarijeka.hr/_Data/Galerija/37_20100419121625166.jpg

3.1.4. Skladišni prostori za drva i drvne prerađevine

Drvo i drvni proizvodi (drvne prerađevine) često se pojavljuju kao roba u transportu, koja zbog svojih fizičkih obilježja zahtijeva poseban tretman prekrcaja, skladištenja i dorade. Pod pojmom drva i drvnih proizvoda razlikuju se četiri osnovne skupine roba: tvrdo drvo,meko drvo, oblo drvo i finalni proizvodi od drva.[49] Tvrdo drvo (najčešće bukovina, hrast, jasen, grab) često se ne transportira u svom početnom obliku, već se tehnološki obrađuje što podrazumijeva piljenje, bušenje, brušenje, tokarenje, a pojavljuje se kao rezano drvo u raznim dimenzijama i skupinama pakiranja. Meko drvo (smreka, jela, bor, ariš i dr.) podliježe sličnoj vrsti prerade kao i tvrdo drvo, a na terminalima se pojavljuje kao piljeno meko drvo, koje se označava (kao i tvrdo drvo) posebnim raznobojnim oznakama po klasama kvalitete. Oblo drvo u svom prirodnom obliku predstavlja veće ili manje oblo tijelo, okruglog i ovalnog oblika. Posječeno u šumi i uz malu dodatnu obradu pojavljuje se u transportu kao posebna skupina robe pod oznakom oblo drvo. Finalni proizvodi drva najčešće su različite vrste dasaka i građevinskog materijala, te ostalih poluproizvoda i proizvoda drva. Prema načinu rukovanja u lučkom transportu razlikuje se obrađeno (rezano ili tesano) i neobrađeno (okruglo) drvo.

Lokaciju specijaliziranog terminala za prekrcaj drva potrebno je ispravno odabrati obzirom na mikroklimatske uvjete. Takvi terminali posjeduju i odgovarajuću prekrcajnu mehanizaciju velikog kapaciteta, te velike otvorene i zatvorene skladišne površine za skladištenje drva i drvnih proizvoda. Slagališta drvene građe su ravne površine s ugrađenim betonskim ili drvenim pragovima, na koje se drvo slaže, da ne trune u dodiru sa zemljom. Radi sigurnosti ostavljaju se požarni prolazi široki 7 do 10 m, a slagališne površine između njih su najmanje 2250 m^2 za neobrađeno, odnosno 825 m^2 za obrađeno drvo. Na terminalu za

[49] https://docslide.net/documents/121597996-kontejnerski-terminali1.html

prekrcaj drva i drvnih prerađevina, pored osnovnih tehnoloških operacija ukrcaja, iskrcaja i skladištenja primjenjuju se i dopunske operacije skladišne dorade drvene građe i finalnih proizvoda drva.[50]

Slika 16. Terminal za drvo i drvne prerađevine

Izvor: http://www.mit.lt/en/services/wood-terminal/

3.1.5. Skladišni prostori za voće i prehrambene proizvode

Neke namirnice se uvoze ili izvoze u sirovom ili neprerađenom stanju, te su kao takve lako pokvarljive i zahtijevaju poseban postupak prijevoza, prekrcaja i skladištenja. Takav poseban tretman zahtijevat će npr. svježe meso, riba, južno voće, vino i voćni sokovi koji nisu u bocama i posebno pakirani itd. Prijevoz, prekrcaj i skladištenje ovih lakopokvarljivih prehrambenih proizvoda ovisi o sljedećim čimbenicima: temperaturi, kvarljivosti, mogućnosti razvoja mikroorganizama, uvjetima krcanja i uskladištenja (ventilaciji, cirkulaciji zraka i dr.).[51]
U prijevozu brzopokvarljive robe uspostavlja se tzv. rashladni lanac, što predstavlja održavanje istog temperaturnog režima tijekom cijelog prijevoznog procesa.

Za prihvat i skladištenje brzopokvarljivih prehrambenih proizvoda na terminalima se izgrađuju posebna skladišta - hladnjače, najčešće prizemne konstrukcije. Ima ih različitih vrsta. Hladnjače dubokog zamrzavanja održavaju stalno temperaturu na -18° C, ali ih ima i s nižim temperaturama. Prema specifičnoj namjeni razlikuju se klaoničke hladnjače od tržišnih itd., ali za svaku je potrebno da se ostvare sljedeći tehnički uvjeti[52]:

1. Postizanje određenog režima hlađenja (zamrzavanja) dovodi prethodno rashlađeni zrak
    a) da se u prostorije hlađenja (zamrzavanja) dovodi prethodno rashlađeni zrak b) da

[50] http://docslide.net/documents/planiranje-luka-i-terminala-nastava-xi.html
[51] https://documents.tips/documents/planiranje-luka-i-terminala-nastava-xii-5622b43543e8a.html
[52] http://www.pfri.uniri.hr/knjiznica/NG-dipl.TOP/147-2013.pdf

se u prostoriju hlađenja (zamrzavanja) dovodi hladnoća ohlađenom rasolinom sustavom cijevi, dakle indirektno

b) ugradnjom isparivača u prostoriju koju treba hladiti, dakle izravno.

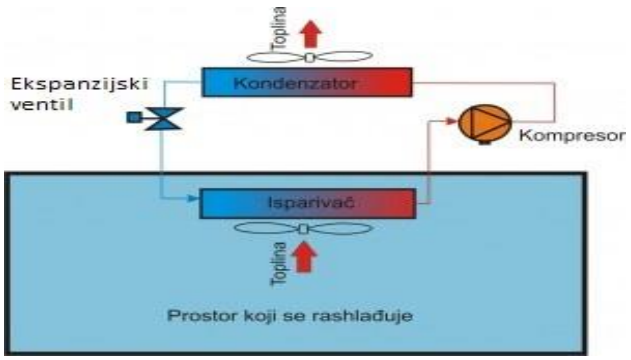
2. Automatsko reguliranje odgovarajuće relativne vlažnosti zraka u prostorijama hlađenja
3. Automatsko reguliranje cirkulacije zraka
4. Provjetravanje (ventiliranje) prostorija kojim se omogućuje obnavljanje zraka u rashladnoj prostoriji
5. Mogućnost ozonizacije, tj. periodičnog dodavanja ozona (O3) zraku, čime se ventiliraju rashladne prostorije. Ozon djeluje kao dezinficijens i produžuje održivljost namirnica.

Slika 17. Skladištenje prehrambenih proizvoda u hladnjači

Izvor: http://www.yonar.com.tr/en/Projects/Projects.asp?Pr=71

Zidovi hladnjača moraju biti što deblji i sa što manje otvora, da se postigne što bolja termička izolacija. Komore se izoliraju plutom, staklenom vunom ili drugim izolatorima. U svakoj komori mora biti predviđen uređaj za ventilaciju s prirodnim ili umjetnim strujanjem zraka. Posebnu pažnju treba posvetiti zatvaračima na otvorima koji moraju biti izrađeni od termoizolatora. Radi pravilnog dimenzioniranja veličine skladišta hladnjače, važno je naglasiti da je za čuvanje robe u ambalaži potrebno za svaki m^3 korisnog prostora oko 2 m^2 skladišnog prostora (kod visine slaganja tereta do 4 m), odnosno nešto manje, ako je visina slaganja 6 – 7 m. Ukoliko se roba pohranjuje u skladište u rasutom stanju, tj. bez ambalaže, potrebno je za 1 m^3 proizvoda oko 1,5 m^3 skladišnog prostora. Proizvodnja i održavanje hladnoće u skladištima za čuvanje pokvarljive robe je bitan dio tehnologije rada. Ona se postiže kompresorima koji se nalaze u posebnoj strojarnici, najčešće odvojenoj u omanjoj zgradi prislonjenoj uz hladnjaču. Postoje i drugi načini proizvodnje hladnoće kao što su absorpcioni uređaji, sublimacija, itd., ali se za velike hladnjače upotrebljavaju samo kompresioni procesi. Kompresori koje pokreću elektromotori, uz neki rezervni dizel agregat za slučaj nestanka električne energije, tlače plin (NH3, CO2, freon ili neki drugi) na određeni pritisak. Taj tlačni

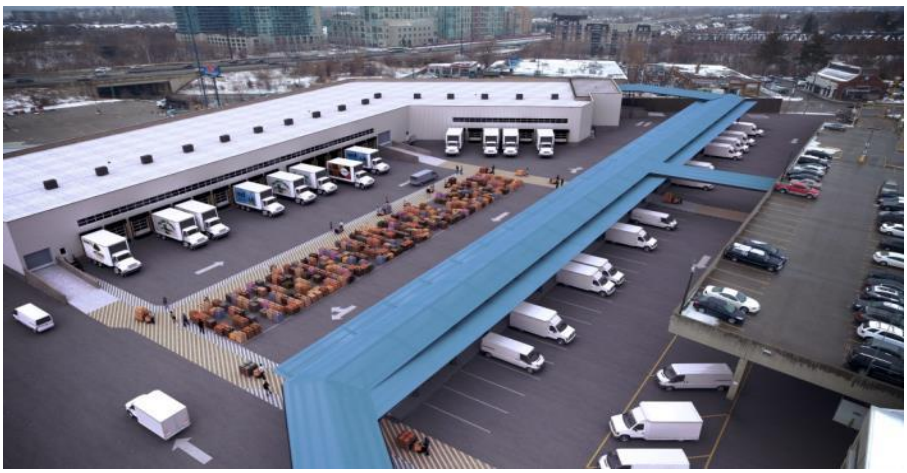
plin se nakon dovođenja na normalnu temperaturu pomoću struje vode ili zraka, pod tlakom razvodi cijevima u prostorije koje treba hladiti. U prostorijama se nalaze evaporatori, gdje tlačeni plin dolazi na normalni tlak što uzrokuje isparavanje, a time i veliko trošenje topline. Toplinu potrebnu za isparavanje evaporatori oduzimaju okolnom prostoru, odnosno skladišnim komorama i time uzrokuju hlađenje. Ekspandirani plin vraća se natrag u strojarnicu do kompresora, koji ga ponovno dovode na visok pritisak, pa se čitav postupak ponavlja u stalnom kružnom procesu.[53]



Slika 18. Osnovna shema najjednostavnijeg rashladnog pogona

Izvor: http://www.tehnologijahrane.com/enciklopedija/tehnologija-skladistenja-hladenjem

Terminali za prekrcaj južnog voća osim potrebnih skladišnih površina opremljeni su i s odgovarajućim prekrcajnim postrojenjem. Velikim napretkom kontejnerizacija veći dio južnog voća danas se prevozi frigo-kontejnerima, koji imaju mogućnost regulacije temperature od -21 stupanj do +6 stupnjeva. Prekrcaj frigo-kontejnera obavlja se na kontejnerskim terminalima, a s njima se postupa slično kao i s ostalim kontejnerima, uz obvezu da terminal na cijelom skladišnom prostoru ima osigurane električne priključke za takve kontejnere.[54]



Slika 19. Ontario food terminal u Kanadi

Izvor: http://www.oftb.com/home

[53] Dundović, Č., Hess, S.: Unutarnji transport i skladištenje, Pomorski fakultet, Rijeka, 2007.
[54] http://www.pfri.uniri.hr/knjiznica/NG-dipl.TOP/147-2013.pdf

3.2. Skladištenje kontejnera

Kontejneri se najčešće skladište na kontejnerskim terminalima. Kontejnerska skladišta su izgrađeni objekti ili pripremljeni prostori na smještaj i čuvanje kontejnera od trenutka preuzimanja do vremena njihove otpreme.

Skladišta za kontejnere dijele se u dvije skupine:[55]

1. Otvorena skladišta - slagališta

2. Zatvorena skladišta

Slagalište kontejnera kao posebna vrsta skladišta, ima svrhu da služi za prihvat tereta koji je neosjetljiv na vremenske utjecaje. Zauzima najveći dio površine suvremenih kontejnerskih terminala. To je posebna vrsta otvorenog skladišta na koje se slaže većina kontejnera koji se zadržavaju na području terminala, osim onih kontejnera koji su na popravku ili pod posebnim režimom održavanja. Suvremeni kontejnerski terminali imaju osigurane obrađene (asfaltirane) površine uz brodsko pristanište od oko 100.000 do 200.000 m^2. Slaganje kontejnera obavlja se prema unaprijed utvrđenom planu, a u skladu s odabranim kriterijima, od kojih su najčešći prema: vlasnicima kontejnera, vremenu otpreme, vrsti kontejnera, vanjskom stanju i po tome da li su puni ili prazni. Odvojeno se uvijek slažu kondicionirani kontejneri čiji uređaji za proizvodnju mikroklime trebaju biti priključeni na električnu mrežu.[56]

Slika 20.Otvoreno slagalište kontejnera u luci Rijeka

Izvor: http://www.lukarijeka.hr/hr/galerija/terminali/kontejnerski_i_ro-ro_terminal/default.aspx

[55] http://studentski.hr/system/materials/b/5df2e2acc3686488f801097777a2598c9ec849ff .zip?1439380489
[56] http://studentski.hr/system/materials/b/5df2e2acc3686488f801097777a2598c9ec849ff .zip?1439380489

Zatvorena skladišta za kontejnere su prizemne, lagane konstrukcije, opskrbljene s uređajima za vaganje robe, pregled, carinsku kontrolu i punjenje kontejnera (sustav Ladomat). DIN/ISO norma određuje maksimalnu dozvoljenu težinu po vertikali za kontejnere ukrcane jedan iznad drugoga, tj. opterećenje kontejnera. Potrebno je biti u mogućnosti složiti 6 ISO kontejnera maksimalne težine okomito jedan na drugog. Maksimalno prostorno odstupanje prilikom slaganja kontejnera može biti: po širini 24.4 mm, po dužini 38 mm. Mnogi kontejneri su konstruirani tako da se može složiti i do 10 jedinica jedan na drugog. Maksimalna visina slaganja mora biti označena na CSC (International Convention for Safe Containers) ploči. Kod standardnih kontejnera, dijelovi koji nose opterećenje su većinom napravljeni od čelika, uključujući donje rebraste elemente te elemente koji služe kao pojačanje, kao što su donje bočne spojnice.[57]

Slika 21. Zatvoreno skladište za kontejnere

Izvor: http://titancontainers.com/IE/News.aspx?newsquery=&pageNumber=7?newsId=768

3.3. Prometna infrastruktura terminala

Infrastrukturu RTC-a sačinjavaju sljedeći elementi:[58]

- Željeznička rampa, gdje vlakovi ulaze i napuštaju terminal
- Cestovna rampa, gdje kamioni ulaze i napuštaju terminal
- Kolosijeci
- Cestovne trake
- Skladišni prostor za manipulaciju

[57] Ibidem
[58] http://people.idsia.ch/~luca/modsim99.pdf

Radi lakšeg objašnjenja prometne infrastrukture RTC-a, u nastavku rada će biti opisane dvije mogućnosti:
1. Dolazak robe na terminal vlakom

2. Dolazak robe na terminal cestovnim prijevoznim sredstvima (kamionima).

Dolazak robe vlakom na terminal

Vlakovi na terminal dolaze prema unaprijed određenom vremenskom rasporedu.

Zadužena osoba na terminalu prilikom dolaska vlaka mora obaviti sljedeće radnje:[59]

1. Prihvatiti dolazni vlak

2. Usmjeriti vlak na određeni kolosijek kako bi se roba iskrcala u predviđeni skladišni prostor

3. Provjeriti koji su resursi dodijeljeni za postukpak iskrcaja

4. Započeti postupak iskrcaja

5. Nakon iskrcaja, usmjeriti vlak prema izlazu.

Prije odlaska vlaka s terminala zadužena osoba mora provjeriti s ostalim osobljem da li je roba s vlaka iskrcana na predviđeno skladišno mjesto, da li su korišteni predviđeni resursi za iskrcaj, te da li je potpuna sva potrebna dokumentacija. Najvažnija isprava u željezničkom prijevozu je CIM fr. *Contrat de transport International ferroviare des Marchandises,* odnosno Jedinstvena pravila o ugovoru u međunarodnom prijevozu robe na željeznicama, koja sadrži četiri priloga: RID (pravilnik o međunarodnom željezničkom prijevozu opasnih tvari), RIP (pravilnik o međunarodnom željezničkom prijevozu vagona korisnika prijevoza), RICo (pravilnik o međunarodnom željezničkom prijevozu kontejnera) i RIEx (pravilnik o međunarodnom željezničkom prijevozu ekspresne robe). [60]

Ukoliko su svi navedeni uvjeti ispunjeni, vlak može napustiti terminal.

Dolazak kamiona na terminal

U nastavku rada opisan je dolazak praznog kamiona na terminal koji dolazi po robu koja je došla vlakom.

Kada kamion dođe na terminal, čeka na ulaznoj rapmi dok se ne dopusti njegov ulazak.

Vezano za robu po koju dolazi kamion, postoje sljedeće situacije:[61]

1. Roba se nalazi na terminalu i zna se točno u kojem dijelu skladišnog prostora
2. Roba se nalazi na terminalu, ali se ne zna točno gdje, jer prilikom iskrcaja s vlaka nije iskrcana na predviđeno mjesto

[59] Ibidem
[60] Ivaković Č.,Stanković R., Šafran M.: Špedicija i logistički procesi, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2010.
[61] Ibidem

3. Roba uopće nije na terminalu

U prvom slučaju, djelatnik koji se nalazi na ulaznoj rampi kontaktira skladišne radnike, te usmjerava kamion na odgovarajući skladišni prostor. Zatim kamion ide na previđeno mjesto za ukrcaj te ukrcava robu.

U drugom slučaju, ukoliko tražena roba nije na predviđenom skladišnom mjestu, provjerava se da li je još ne iskrcana na vlaku. Proučavanjem literature se spoznalo da je to najčešći razlog „ne pronalska" robe. Nakon potrebnih provjera, kamion se usmjerava na platformu gdje se nalazi vlak. Radnici terminala osiguravaju potrebnu prekrcajnu mehanizaciju da bi se roba mogla prebaciti s vlaka na kamion. Nakon ukrcaja robe, kamion napušta terminal.

Konačno, u trećem slučaju, ako roba nije na terminalu to znači da je u dolasku na vlaku. U ovoj situaciji kamion čeka dolazak vlaka te se kasnije obavljaju prethodno opisane operacije.

Nakon ukrcaja robe, vozilo napušta terminal. Pri tome, najvažniji dokument kojim se obavlja cestovni prijevozni je CMR. CMR fr. *Contrat de transport international de Marchandides par Route, Contrat de transport international de Marchandides par Route,* Konvencija o ugovoru za međunarodni prijevoz robe, donesena 1956. godine u Ženevi. [62] Svaki transport u međunarodnom cestovnom prijevozu robe mora imati CMR. Nakon odrađenog transporta CMR se šalje nalogodavcu kao dokaz o obavljenom prijevozu.

3.4. Definiranje ostalih prostora na terminalu

Osim navedenih prostora postoje i sljedeći prostori koji zauzimaju površinu terminala.[63]:

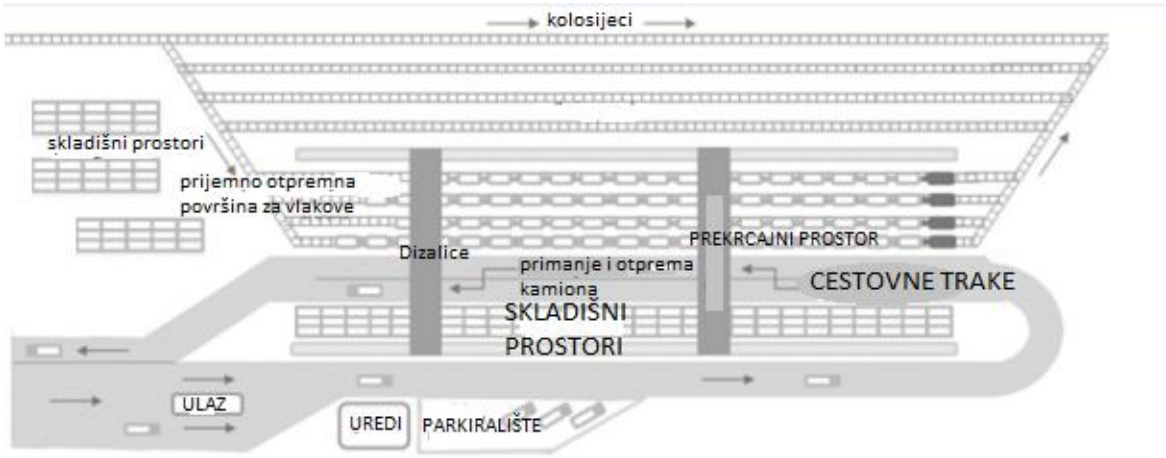
- prostor za prekrcaj širine 30 – 50 metara na kojem su kontejnerske dizalice i kolosijeci, koji zauzima 10% ukupne površine
- prostor za primanje i otpremu transportnih sredstava koji obuhvaća 23% ukupne površine
- prijemno – otpremne površine koje služe za ukrcaj i iskrcaj kontejnera, a zauzimaju oko 7% ukupne površine
- prostor za servisne funkcije koji se sastoji od parkirališta osobnih automobila, garaža, radničkih trgovina, skladišta alata i opreme, inspekcije, carine i uredskih prostora, a obuhvaća 5% ukupne površine.

Osim navedenog, kontejnerski terminal zahtijeva i odgovarajuće prostore za: ranžiranje željezničkih vagona, pregled i popravak oštećenih kontejnera, postrojenja za vaganje, prostor za vozače itd.[64]

Navedene površine su prikazane slikom 22. Vidljivo je da su kolosijeci i cestovne trake paralelni, te da su odvojeni ulazi za cestova prijevozna sredstva i željezničke vagone. Na sredini terminala su postavljena sredstva prekrcajne mehanizacije. Uredi i parkiralište su

[62] Ivaković Č.,Stanković R., Šafran M.: Špedicija i logistički procesi, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2010.
[63] http://documents.tips/documents/kontejnerski-term.html
[64] Ibidem

smješteni iza ulaza za cestovna vozila. Prostori za privremeno skladištenje tereta su smješteni pored prijemno otpremnih površina, dok se skladišta za dugotrajnu akumulaciju tereta nalaze na odvojenom prostoru.



Slika 22. Površine RTC-a

Izvor: Huelsz P. Adriana: Capacity factors in intermodal roadrail terminals, Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden 2015.

4. MATEMATIČKI PRIKAZ ODREĐIVANJA POVRŠINA I KAPACITETA RTC-A

Jedna od najznačajnijih prednosti kontejnerskoga prometa je okrupnjavanje tereta u jednu prijevoznu jedinicu, što je dovelo do značajnoga smanjenja transportnih troškova, odnosno omogućilo je razmjenu roba između svih dijelova svijeta. Jednako tako, razvoj kontejnerskoga prometa je omogućio razvoj multimodalnoga prometa, odnosno međusobnoga povezivanja različitih oblika prijevoza pa je time omogućen prijevoz tereta po sustavu od vrata do vrata.[65] Stoga se u ovom poglavlju razmatra kapacitet kontejnerskog terminala kao najzastupljenijeg oblika prijevoza tereta. Također, intermodalni prijevoz tereta kao posljedica sve većih zahtjeva opskrbnih lanaca predstavlja sadašnjost i budućnost prometnog sustava te kao takav mora razmatrati robno transportne centre koji imaju mogućnost prihvata kontejnera.

Kapacitet terminala predstavlja ukupni volumen tereta koji se može uskladištiti na terminalu.[66] Kapacitet kontejnerskog terminala ovisi o vrsti, broju i veličini kontejnera koje treba manipulirati, kao i o broju ukrcaja – iskrcaja po satu, ili po danu. Ovi parametri određuju veličinu skladišta, broj skladišta, broj željezničkih pruga, tip i broj opreme za rukovanje teretom, kao i ukupnu duljinu i širinu cestovnih traka na terminalu.[67]

Metodologija utvrđivanja pojedinačne veličine i kapaciteta kontejnerskog terminala koristi se u planiranju, programiranju i projektiranju novih terminala. Izgradnja dodatnih elemenata i rekonstrukcija terminala ili uvođenje nove opreme za rukovanje također zahtjeva ponovni izračun i simulaciju aktivnosti pod novim uvjetima kako bi se izbjegla "uska grla" ili pretjerano ulaganje bez postizanja odgovarajućih efekata.

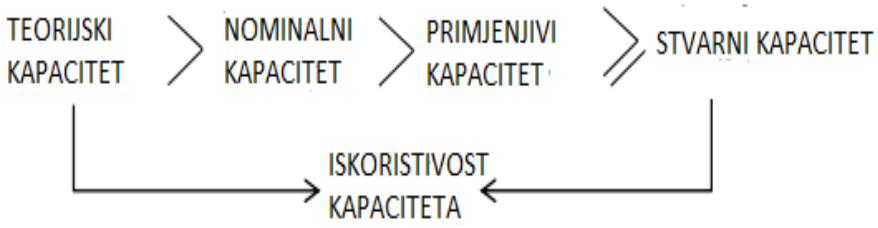
Proučavanjem literature utvrđeno je da različiti autori klasificiraju kapacitete na različite načine. Na primjer, Slack et.al. (2013, str. 324) klasificira kapacitet kao teorijski kapacitet, primjenjivi kapacitet i učinkoviti kapacitet, dok Brown et.al. (2013, str. 398) navodi samo primjenjivi i učinkoviti kapacitet. S druge strane, Jonsson (2008, str. 309) dijeli kapacitet na teorijski maksimani, nominalni i neto kapacitet.[68]

Općenito, teorijski kapacitet se odnosi na maksimalni kapacitet pri idealnim uvjetima i neprekidnim operacijama.

Za nominalni kapacitet i primjenjivi kapacitet se pretpostavlja da su to ekvivalentni pojmovi, koji se odnose na maksimalni kapacitet pretpostavljajući idealne uvjete, ali uzimajući u obzir stvarna vremena rada. Brown i Slack slažu se da učinkoviti kapacitet obuhvaća najveći protok tereta te uključuje vremenske gubitke, planirane i neplanirane. Jonsson navodi da definicija neto kapaciteta odgovara učinkovitoj sposobnosti: "kapacitet se definira kao raspoloživost tvrtki za obavljanje planiranih proizvodnih aktivnosti", i uključuje planirane i neplanirane gubitke vremena. Primjenjivi kapacitet McNair i Richard

[65] Rožić T.: Optimizacija sustava pohrane kontejnera na pozadinskim terminalima, Doktorski rad, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2014.
[66] https://www.collinsdictionary.com/dictionary/english/terminal-capacity
[67] file:///C:/Users/Korisnik%20V3/Downloads/1104-2033-1-SM.pdf
[68] http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/224972/224972.pdf

Vangermeersch (1998, str. 28) definiraju kao razinu proizvodnje općenito dostupnu procesom.[69]



Slika 23. Veze između različitih vrsta kapaciteta

Izvor: Huelsz P. Adriana: Capacity factors in intermodal roadrail terminals, Chalmers University of Technology, Gothenburg, 2015.

Na slici 17. se može uočiti da se stvarni kapacitet odnosi na iznos koji je stvarno proizveden u određenom vremenskom razdoblju te je jednak učinkovitom kapacitetu ukoliko je potražnja veća od primjenjivog kapaciteta. Način na koji se proizvodni potencijal koristi može se mjeriti s dva faktora, iskoristivost kapaciteta i učinkovitost. Iskoristivost kapaciteta odnosi se na omjer stvarnog i teorijskog kapaciteta, dok je učinkovitost omjer stvarnog i primjenjivog kapaciteta.

U nastavku rada će biti opisane analitičke i simulacijske metode koje služe za proračun kapaciteta cestovno-željezničkog terminala.

4.1. Analitičke metode za izračun kapaciteta RTC-a

Analitičke metode mogu se koristiti kad god je potrebno brzo, jednostavno određivanje kapaciteta. Koriste se za usporedbu potražnje i kapaciteta najčešće na godišnjoj razini. Također, koriste se u kombinaciji sa simulacijskim metodama pri planiranju izgradnje novih terminala kako bi se utvrdilo koliko je određenih resursa potrebno.

U ovom poglavlju će biti analizirano nekoliko metoda za proračun kapaciteta od strane različitih autora. Ove metode se zasnivaju na različitim formulacijama i omogućuju lakše shvaćanje kapaciteta i čimbenika koji utječu na kapacitet.

4.1.1. Statički i dinamički kapacitet

Prema Č. Ivakoviću proračun kapaciteta terminala se računa kao statički i dinamički kapacitet.

[69] Ibidem

Statički kapacitet terminala je maksimalan broj kontejnera koji se u određenom vremenskom razdoblju mogu smjestiti na trake za privremeno odlaganje. Statički kapacitet se može računati po sljedećoj formuli[70]:

$$N_k = \frac{n \cdot l \cdot y}{L_k} \quad (10)$$

N_k – maksimalan broj kontejnera koji se u određenom vremenskom razdoblju mogu smjestiti na trake

n – broj traka za slaganje kontejnera pomnožen s brojem razina

l – dužina trake za odlaganje kontejnera

y – koeficijent iskorištenja trake po dužini

L_k – dužina kontejnera

Statički kapacitet ovisi o[71]:

- broju traka za slaganje i razinama slaganja
- dužini slagališne trake i vrstama kontejnera
- koeficijentu iskoristivosti trake po dužini (za ISO kontejnere je širina uvijek ista i iznosi 2,438 mm)

Dinamički kapacitet terminala je propusna sposobnost terminala određena kapacitetom dizalice i veličinom skladišta kontejnera. Za izračunavanje ovoga parametra koristi se teorija masovnog usluživanja[72]:

$$P_s = m \times P_n \quad (11)$$

P_s - propusna sposobnost, odnosno dinamički kapacitet terminala

m – planirani broj TEU (Twenty-foot equivalent unit) jedinica

P_n – vjerojatnost da za vrijeme rada terminala *(t)* bude obrađeno *n* kontejnera odnosno korisnika

$$P_s = Q \times P_n \text{ tona/godina} \quad (12)$$

Q – količina tereta u kontejnerima koja se skladišti na odlagalištu

[70] Č. Ivaković: Metodologija odredivanja veličina kontejnera i izmjenjivosti kontejnera u terminalu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 1996.
[71] Ibidem
[72] Ibidem

4.1.2. Proračun kapaciteta obzirom na podsustav vlakova i prekrcajne opreme

S. Nocera definira kapacitet terminala kao maksimalnu količinu jedinica izmanipuliranu u određenom vremenskom razdoblju. Kontejneri se smatraju jedinom vrstom transportnih jedinica mjerenim u TEU jedinicama.[73] Prema navedenom autoru ograničavajući čimbenik je to da su interakcije između podsustava zanemarene te se pri proračunu ukupnog kapaciteta moraju uzeti u obzir svi podsustavi.

Podsustavi su klasificirani kao[74]:

1. Podsustav cestovnih vozila
2. Podsustav vlakova
3. Podsustav prekrcajne opreme
4. Skladišni podsustavi

Formulacije za proračun kapaciteta vlakova i kolosijeka

$$C_R = N \times C \times n \times t \times f \left[\frac{TEU}{god.}\right] \quad (13)$$

$$C = c_{18} \times n_{18} + c_{25} \times n_{25} \left[\frac{TEU}{vlaku}\right] \quad (14)$$

$$n = \frac{t}{t_a + t_b + t_c + t_d + t_e} \quad (15)$$

Gdje je:

C_R = kapacitet kolosijeka

N = broj željezničkih tračnica

C = kapacitet vlaka

n = broj vlakova

t = broj radnih dana godišnje

c_{18}, c_{25} = broj vagona dugih 18 i 25 m

f = koeficijent za pokrivanje praznih jedinica

t_a = vrijeme između dolaska i iskrcaja

t_b = vrijeme iskrcaja

t_c = ukupno vrijeme čekanja za odlazak s terminala

t_d = vrijeme polaska

t_e = vrijeme koje protekne između dolaska vlakova

[73] Huelsz P. Adriana: Capacity factors in intermodal roadrail terminals, Chalmers University of Technology, Gothenburg, 2015.

[74] Ibidem

Formulacije za proračun kapaciteta prekrcajne opreme

$$C = C_{sc} + C_m \left[\frac{TEU}{god}\right] \quad (16)$$

$$C_{sc} = n_{sc} \times N_m \times t_d \times t_y \quad (17)$$

$$C_{mc} = U \times n_{mc} \times N_m \times t_d \times t_y \quad (18)$$

Gdje je:

C = kapacitet prekrcajne opreme

C_{sc} = kapacitet portalnog prijenosnika

C_m = kapacitet mobilnih dizalica

n_{sc} = broj portalnih prijenosnika

n_{mc} = broj mobilnih dizalica

N_m = broj dizanja u satu

U = iskoristivost mobilnih dizalica

4.1.3. Određivanje kapaciteta proračunom broja kolosijeka i dizalica

Lee, Jung, Kim, Park i Seo na konferenciji „Simulacijska studija za projektiranje željezničkog terminala“ koja je održana 2006. godine navode da su najvažniji parametri pri proračunu kapaciteta broj kolosijeka i broj dizalica. Pomoću ovih parametara se može odrediti optimalan kapacitet terminala, odnosno određeni broj TEU jedinica koje terminal može zaprimiti.[75]

Formulcija za proračun broja potrebnih dizalica

$$Nd = \frac{D_C \times f_p}{C\prime \times W_d \times W_y} \quad (19)$$

$$D_c = \frac{D_{TEU}}{f_{TEU}} \quad (20)$$

$$C' = C \times U \quad (21)$$

Gdje je:

Nd = potreban broj dizalica

W_d = broj radnih sati

[75] http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/224972/224972.pdf

W_y = broj radnih dana

D_c = broj ukrcanih/iskrcanih kontejnera godišnje

D_{TEU} = broj zahtjeva za korištenje dizalice [TEU]

F_{TEU} = faktor koji utječe na pretvorbu kontejnera u TEU jedinice

C = kapacitet dizalice

C´ = efektivni kapacitet dizalice

U = iskoristivost dizalice

Formulcija za proračun broja potrebnih kolosijeka

$$n = n_t \times \frac{t}{W_d} \tag{22}$$

$$n_t = \frac{D´_c}{c_t} \tag{23}$$

$$D´_c = \frac{D_c \times f}{W_y} \tag{24}$$

$$c_t = NR \times 2 \tag{25}$$

$$t = \frac{c_t \times}{f_{TEU}} + t_l \tag{26}$$

Gdje je:

n = broj potrebnih kolosijeka

n_t = broj dolazaka vlakova u danu

D´c = broj ukrcanih/iskrcanih kontejnera u danu

c_t = kapacitet vlaka

t = potrebno vrijeme da se obavi ukrcaj/iskrcaj jednog vlaka

NR = prosječan broj vagona

t_l = potrebno vrijeme za obavljanje radnjih vezanih uz lokomotivu

4.2. Simulacijske metode za proračun kapaciteta RTC-a

Simulacija je proces rješavanja realnih problema izvođenjem eksperimenata na simulacijskom modelu. Realni sustavi ili pojave oponašaju se simulacijskim modelom u svrhu ispitivanja, odnosno izvođenja zaključaka o njihovom funkcioniranju.[76]

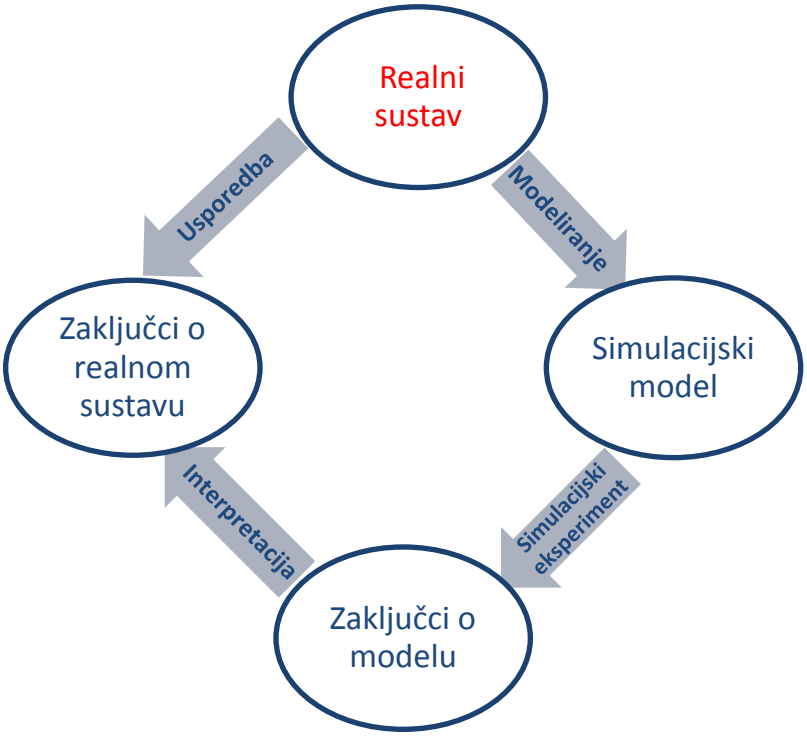
Simulacijski proces koristi računalne alate za rješavanje sofisticiranih računanja i stohastičkih modela.[77]Stohastički modeli su modeli čije ponašanje nije potpuno predvidljivo, sljedeće stanje nije određeno prethodnim, nego nastupa s određenom vjerojatnošću. Suprotno od stohastičkih modela, ponašanje determinističkih modela je potpuno predvidljivo, odnosno sljedeće stanje modeliranog sustava je određeno je prethodnim stanjem. [78]

Simulacijski pristup koristi opće alate za simulaciju, kao što su AweSim, Minitab i Arena. [79]

Postupak simulacijskog modeliranja općenito uključuje sljedeće elemente: [80]

1. Realni sustav
2. Analiza i modeliranje
3. Simulacijski model
4. Simulacijski eksperiment
5. Zaključci o modelu
6. Interpretacija
7. Zaključci o realnom sustavu
8. Usporedba realnog sustava i modela

[76] Stanković R. : Nastavni materijali iz kolegija Osnove simulacija u prometu i logistici, Faklutet prometnih znanosti, Zagreb, 2017.
[77] https://link.springer.com/article/10.1007/s40534-015-0069-z
[78] Stanković R. : Nastavni materijali iz kolegija Osnove simulacija u prometu i logistici, Faklutet prometnih znanosti, Zagreb, 2017.
[79] https://link.springer.com/article/10.1007/s40534-015-0069-z
[80] Stanković R. : Nastavni materijali iz kolegija Osnove simulacija u prometu i logistici, Faklutet prometnih znanosti, Zagreb, 2017.



Grafikon 2. Postupak simulacijskog modeliranja

Izvor: Izradio autor prema Stanković R. : Nastavni materijali iz kolegija Osnove simulacija u prometu i logistici, Faklutet prometnih znanosti, Zagreb, 2017.

Grafikonom 2. je prikazan postupak simulacijskog modeliranja. Prvi korak je promatranje i proučavanje realnog sustava te prikupljanje podataka o relanom sustavu. Pomoću prikupljenih informacija i podataka o realnom sustavu se izrađuje model primjenom računalnog simulacijskoga programa koji, kad je jednom razvijen, omogućuje vrlo brzo, jeftino i efikasno izvođenje simulacijskih eksperimenata. Rezultate dobivene simulacijskim eksperimentiranjem je potrebno interpretirati i primijeniti na sam realni sustav koji je predmet proučavanja.

4.2.1. Projekt PLATFORM

Alat za simuliranje intermodalnih terminala razvili su Rizzoli, Fornara i Gambardella u projektu Platform. Cilj ovog projekta je simulacija cestovno - željezničkih terminala kako bi se utvrdio utjecaj različitih tehnologija i upravljanja na razvitak intermodalnih terminala. Motivacija za ovu studiju je bila zabrinutost da postojeća infrasruktura terminala neće biti dovoljna za prihvat budućeg rasta intermodalnih tokova.[81]

Prilikom simulacije terminala, modelirani su sljedeći procesi:[82]

- Dolazak kontejnera cestovnim prijevoznim sredstvima

[81] http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/224972/224972.pdf
[82] Ibidem

- Dolazak kontejnera vlakom
- Odlazak kontejnera vlakom
- Odlazak kontejnera cestovnim prijevoznim sredstvima

Ovi procesi uključuju operacije ukrcaja i iskrcaja, kao i privremeno skladištenje.

Pilikom modeliranja dolaska intermodalnih transportnih jedinica kamionom u odnosu na odlazni vlak, postoje tri slučaja:[83]

1. ITU (Intermodal transport unit – intermodalna transportna jedinica odnosno TEU) dolazi prije zadanog roka
2. ITU dolazi točno na vrijeme
3. ITU kasni u odnosu na zadani rok

Ovisno o slučaju vozilo se šalje na parkiralište ili skladišni prostor. Ako teret stiže kasnije u odnosu na zadani rok ukrcava se na drugi vlak.

Vrijeme koje je potrebno da se obradi jedna ITU jedinica izračunato je kao prosječno vrijeme koje je potrebno da dizlica dođe na prekrcajni prostor.

Parametri koje je potrebno podesiti prilikom simulacije su:[84]

Parametri vremena

- Trajanje simulacije
- Specifikacije radnih smjena
- Raspored dolaska/odlaska vlakova
- Raspored dolaska/odlaska kamiona
- K parametar koji se odnosi na količinu sati potrebnih za odlazak s terminal

Parametri strukture terminala

- Broj i kapacitet perona, parkirališta i skladišnih prostora
- Izvedba željezničke pruge koja uključuje broj kolosijeka na svakom peronu
- Broj, vrsta i kapacitet prekrcajne opreme
- Broj aktivnih prekrcajnih sredstava u svakoj smjeni
- Izvedba cestovne infrastrukture

Iz navedenog se može zaključiti da se ova simulacija može koristiti za proračun kapaciteta intermodalnih terminala. U idealnim uvjetima da cestovna prijevozna sredstva i vlakovi stižu

[83] Ibidem
[84] http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/224972/224972.pdf

na vrijeme postojeći kapacitet terminala će biti dovoljan. Međutim u slučaju kašnjenja vozila, potreban je veći skladišni prostor za pohranu ITU jedinica, samim time potreban je veći broj i kapacitet prekrcajne opreme, broj cestovnih i željezničkih traka, veći broj radnika na terminalu. Ukoliko dođe do navedene situacije potrebno je primjeniti simulacijske metode i usporediti stvarnu situaciju sa simulacijskim modelom. Nakon provedenih analiza i usporedbi se može zaključiti iz kojih razloga se pojavljuju uska grla i odrediti elemente terminala čiji kapacitet je potrebno povećati.

4.2.2. Primjena simulacijskog modeliranja pri planiranju hub terminala

I. Bontekoning u svojoj doktorskoj disertaciji objašnjava simulacijske metode za modeliranje rada hub terminala, manevarskih prostora i cestovno - željezničkih terminala. Cilj rada je utvrditi nove mogućnosti razvoja hub terminala koji se smatraju rješenjem za intermodalni transport. Hub terminali omogućuju opsluživanje niskovolumnih ruta, nude veću učestalost usluga i konkurentni su cestovnom prijevozu na kraćim udaljenostima.[85]

Modeliranje je provedeno temeljem teorije čekanja i korištenjem simulacijskog programa Arene. Budući da je projekt usmjeren planiranju novog hub terminala, elementi cestovno - željezničkog terminala su pojednostavljeni. Odnosno, model ne razmatra sustav cestovnog prijevoza, tako da jedinice koje dolaze na terminal vlakom i odlaze vlakom, a ne cestovnim prijevoznim sredstvima.

Prema Bontekoning, komponente modela su sljedeće:[86]

- Duljina vlakova
- Vrsta vuče
- Vrsta i veličina vagona i teretnih jedinica
- Broj vagonskih skupina
- Količina teretnih jedinica po vlaku
- Redoslijed iskrcaja teretnih jedinica
- Raspored dolazaka
- Raspored odlazaka

Glavni resursi koji je potrebno razmotriti su:[87]

- Vrsta i dimenzije infrastrukture
- Vrsta i količina prekrcajne opreme

Glavni pokazatelji dobiveni iz programa Arena:[88]

- Ukupno vrijeme zadržavanja vlakova i vagona na terminalu

[85] http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/224972/224972.pdf
[86] Ibidem
[87] Ibidem
[88] http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/224972/224972.pdf

- Ukupno vrijeme potrebno za obradu vlakova (vrijeme koje vlakovi provedu na terminalu)

Modeliranje dolaska vlakova svrstava se u deterministički model iz razloga što raspored dolazaka vlakova sadrži vrijeme dolaska, količinu teretnih jedinica te broj vagona. Dimenzije infrastrukture, pozicija vlakova i vagona te pozicija jedinica na skladištu nisu modelirani izravno, već su izraženi kroz uslužno vrijeme distribucije poslužitelja. Infrastrukturni elementi su modelirani kao redovi. Skladišni prostori se smatraju redovima neograničenog kapaciteta.

Pretpostavke modela su sljedeće:

- Veličina i vrsta teretnih jedinica nije modelirana, već je neizravno navedena kao broj TEU-a po vagonu
- Svaki vlak je jednake nosivosti, odnosno može podnijeti jednaku količinu tereta
- Odlazak vlakova je modeliran pomoću prekrcajnih aktivnosti, odnosno kad je određena količina tereta ukrcana te su završene sve prekrcajne aktivnosti, vlak može napustiti terminal
- Za prekrcajne aktivnosti se koriste pokretne dizalice te se pretpostavlja da mogu izmanlipulirati bilo koju vrstu tereta

4.3. Kombinacija analitičkih i simulacijskih metoda

Uz analitičke i simulacijske pristupe, kombinirana analitičko - simulacijska metoda također može biti korištena za utvrđivanje kapaciteta RTC-a.

Metode u analitičkom pristupu su fleksibinije prilikom izrade novih aspekata i pravila. S druge strane simulacijske metode omogućuju ažuriranje ulaznih podataka te eksperimentiranje na postojećem sustavu s ciljem pronalska optimalnog rješenja.

Kombinirana analitičko – simulacijska metodologija koristi prednosti i tehnike obiju metoda, kao što je vidljivo Grafikonom 3.[89] Rezultate dobivene matematičkim putem je potrebno usporediti s rezultatima simulacijskih metoda. Nakon usporedbe rezultata, dobivene podatke o potrebnom kapacitetu je potrebno primjeniti na relani sustav. Ukoliko je potrebno, rezultati se moraju modificirati s ciljem pronalska optimalnog kapaciteta robno transportnog centra. Postupak se ponavlja dok se ne pronađe prihvatljiv skup alternativa.

[89] https://link.springer.com/article/10.1007/s40534-015-0069-z

Grafikon 3. Osnovni dijagram analitičko simulacijskih metoda pri proračunu kapaciteta

Izvor: Izradio autor

Postoje razni načini kombiniranja simulacijskih i analtičkih metoda. Primjerice, izrada osnovnog rasporeda dolaska vlakova na terminal kroz simulaciju, te nakon toga izrada rasporeda analitičkim metodama.[90]

Drugi primjer gdje se mogu primjeniti analitčko – simulacijske metode je kod proračuna kapaciteta RTC-a. Prvi korak je proračun kapaciteta i potrebnih resursa analitičkim metodama. Zatim je potrebno dobvene rezultate modelirati pomoću simulacijskih alata kako bi se ispitalo da li su rezultati analitičkih proračuna primjenjivi na realnom sustavu. Simulacijskim alatima se mogu mijenjati ulazni podaci dok se ne dobije najbolje rješenje, odnosno optimalan kapacitet RTC-a.

4.4. Matematički prikaz određivanja površina RTC-a

Veličina skladišnog prostora, kapacitet skladišnog prostora, broj kolsijeka, površina slagališta za kontejnere te ostali elementi terminala su čimbenici koji utječu na kapacitet RTC-a, što se može zaključiti iz prethodnih poglavlja. Stoga, prilikom planiranja novih terminala važno je napraviti i proračun navedenih površina.

Proračun veličine površina za pohranu raznih vrsta tereta

Skladišna površina je determinirana potrebama masovnog sadržaja, volumenskog sadržaja i površine slagališta. Određivanje potrebne slobodne skladišne površine A_b izvodi se na temelju prethodno utvrđene korisne (neto) površine A_k prema izrazu:[91]

$$A_b = \frac{A_k}{K_k} \times K_b \ [m^2] \qquad (27)$$

Pri čemu je:

A_b – slobodna površina skladišta, m²

[90] Ibidem
[91] Dundović Č., Kesić B.:Tehnologija i organizacija luka, Pomorski fakultet, Rijeka 2001.

A_k – korisna površina skladišta, m²

K_k – stupanj korisne površine skladišta

K_b – stupanj slobodne površine skladišta

Korisna površina skladišta *Ak* za slaganje tereta određuje se prema izrazu:[92]

$$A_k = \frac{G_t}{q} \; ili \; A_k = \frac{V_u}{V_s} \tag{28}$$

Gdje je:

A_k – korisna površina skladišta, m²

G_t – težina uskladištenog tereta, kN

q – dozvoljeno opterećenje poda skladišta, kN/m²

V_u – volumenski sadržaj tereta, m³

V_s – dozvoljeni obujam po jedinici površine skladišta, m³/m²

Korisnu skladišnu površinu potrebno je uvećati za oko 40%, da se zadovolje i ostale potrebe skladišta, kao što su putni prolazi, uredski prostori i ostale namjene. Skladišne su potrebe definirane kapacitetom skladišta koji je teorijska ili hipotetička veličina pretpostavljena uvjetom da se cjelokupan proces skladištenja odvija s maksimalnim mogućnostima.

Teorijski prometni kapacitet skladišta može se odrediti pomoću izraza:[93]

$$Q_t = \frac{365 \times A_k}{A_o \times T_d \times Y} \tag{29}$$

Pri čemu je:

Q_t – teorijski godišnji kapacitet skladišta, t

A_k – korisna površina skladišta m²

A_o – prosječna površina po jedinici tereta, m²/t

T_d – prosječno vrijeme zadržavanja tereta u skladištu, dana

Y – udio iskorištenja površine skladišta za smještaj tereta (Ak/Au)

Stvarni kapacitet skladišta je niži od teorijskog, jer gotovo nikad nisu ispunjeni svi pretpostavljeni uvjeti. Stvarni kapacitet skladišta može se dobiti s izrazom:[94]

$$Q_{st} = Q_t \times K_a \tag{30}$$

[92] Ibidem
[93] Ibidem
[94] Ibidem

Pri čemu je:

Q_{st} – stvarni godišnji kapacitet skladišta, t

K_a – koeficijent fonda radnih dana u godini ($0<K_a<1$)

Kod spremnika (rezervoara) koji se upotrebljavaju za skladištenje tekućina i plinova, veličinu skladišta definira volumen skladišnog prostora *Z* koji se izračunava iz obrasca:[95]

$$Z = \frac{D^2 s\pi}{4} \times H_s \ [m^2] \tag{31}$$

Gdje je:

D_s – promjer spremnika,

H_s – visina spremnika (umjesto H_s, tj. visine uspravnog valjka može se staviti L_S, duljina ležećeg rezervoara)

Površina koja je potrebna za skladištenje kontejnera računa se prema sljedećem izrazu:[96]

$$P = P_L + P_{Ko} + P_O \tag{32}$$

Gdje je:

P_L – područje potrebno za skladištenje kontejnera od 10, 20, 30 i 40 stopa

P_{Ko} – područje potrebno za smještaj manipulativne opreme

P_o – područje za smještaj ostalih objekata na terminalu

Proračun potrebnog broja kolosijeka

Potreban broj kolosijeka na kontejenrskom terminalu robno - transportnog centra računa se po sljedećoj formulaciji[97]:

$$n_k = \frac{N_{ot} \cdot t_{ot}}{a \cdot T_r} \tag{33}$$

n_k – potreban broj kolosijeka za otpremu kontejnerskih vlakova

N_{ot} – broj vlakova koji se otpremaju

t_{ot} – zauzetost kolosijeka jednim vlakom u otpremi

a – koeficijent vremenskog iskorištenja kolosijeka

T_r – radni vremenski period otpremanja vlakova

[95] Dundović, Č.,Kesić B.: Tehnologija i organizacija luka, Pomorski fakultet, Rijeka, 2001.
[96] Ivaković Č.: Metodologija određivanja veličina kontejnera i izmjenjivosti kontejnera u terminalu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 1995.
[97] Dundović Č. :Lučki terminali, Pomorski fakultet, Rijeka, 2002.

5. ODABIR POTREBNE PREKRCAJNE MEHANIZACIJE I PRIJEVOZNIH SREDSTAVA

Izbor potrebne prekrcajne mehanizacije i prijevoznih sredstava na robno – transportnim centrima je jako složena zadaća. U obzir treba uzeti sve relevantne čimbenike poput kapaciteta, nosivosti i broja potrebnih sredstava za rad kako bi se izbjegle pogreške koje mogu utjecati na ukupni kapacitet terminala.[98]

Stoga, u ovom poglavlju će se prikazati manipulativna oprema i prijevozna sredstva koja se koriste u transportu kontejnera na robno – transportnim centrima. Također, matematičkim putem će biti prikazani svi potrebni proračuni o kapacitetu i broju navedenih sredstava.

5.1. Prekrcajna mehanizacija

Izbor vrste, tipova i broja sredstava za manipulacije ovisi o nizu čimbenika. To su:[99]

- tip kontejnerskog terminala (lučki, kontinentalni)
- veličina terminala
- prometne grane koje se susreću u terminalu
- kapacitet terminala

Pri prekrcajnim manipulacijama u kontejnerskim terminalima koriste se različita sredstva za manipulacije čiji kapacitet, brzina manipulacija, nosivost, proizvodnost i ekonomičnost ovise o nizu čimbenika vezanih uz tehnologiju i organizaciju rada u svakom terminalu. Prekrcajnu mehanizaciju u kontejnerskim terminalima čine portalne dizalice, kontejnerski mostovi, manipulatori malog i velikog raspona i razne vrste viličara.[100]

5.1.1. Dizalice

Općenito, dizalicom se smatra uređaj za okomito dizanje i spuštanje te za vodoravno prenošenje tereta, neovisno da li vrši sve tri operacije ili samo pojedine, neovisno o vrsti pogona i pokretljivosti dizalice.[101]

Dimenzije i raspon dizalica ovise o tomu radi li se o lučkom ili kontinentalnom terminalu, o širini brodova koje treba uslužiti, o broju željezničkih kolosijeka, cestovnih prometnica i odlagališnih trakova. Nosivost dizalica vezana je uz veličinu i težinu kontejnera

[98] Ivaković Č.„Jurum J: Metodologija utvrđivanja potrebite mehanizacije za rad i usluživanje kontejnerskog terminala, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 1995.
[99] Ivaković Č.„Jurum J: Metodologija utvrđivanja potrebite mehanizacije za rad i usluživanje kontejnerskog terminala, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 1995.
[100] Ibidem
[101] http://e-student.fpz.hr/Predmeti/P/Prekrcajna_mehanizacija/Materijali/Nastavni_materijal_Prekrcajna_sredstva_s_povremenim_djelovanjem_(dizalice).pdf

koje uslužuje . S obzirom na intenzivan rast kontejnerskog prometa i broj kontejnera u opticaju, kapacitet dizalica stalno se povećava [102]

Dizalice mogu biti raznih vrsta, počevši od autodizalice koja može biti i u funkciji manipulacijskog sredstva, dizalice koja posjeduje značajke viličara, mobilne kombinirane dizalice na tračnicama s vlastitim pogonom i mogućnošću brzog pa i daljinskog premještanja do dizalica poznatih pod nazivom prekrcajni mostovi.[103]

Autodizalice su mobilna prijevozno – prekrcajna sredstva, pogonjena bezninskim ili dizelskim motorom s elektrohidrauličkim mehanizmom za dizanje i nagibanje dohvatnika , najčešće teleskopske izvedbe. Pri prekrcaju kontejnera upotrebljavaju se autodizalice nosivosti 300 do 500 kN. Prednosti upotrebe autodizalice ogledaju se prije svega u njezinoj iznimnoj mobilnosti i višestrukoj namjeni. [104]

Najčešća izvedba obalnih kontejerskih dizalica je u obliku prekrcajnih mostova. Prekrcajni most je jedno od najvažnijih prekrcajnih sredstava na lučkom terminalu, te je smješten iznad prekrcajnih kolosijeka. Nosivost suvremenih kontejnerskih mostova iznosi 300 – 500 kN s dohvatom od 45 i više metara. Osim promjene nosivosti i dohvata, znatno su povećane i brzine kontejnerskih dizalica, što je utjecalo i na veći učinak brzine. Najzastupljenije su dizalice brzine od .,8 do 0,9 m/s. Automatizacijom rada kontejnerskih dizalica prekrcajni učinak povećan je na 30 do 50 kontejnera na sat.[105]

Najveći učinak po dizalici postiže se u lukama Dalekog istoka; godišnje se u Tajvanu prekrca oko 96000 TEU jednom dizalicom, u Singapuru oko 89000, Hong Kongu oko 89000, a u Europi znatno manje (Nizozemska oko 67000, Velika Britanija oko 38000, ali Felixstowe oko 90000 TEU), kao i u Americi (47000 TEU), a još manje u zemljama u razvoju. Procjenjuje se da se postiže visoka produktivnost pri prekrcaju od 50000 TEU godišnje po jednoj dizalici, ali je tako visoku produktivnost moguće postići jedino kompjutorskim upravljanjem. Istraživanja u tvrtki "Peiner" pokazala su da je trajanje jednostavnog ciklusa (bez povratnog tereta) 100-140 sekundi, dok je za složeni ciklus potrebno 180- 200 sekundi.[106]

[102] Ivaković Č.,Jurum J:Metodologija utvrđivanja potrebite mehanizacije za rad i usluživanje kontejnerskog terminala, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 1995.
[103] http://www.prometna-zona.com/dizalice-i-prijenosnici/
[104] Dundović Č.: Lučki terminali, Pomorski fakultet, Rijeka, 2002.
[105] Dundović Č.: Lučki terminali, Pomorski fakultet, Rijeka, 2002.
[106] Ibidem

Slika 24. Prikaz rada lučkog obalnog mosta

Izvor: http://www.seebiz.eu/novi-kontejnerski-mostovi-za-brajdicu-stizu-iz-kine/ar-33977/

5.1.2. Kontejnerski prijenosnik

Za prekrcaj kontejnera s kopnenih transportnih sredstava i njihova odlaganje u lučkim i kontinentalnim terminalima koriste se prijenosnici širokog raspona, dok se prijenosnici malog raspona koriste za prekrcaj i razmještanje kontejnera na odlagalištima.

Prijenosnik malog raspona

Portalni prijenosnik je pojam za vozilo koje se upotrebljava na kontejnerskim terminalima i lukama za slaganje i premještanje kontejnera. Postoje tri različita tipa: portalni nosač kod kojeg vozač kontrolira vožnju i ukrcaj, portalni nosač otvoren na vrhu koji omogućuje dizanje i učvršćivanje kontejnera te portalni teleskopski nosač koji ima teleskopski postroj. Portalni prijenosnici malog raspona najčešće prenose samo jedan kontejner, a uglavnom se upotrebljavaju za rad na kraćim udaljenostima. Nosivost prijenosnika malog raspona je od 350 kN do 400 kN. Kreću se na gumenim kotačima koji se mogu zakretati pod kutom od 360°. Prema broju kontejnera koje mogu prenositi svrstavaju se u prijenosnike prve, druge, treće ili četvrte generacije, iako već postoje prijenosnici koji mogu premostiti pet ili više kontejnera te ih isto toliko slagati u visinu.[107]

[107] Dundović Č.: Lučki terminali, Pomorski fakultet, Rijeka, 2002.

Slika 25. Prijenosnik malog raspona

Izvor: https://www.liebherr.com/en/nor/products/maritime-cranes/port-equipment/straddle-carrier/straddle-carriers.html

Prijenosnik velikog raspona

To je specijalno vozilo za slaganje kontejnera, prilično je mobilan, te može služiti na slagalištu, može krcati kontejnere na prijevozna sredstva i ne zahtijeva velika sredstva za održavanje. Portalni prijenosnici velikog raspona koji se često nazivaju i mosnim dizalicama mogu se kretati na gumenim kotačima (RTG dizalice) ili po tračnicama (RMG dizalice). Portalni prijenosnici velikog raspona konstrukcijski su izvedeni u obliku portala po čijem se gornjem dijelu kreće vozno vitlo sa hvatačem za kontejnere. Velike dimenzije omogućuju mu da radi iznad polja od pet kontejnera u širinu i tri reda u visinu, tako da se mogu postići znatne uštede u prostoru i određivanju preglednosti, a prolaz između kontejnera još uvijek iznosi 1,2 – 1,4 m. Unatoč dimenzijama ima dobru preglednost.[108]

Mogućnosti djelovanja mogu se spoznati iz činjenice da djeluje na dužini od oko 220 m, te da natkriva dva cestovna traka, jednu željezničku prugu i jedan operativni prostor za slaganje kontejnera.

[108] http://e-student.fpz.hr/Predmeti/T/Tehnologija_cestovnog_prometa_(1)/Materijali/I_Zupanovic-_Tehnologija_cestovnog_prijevoza_40.pdf

Slika 26. Portalni prijenosnik velikog raspona

Izvor: https://www.wotol.com/1-mhi-rtg-transtainer-rubber-tyred/second-hand-machinery/prod_id/1405939

5.1.3. Viličari

Na današnjem stupnju razvoja tehnologije prometa postoje i koriste se razne vrsti i tipovi viličara.

S obzirom na položaj tereta u odnosu na viličar, razlikuju se dvije skupine: bočni i čeoni viličari.

Čeoni viličari

Čeoni viličar je zasigurno jedan od najrasprostranjenijih motornih viličara današnjice. Razlog tome je vrlo laka upravljivost, relativno niska cijena te vrlo velika produktivnost i fleksibilnost. Za rad na kontejnerskim terminalima upotrebljavaju se viličari nosivosti 300 do 500 kN koji s obzirom na izvedbu teleskopa i broj vodilica, mogu slagati do 5 kontejnera u visinu. Nedostatak čeonih viličara u procesu rukovanja kontejnerima je veći broj oštećenja kontejnera u odnosu na druga prijevozno – prekrcajna sredstva. Koriste se za jednostavne poslove utovara i istovara, a imaju mogućnost rada u zatvorenim i otvorenim prostorima [109]

[109] Županović I.: Tehnologija cestovnog prijevoza, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2002.

Slika 27. Čeoni viličar

Izvor: http://uranioservis.hr/vilicari-cesab

Bočni viličari

Bočni viličari imaju niz tehničkih značajki vrlo sličnih čeonim viličarima, no sam naziv upućuje na to da se kontejnerima rukuje s pomoću hvatača koji se nalazi paralelno s uzdužnom osi sredstava. Bočni viličar omogućuje veću iskoristivost skladišnog prostora, te može manipulirati teretom po dužini u smjeru kretanja, jer ima uređaj koji se može bočno izvući, dok se čeoni viličar za utovar i istovar tereta mora okrenuti u radnom prostoru kako bi se postavio okomito u odnosu na teret. Pogone se motorima SUI s hidrauličkim uređajem za dizanje i spuštanje tereta, a za rad s kontejnerima imaju nosivost 320 do 450 kN s brzinom vožnje i do 50 km/h.[110] Bočni viličar namijenjen je manipulaciji svih vrsta tereta u kojih je zbog velike duljine otežan prijenos. To su npr.: trupci, grede, daske, cijevi, sanduci, limovi, profilirano željezo i ostali glomazni dugi tereti. Nosačem tereta, s pomoću teleskopskih hidrauličnih cilindara, obavlja se uvlačenje i izvlačenje vilica kao i podizanje, spuštanje i odlaganje.[111]

[110] Županović, I.: Tehnologija cestovnog prijevoza, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2002.
[111] https://documentslide.com/documents/77312482-vilicarix.html

Slika 28. Bočni viličar

Izvor: http://www.cewforklifttraining.co.uk/side_loader_train.htm

5.2. Proračun potrebne prekrcajne mehanizacije

Prilikom definiranja i proračuna potrebnih sredstava prekrcajne mehanizacije polazi se od:[112]

- vremena potrebnog za obavljanje određene radnje ukrcaja, iskrcaja i prekrcaja
- vremena potrebnog za prekrcaj obzirom na vrstu i tip kontejnera i tehničke mogućnosti prekrcajnog sredstva

Vrijeme potrebno za realizaciju prekrcajne aktivnosti, izračunava se prema sljedećem izrazu:[113]

$$T = t_{pro} + \frac{n}{m} \times t_{zo} + t_{ui} \qquad (34)$$

Gdje je:

t_{pro} – vrijeme trajanja pripremnih operacija neposredno prije početka iskrcaja kontejnera

n – broj transportnih sredstava u skupini za iskrcaj

m – broj vozila na kojima se obavlja prekrcaj uz korištenje više prekrcajnih sredstava

[112] Ivaković Č.,Jurum J:Metodologija utvrđivanja potrebite mehanizacije za rad i usluživanje kontejnerskog terminala, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 1995.
[113] Ibidem

t_{zo} – trajanje završnih operacija neposredno nakon iskrcaja vozila

t_{ui} – trajanje operacija ukrcaja i iskrcaja

Računanje vremena ukrcaja ili iskrcaja kontejnera definira se prema izrazu:[114]

$$t_{ui} = \frac{P_s \times 60}{Q} t_{po} \tag{35}$$

Gdje je:

P_s – prosječna težina tereta po kontejneru

Q – proizvodnost prekrcajnog sredstva izražena u tonama po satu

t_{po} – utrošak vremena za izvršenje pomoćnih operacija tijekom prekrcaja

Proizvodnost manipulativnih sredstava izračunava se za sredstva koja djeluju s prekidima, kao što su kontejnerske dizalice, viličari i prijenosnici.

Proizvodnost se računa prema sljedećem izrazu:[115]

$$Q = G \times \frac{3600}{T} \left[{}^{kN}/_{h} \right] \tag{36}$$

Gdje je:

G - težina tereta u jednom zahvatu, koji se premješta u jednom zahvatu u Kn

T – trajanje jednog ciklusa u sekundama; vrijeme imeđu dvaju zahvata tereta

3600/T – broj ciklusa u jednom satu

Ako se želi izračunati eksploatacijski odnosno relani kapacitet prekrcajnih sredstava na terminalu, tada izraz za proračun glasi:[116]

$$Q_c = \frac{3600}{T} \times G \times \xi \times \tau \times \psi \times (1 - \rho) \left[{}^{kN}/_{dan} \right] \tag{37}$$

Gdje je:

3600/T – broj ciklusa zahvatnog elementa, pri čemu je T vrijeme trajanja ciklusa izraženo u sekundama

G – nosivost manipulacijskog sredstva, a koeficijent korisne nosivosti predstavlja odnos izmedu nominalne nosivosti Gn i korisne nosivosti Gk; pritom na korisnu nosivost utječe težina zahvatnog uredaja (spreader) Gz i time je smanjuje ($\xi \leq 1$) odnosno

$$\xi = \frac{G_n - G_z}{G_n} = \frac{G_k}{G_n} \leq 1$$

[114] Ibidem
[115] file:///C:/Users/Korisnik%20V3/Downloads/556-873-1-SM%20(22).pdf
[116] Ibidem

ψ – koeficijent zahvata, manji je od 1

τ – koeficijent iskorištenja nominalnog radnog vremena u postotku gdje je $(1- \rho) \leq 1$

ρ – gubitak vremena u postotku

$\tau (1- \rho)$ – efektivno radno vrijeme manipulacijskog sredstva u satima

Pri planiranju sredstava za manipulaciju u kontejnerskom terminalu potrebno je voditi računa o brzini prekrcaja jer transportna sredstva u toj fazi miruju, a to znači da se za vrijeme te operacije nalaze izvan eksploatacije. U gotovo svim granama brzina prijevoza se povećava pa je radi ukupnih učinaka potrebno ubrzati prekrcajne manipulacije kako bi se cjelokupni ciklus transporta što brže odvijao i na taj način postigli odgovarajući ekonomski učinci.

5.3. Prikaz potrebnih prijevoznih sredstava

U ovom poglavlju će biti prikazana cestovna i željeznička prijevozna sredstva koja se koriste u prijevozu kontejnera. Također, matematičkim metodama će se prikazti proračun istih za potrebe terminala.

5.3.1 Cestovna prijevozna sredstva

Za prijevoz kontejnera u cestovnom prometu koriste se teška teretna vozila u dvije kombinacije:[117]

1. kamioni s prikolicama ili bez prikolica sa specijalno izgrađenim šasijama za prihvat, učvršćenje i prijevoz kontejnera
2. tegljači s poluprikolicama sa specijalno izgrađenim šasijama za prihvat, učvršćenje i prijevoz kontejnera.

Tehnološki proces rada odvija se tako da se kontejner postavlja na kamion ili tegljač s poluprikolicom pomoću dizalice, prijenosnika ili viličara koji na sebi imaju kvačilo radi automatskog dizanja ili spuštanja kontejnera na dotično vozilo. Pri tom tehnološkom postupku, osim kvačila, važnu ulogu imaju i nauglice koje se nalaze na kontejnerima.[118]

Robe koje zbog svojih specifičnih svojstava zahtijevaju posebne uvjete prijevoza, prevoze se specijalnim vozilima kao što su:[119]

- cisterne za prijevoz tekućih, plinovitih i nekih sipkih tereta
- hladnjače za prijevoz tereta koji zahtijeva određeni temperaturni režim
- samoiskrcivači za prijevoz rasutih tereta

[117] Brnjac N.: Intermodalni transportni sustavi, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb,2012.
[118] Ibidem
[119] Ivaković Č., Stanković R., Šafran M.: Špedicija i logistički procesi, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2010.

Prijevozni kapacitet vozila je određen njegovom nosivosti i dimenzijama odnosno volumenom teretnog prostora. U Tablici 6. je prikazan kapacitet cestovnih teretnih vozila. Može se vidjeti kako najveći volumen podrazumijeva i najveću nosivost, koja je najveća kod tegljača s poluprikolicom. Sukladno tome, kamioni najmanjeg volumena do 40 m^3 imaju i najmanju nosivost od 3 tone.

Tablica 6. Kapacitet cestovnih teretnih vozila

VOZILO	NOSIVOST	VOLUMEN
Kamioni	3 tone	30 do 40 m^3
	12 tona	50 m^3
Prikoličari	25 tona	90 m^3
Tegljači s poluprikolicom	25 tona	75 do 90 m^3

Izvor: Izradio autor

U redovitom prijevozu robe, propisana su sljedeća ograničenja glede dopuštenih dimenzija i mase vozila s teretom:[120]

- najveća dopuštena širina iznosi 2,50 m
- najveća dopuštena visina iznosi 4,00 m
- najveća dopuštena duljina iznosi 12,00 m za kamione, 16,50 m za tegljače i 18,00 m za prikoličare
- najveća dopuštena masa iznosi 40 t

Navedena prijevozna sredstva su prikazana na Slikama 20., 21. i 22.

[120] Ibidem

Slika 29. Cestovno prijevozno sredstvo duljine 6,20m

Izvor: https://www.udtrucks.com/en-int/home

Slika 30. Kamion s prikolicom duljine 7,3 + 8,2 m

Izvor: https://www.cargobull.com/hr/Kamion-s-ceradom-i-prikolicom-sa-sredisnjom-osovinom-M.CS-i-Z.CS_244_201.html

Slika 31. Tegljač s poluprikolicom duljine 13,6 m

Izvor: https://www.turbosquid.com/3d-models/3d-model-mercedes-actros-semi-trailer/796885

Proračun potrebnih prijevoznih sredstava

Potreban broj vučnih tegljača za kontejnerski terminal računa se prema formuli[121]:

$$N_{tg} = K \cdot N_t = \frac{E}{T_r} \cdot \frac{N_k \cdot a}{N_{tk} \cdot Y_p} \quad (38)$$

Gdje je:

N_{tg} – potreban broj vučnih vozila

K – koeficijent potrebe vučnih vozila

N_t – broj obrta pri prijevozu kontejnera

E – prosječan obrt vučnih vozila

T_r – vrijeme rada terminala

N_k – broj kontejnera koji se prevoze tijekom rada terminala

a – koeficijent neravnomjernosti pristizanja i otpreme kontejnera tokom dana

N_{tk} – koeficijent praćenja proizvodnosti poluprikolica zbog prijevoza jednog ili dva kontejnera na jednom vozilu

Y_p – koeficijent prometnog prijevoznog procesa koji se ostvaruje kad pri prometnoj vožnji obavlja prijevoz kontejnera u terminal

Potreban broj poluprikolica računa se prema sljedećem izrazu[122]:

[121] Brnjac N.: Suvremene transportne tehnologije, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2004.

$$N_{pt} = \frac{N_k\left(t_p + t_m + 2\frac{L_{sr}}{V_{sr}}\right) + t_{ui}}{T_r \cdot n_{tk} \cdot K_{dv}} \quad (39)$$

N_k – broj kontejnera koje treba prevest za vrijeme rada terminala

$$N_k = \frac{n \cdot l \cdot y}{L_k} \quad (40)$$

Gdje je:

t_p – vrijeme prekrcaja kontejnera s vagona na poluprikolicu i obrnuto

t_m – vrijeme potrebno za izbor vozila u terminalu i za obavljanje manipulativnih operacija otpreme kontejnera kao pošiljke

$2L_{sr}/V_{sr}$ – prosječno vrijeme potrebno za prijevoz kontejnera od terminala do skladišta i natrag

t_{ui} – vrijeme ukrcaja ili iskrcaja kontejnera u skladištu

T_r – vrijeme rada terminala koje se podudara s radom vučnih i voznih sredstava

n_{tk} – koeficijent povećanja proizvodnosti rada poluprikolice zbog prijevoza dvaju ili više kontejnera na jednom vozilu

K_{dv} – koeficijent dvojnih operacija u skladištu

5.3.2. Željeznička prijevozna sredstva

Mogućnost ukrcaja robe određena je ekspolatacijskim značajkama vagona i pruga po kojim se obavlja prijevoz.

Pruge su kategorizirane prema dopuštenom opterećenju po osovini i po duljinskom metru.[123]

Prijevozni kapacitet vagona je određen sljedećim značajkama:[124]

- nosivost vagona koji iznosi 35 do 30 tona kod dvoosovinskih, 50 do 60 tona kod četveroosovinskih , odnosno do 105 tona kod specijalnih vagona s osam osovina
- korisni volumen i dimenzije vagona; korisni volumen zatvorenih vagona kreće se od 70 m^3 do 95 m^3, otvorenih vagona od 35 m^3 do 70 m^3, vagona cistern od 35 m^3 do 75 m^3
- konstrukcija vagona glede načina ukrcaja i iskrcaja, odnosno namjene za prijevoz određene vrste robe
- brzina vagona, najveća brzina vagona se kreće od 80 km/h do 120 km/h.

[122] Ibidem
[123] Ivaković Č., Stanković R., Šafran M.: Špedicija i logistički procesi, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2010.
[124] Ibidem

Slika 32. Teretni vlak

Izvor: http://www.vlakovi.hr/?tag=hz-cargo

Proračun potrebnog broja vlakova i vagona

Kao što je već prikazano u poglavlju 4.1.2, izrazi pomoću kojih se može izračunati kapacitet i broj potrebnih vlakova na terminalu su:

$$C_R = N \times C \times n \times t \times f \left[\frac{TEU}{god.}\right]$$

$$C = c_{18} \times n_{18} + c_{25} \times n_{25} \left[\frac{TEU}{vlaku}\right]$$

$$n = \frac{t}{t_a + t_b + t_c + t_d + t_e}$$

Gdje je:

C_R = kapacitet kolosijeka
N = broj željezničkih tračnica
C = kapacitet vlaka
n = broj vlakova
t = broj radnih dana godišnje
c_{18}, c_{25} = broj vagona dugih 18 i 25 m
f = koeficijent za pokrivanje praznih jedinica
t_a = vrijeme između dolaska i istovara
t_b = vrijeme istovara
t_c = ukupno vrijeme čekanja za odlazak s terminala
t_d = vrijeme polaska
t_e = vrijeme koje protekne između dolaska vlakova

6. EKONOMSKA ANALIZA ISPLATIVOSTI IZGRADNJE RTC-A

Izgradnja i ulaganje u robno transportne centre predstavlja jedno od glavnih problema u suvremenoj logističkoj ekonomiji obzirom na razvoj terminala, financiranje i povrat uloženih sredstava. Profitabilnost, ekonomski učinci i financiranje smatraju se najkritičnijim odlukama u složenom lancu odlučivanja prilikom izgradnje robno transportnog centra. Predvidivi rezultati u pogledu ponude i potražnje omogućuju uvid u različite učinke koje bi trebali poboljšati donositelji odluka na različitim razinama, kao i smanjenje sukoba i sinergije.interesa. [125]

Ocjena ekonomske opravdanosti projekta predstavlja obaveznu komponentu procesa planiranja i razvoja robno transportnog centra. Logistički sustav je uslužni sustav koji zahtjeva investicije, generira troškove i ostvaruje prihod. [126]

Vremenski period promatranja projekta robno - transportnog centra (T) podijeljen je na dva dijela: [127]

1. period izgradnje centra (kraći, često vezan uz velike investicije)

2. period eksploatacije centra (ostvaruju se prihodi funkcioniranjem sustava i generiraju se troškovi eksploatacije).

Prvi period karakterizira i veća pouzdanost procjene vrijednosti potrebnih ulaganja (to je posljedica veće određenosti procedura u vezi s investiranjem i izgradnjom kao i kraćeg vremena predviđanja). Prihodi i troškovi s druge strane promatraju se u duljem vremenskom periodu i njihova procjena je pod većim utjecajem slučajnih događaja koji se mogu pojaviti na tržištu. Promatranjem troškova i koristi od početka do kraja životnog ciklusa investicijskog projekta vidljivo je da ukupne koristi rastu s vremenom, dok su ukupni troškovi na početku najveći, kasnije se stabiliziraju na nižim vrijednostima, da bi pred sam kraj životnog ciklusa investicijskog projekta najčešće ponovno porasli. [128]

6.1. Investicijsko odlučivanje

Donošenje investicijskih odluka uzima u obzir prognozu novčanih tokova i dobitaka generiranih promatranim projektom. Investicija bi trebala povećati prihode ili smanjiti troškove tijekom određenog vremenskog razdoblja.

Pri analizi investicijske aktivnosti koriste se razne metode. Primjena metoda ekonomskog vrednovanja proizlazi iz toga što gradnja robno transportnih centara zahtjeva golema financijska sredstva. Ispravak neracionalnih investicija teško je izvodljiv. Zajedničko je u svih metoda pronalaženje optimalnog rješenja u investicijskoj politici.

[125] Cullinane K.,Talley Wayne K.: Research in Transportation Economics, Port Economics , Vol. 16, Oxford,2006.
[126] Zečević S.: Robni terminali i robno-transportni centri, Saobraćajni fakultet, Beograd, 2009.
[127] Ibidem
[128] Mlinarić T.J.: Skripta iz kolegija Robno transportni centri, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb,2015.

U nastavku ovog poglavlja je objašnjeno nekoliko najčešće korištenih metoda.

Povrat na uloženi kapital (ROCE)

Povrat na uloženi kapital eng. *Return on capital employed (ROCE)* je financijski omjer koji mjeri profitabilnost tvrtke i učinkovitost kojom se njen kapital koristi. Povrat na uloženi kapital predstavlja mjeru ostvarene dobiti svake godine u usporedbi s troškovima projekta[129]

Matematički proračun povrata na uloženi kapital temelji se na dva bitna elementa neto dobiti iz poslovanja i uloženom kapitalu.[130]

$$ROCE = \frac{neto\ dobit}{uloženi\ kapital} \tag{41}$$

Povrat na uloženi kapital pokazuje koliko se dobiti ostvaruje od novčanih sredstava uloženog kapitala. Očito je da će veći omjer biti povoljan, jer to znači da se za svaki dio investiranog kapitala stvara više financijske dobiti.[131]

Povrat sredstava

Povrat sredstava je metoda pomoću koje se može izračunati potrebno vremensko razdoblje koje je potrebno za povrat troškova ulaganja. Pri korištenju ove tehnike odabrat će se projekt s najkraćim razdobljem povrata.[132]

Kada je neto godišnji priljev gotovine jednak (tj. isti tok novca u svakom razdoblju), razdoblje povrata novca može se izračunati primjenom jednostavne formule dane u nastavku:[133]

$$razdoblje\ povrata = \frac{potrebna\ ulaganja}{neto\ godišnji\ priljev\ novca} \tag{42}$$

U Tablici 7. su objašnjene prednosti i nedostaci navedene metode.

Tablica 7. Prednosti i nedostaci metode povrata sredstava

PREDNOSTI METODE POVRATA SREDSTAVA	NEDOSTACI METODE POVRATA SREDSTAVA
Jednostavan izračun	Ne uzima u obzir profitabilnost ulaganja
Lako shvatljivo	Zanemaruju se prihodi i troškovi koji nastaju nakon što je ostvarena isplata
Razmatra tijek novca tokom vremena	Nije pogodno za dugoročno planiranje

Izvor: Izradio autor

[129] http://www.investopedia.com/terms/r/roce.asp
[130] http://www.myaccountingcourse.com/financial-ratios/return-on-capital-employed
[131] Ibidem
[132] http://www.investopedia.com/terms/p/paybackperiod.asp
[133] http://www.accountingformanagement.org/payback-method/

Neto sadašnja vrijednost

Vjerojatno najpopularnija i najsofisticiranija tehnika ekonomskog vrednovanja je neto sadašnja vrijednost eng. *Net present value (NPV).* Sastoji se od diskontiranja svih budućih novčanih tokova nastalih od inovacijskog projekta sa određenom diskontnom stopom zbrajajući ih zajedno kako je prikazno niže navedenom jednadžbom.[134]

$$NPV = \sum_{t=0}^{n} \frac{NCF_t}{(1+r)^t} \quad (43)$$

Gdje je:

NPV – neto sadašnja vrijednost

NCF_t - neto novčani tok generiran inovacijskim projektom u godini t

r – diskontna stopa

Prvi princip metode neto sadašnje vrijednosti glasi: [135] riskantan novac sutra je manje vrijedan od bilo kakvog novca danas. Stoga, budući novčani tokovi se diskontiraju svake godine. Diskontna stopa mobilizirano održava trošak prilika kapitala, što se povećava s procijenjenim rizikom inovacijskih prilika. Diskontne stope se najčeće kreću od 10% do 15%, dok investitori koji ulažu u visoke tehnologije koriste stope od 25% do 30 %, što je rezultat inherentno rizične prirode takvih ulaganja. Drugo načelo NPV pristupa je da se uzmu u obzir svi budući neto novčani tokovi povezani s inovacijskim prilikama. Nasuprot tome, mjerni podaci kao što su povrat sredstava ili unaprijed uložena sredstva u obzir uzimaju samo početne novčane tokove.[136]

Metoda neto sadašnje vrijednosti se smatra najpotpunijom mjerom očekivanih performansi projekta, tako da upravo ona služi većini poduzeća kao superiorni kriterij za odabir investicijskih projekata:[137]

- Prihvatljivi su oni projekti kojima je NPV > 0

- Projekti s većim NPV-om se ocjenjuju boljima.

Tablica 8. Prednosti i nedostaci NPV metode

PREDNOSTI	NEDOSTACI
Razmatra vremensku vrijednost novca	Teži izračun i razumljivost nego u ostalih metoda
Uzima u obzir i vrijeme i iznose novčanih Tokova	Odabir diskontne stope je proizvoljan

Izvor: Izradio autor

[134] Žižlavský O.: Net present value approach: method for economic assessment of innovation projects, University of Technology, Brno, 2014.
[135] Ibidem
[136] http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042814060509
[137] Sabolić D.: Procjena investicijskih projekata, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb, 2013.

Metoda interne stope povrata

Interna stopa povrata eng. *Internal rate of return* (IRR) je metoda koja se koristi u kapitalnom proračunu za mjerenje profitabilnosti potencijalnih ulaganja. Interna stopa povrata je diskontna stopa koja čini neto sadašnju vrijednost (NPV) svih novčanih tokova iz određenog projekta jednakom nuli.[138]

Za proračun interne stope povrata koristi se ista forumulacija kao i za proračun neto sadašnje vrijednosti. Pri računanju IRR pomoću formule (43), NPV je potrebno izjednačiti s nulom i riješiti diskontnu stopu *r*, koja u ovom slučaju predstavlja IRR. Međutim zbog prirode formule, IRR se ne može izračunati analitički, već se mora izračunati bilo putem „pokušaja i pogreške“ ili pomoću softvera koji je programiran za izračun IRR-a.[139]

Interna stopa rentabilnosti je ona diskontna stopa za koju bi projekt po kriteriju NPV-a bio točno na granici isplativosti. Prihvatljivi su oni projekti čiji IRR je veći od troška kapitala. Naime, kada bi trošak kapitala bio veći od interne stope povrata, neto sadašnja vrijednost projekta bila bi po definiciji IRR-a negativna za poduzeće. Zbog toga bi projekt pogoršao financijski položaj poduzeća, pa bi kao takav bio neprihvatljiv. Prilikom međusobne usporedbe projekata, boljima se smatraju oni koji imaju veću internu stopu povrata, jer su u smislu neto vrijednosti, dakle NPV-a, dovoljno dobri, da mogu podnijeti veći trošak kapitala, i još uvijek ostati isplativi.[140]

Analiza troškova i koristi

Analiza troškova i koristi eng. *Cost - benefit analysis* (CBA) predstavlja formalni postupak za ocjenu investicijskih projekata razvijenih iz ekonomskih konstrukcija viškova i ekstrenalnosti potrošača.[141]

CBA je metoda za donošenje odluka te je jedna od najčešće primjenjenih pristupa za procjenu infrastrukturnih projekata koji zahtjevaju velika ulaganja u javnom sektoru. To je iz razloga jer pruža mnoge prednosti uključujući model racionalnosti, vrednovanje i usporedbu alternativa koristeći različite skale usporedbe, unovčavanje troškova i koristi.[142]

Analiza troškova i koristi obuhvaća ukupne troškove i koristi investicijske aktivnosti, one posredne i neposredne. Neposredne troškove čine troškovi izgradnje, troškovi kupnje zemljišta, smanjenja vrijednosti okolnog zemljišta; dok neposredne koristi predstavljaju one koristi za sudionike u prometu, koje nastaju izgradnjom objekata prometne infrastrukture, kao što je npr. smanjenje operativnih troškova korisnika prometne usluge i sl.[143]

[138] http://www.investopedia.com/terms/i/irr.asp
[139] Ibidem
[140] Sabolić D.: Procjena investicijskih projekata, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb, 2013.
[141] Heather J., Moura F., Domingos T.: Transport infrastructure project evaluation using cost-benefit analysis, Department of Civil Engineering, Architecture and Georesources , Lisbon, 2013.
[142] Ibidem
[143] https://www.weboteka.net/fpz/Ekonomika%20prometa/Ekonomika%20prometa%20-%20skripta.pdf

6.2. Opravdanost investiranja

Opravdanost investiranja ocjenjuje se na osnovu tri standardna kriterija:

- Neto sadašnje vrijednosti
- Godine pozitivnih efekata
- Interne stope rentabilnosti

Postupak njhovog utvrđivanja obuhvaća 14 koraka:[144]

1. Utvrđivanje investicijskih ulaganja – podrazumijeva definiranje plana i strukture investicijskih ulaganja. Plan obuhvaća dinamiku ulagnja u svakoj godini vremenskog perioda u kojem se projekt promatra. Struktura investicijskih ulaganja definira:

a) Osnivačka ulaganja
b) Investicijska ulagnja u izgradnju terminal
c) Troškove promocije
d) Financijske rezerve

Investicijska ulaganja u izgradnju terminala najčešće obuhvaćaju izgradnju sljedećih sustava: skladišnih objekata, cestovnih traka, željezničkih kolosijeka, manipulativnih površina, opreme u skladišnim sustavima, parking sustava, poslovno – upravnog centra, transportnih sredstava, pratećih objekata itd.

2. Definiranje izvora financiranja – pruža pregled i strukturu izvora financijskih sredstava. Izvori financiranja mogu biti: vlastita sredstva, sredstva ulagača, partnera, kooperanata, bankovni krediti i ostali izvori, kao što su sredstva iz državnih subvencija, posebnih fondova, donacije sponzora i slično.

3. **Obaveze prema izvorima financiranja** – plan otplate kredita – plan anuiteta. Obaveze prema izvorima finanaciranja ne postoje samo u slučaju investiranja vlastitih sredstava. Najznačajnije su otplate kredita i kamate na neoplaćeni dio kredita. Ove otplate u zbroju daju vrijednost anuiteta, odnosno ukupne godišnje obveze prema kreditu. Kreditori koriste dvije tehnike obračuna, prema jednakim anuitetima i prema jednakim otplatama.

4. Plan amortizacije – amortizacija se utvrđuje za sve objekte i opremu na osnovi odgovarajućih cijena i stopa koje su propisane za građevinske objekte i infrastrukturu, opremu, transportna sredstva itd. U planu amortizacije utvrđuje se ostatak vrijednosti po isteku perioda razmatranja projekta (T). Pri tome se definiraju i ponovna ulaganja u opermu i sredstva čiji je period amortizacije kraći od perioda analize projekta.

5. Struktura troškova – troškove terminala, pored investicija koje se pojavljuju u prvim godinama, odnosno u periodu izgradnje, čine:

- Materijalni troškovi

[144] Zečević S.: Robni terminali i robno-transportni centri, Saobraćajni fakultet, Beograd, 2009.

- Troškovi amortizacije
- Troškovi investicijskog održavanja
- Troškovi radne snage
- Nematerijalni troškovi
- Financijske obaveze

6. Plan prihoda – prihodi od usluga logističkog centra mogu se klasificirati i odrediti na osnovu četiri karakteristične grupe:

1. Prihodi od usluga robnim tokovima (pakiranje, ukrupnjavanje, formiranje I rasformianje logističkih jedinica, prekrcaj, skladištenje, kvantitatine i kvalitativne kontrole robe itd)
2. Prihodi od usluga transportim sredstvima (parkiranja, servisiranja, održavanja, snabdijevanja gorivom, vulkanizerskih usluga, itd)
3. Prihodi od usluga osoblja (administrativnih, ugostiteljskih usluga, usluga edukacije itd.)
4. Prihodi od iznajmljivanja (poslovnog prostora, skladišnog prostora, radnog prostora, transportno – manupilativnih sredstava, radne snage itd.)

7. Ekonomski tok projekta – za period od T godina pokazuje akumulativnost projekta. Zbirno se prikazuju svi prihodi i rashodi, kao i njihov saldo: dobit ili gubitak. Predstavlja osnovni izvor informacija za ocijenu rentabilnosti projekta.

8. Financijski tok projekta – je specifičan tok novca koji pokazuje stupanj likvidnosti. Zbirno se prikazuju svi priljevi i odljevi novca za period od T godina tijekom koji se projekt razmatra.

9. **Tok prihoda i troškova** – predstavlja osnovu za proračun kriterija opravdanosti projekta. Kumulativ diskontnih neto prihod tijekom perioda u kojem se projekt razmatra, određuje uspiješnost ili neuspiješnost projekta izraženu kroz neto sadašnju vrijednost.

10. Proračun neto sadašnje vrijednosti projekta – neto sadašnja vrijednost se obračunava na osnovu diskontnog novčanog toka. Diskontiranjem se na nejednak način tretira vrijednost novca u različitim periodima. Vrijednost novčanog priljeva u prvoj godini se tretira kao veća vrijednost u odnosu na istu veličinu novčanog priljeva u bilo kojoj sljedećoj godini. Razlika vrijednosti je određena diskontnom stopom.

11. Proračun godine pozitivnih efekata – godina pozitivnih efekata pokazuje vrijeme potrebno da se sredstva uložena u projekt vrate investitoru. Iznos ukupnih ulaganja umanjuje se za godišnje neto priljeve iz ekonomskog toka, sve dok se iznos ulaganja u potpunosti ne iscrpi. Ta godina predstavlja godinu pozitivnih efekata. Prema ovom kriteriju, projekt je opravdan ako je godina povrata sredstava unutar perioda razmatranja projekta od T godina .

12. Proračun interne stope rentabilnosti – diskontna stopa pri kojoj je neto sadašnja vrijednost projekta jednaka nuli. Ukoliko je neto sadašnja vrijednost projekta pozitivna, jasno je da će ova stopa biti veća od diskontne.

13. Analiza osjetljivosti – pokazuje otpornost projekta na promjene ulaznih veičina koje, s obzirom na to da se radi o projektu koji će se realizirati u budućnosti, podliježu neizvjesnom utjecaju. Analiza se svodi na utvrđivanje praga rentabilnosti projekta pri promjeni nekog od ulaznih parametara kao što su cijena usluge, promet i prihod. Promjenom cijene pojedinih usluga u određenom podsustavu ili promjenom veličine prometa kroz promatrani podsustav, dobije se usporedna vrijednsot, odnosno prag rentabilnosti. Za vrijednosti manje od praga rentabilnosti projekt postaje neispativ.

14. **Analiza rizika** – vrijednost ulaznih veličina, koje se koriste za proračun rentabilnosti projekta, je predmet prognoze sa određenim stupnjem pouzdanosti. Mnoge veličine u proračunu mogu da se procijene, sa manje ili više izvjesnosti, sa različitim utjecajima na konačan rezultat proračuna. U pogledu neizvjesnosti, a sa velikim utjecajem na rezultat, najčešće se pojavljuju dvije veličine koje u prozivodu čine prihod sustava logističkog centra. To su promet (Q) i cijena usluge (C). Vrijednosti C i Q mogu biti tretirane kao slučajno promjenjive veličine sa usvojenim zakonom raspodjele vjerojatnosti za period od T godina.

6.3. Analiza ekonomske uspješnosti

Dva glavna pojma koja se odnose na ekonomsku uspješnost su produktivnost i učinkovitost. Produktivnost predstavlja uspješnost pri obavljanju nekog posla u odnosu na upotrebljene resurse, dok je učinkovitost relativni koncept, tj. uspješnost tvrtke uspoređuje se sa referentnom vrijednošću.[145]

U nastavku rada će se objasniti alternativni pristupi za mjerenje ekonomske uspješnosti koji se mogu primjeniti u području transporta i logistike. Također, navedenim metoda je moguće odrediti ekonomsku uspješnost rada robno transportnog centra.

Analiza obuhvata podataka

Analiza obuhvata podataka eng. *Data envelopment analysis* (DEA) je matematičko programski pristup za procjenu produktivne učinkovitosti. Pomoću DEA pristupa se izrađuje granica efektivnosti na temelju informacija o ulaznim i izlaznim podacima. Stupanj (ne)efikasnosti je procijenjen na temelju udaljenosti između granice efektivnosti i zapažanja. Snaga DEA pristupa je u tome da se na proizvodni proces ne postavlja *a priori* (lat. za "ono što dolazi prije") strukturna pretpostavka. [146]

Na osnovu podataka o ulazima i izlazima, DEA metoda ocjenjuje da li je neka jedinica o kojoj se odlučuje efikasna ili nije u odnosu na preostale jedinice uključene u analizu,

[145] Qianwen L.: Efficiency Analysis of Container Ports and Terminals, Centre for Transport Studies, Department of Civil, Environmental and Geomatic Engineering, University College London, 2010.
[146] Qianwen L.: Efficiency Analysis of Container Ports and Terminals, Centre for Transport Studies, Department of Civil, Environmental and Geomatic Engineering, London, 2010.

odnosno da li se nalazi na granici efikasnosti. Metoda analizira svaku jedinicu odlučivanja i provjerava da li je njene ulaze moguće obaviti odozdo (dani izlaz moguće je postići sa manjom količinom ulaza) imajući u vidu vrijednosti ulaza preostalih jedinica, kao i da li je moguće njene izlaze obaviti odozgo (sa danim ulazom moguće je proizvoditi veći izlaz) na osnovu vrijednosti izlaza preostalih jedinica. Ako je moguće jedinicu obaviti ona je relativno neefikasna, a ako nije ona sudjeluje u formiranju granice efikasnosti koja ovdje predstavlja ekvivalent za graničnu funkciju proizvodnje.[147]

Metoda najmanjih kvadrata

Metoda najmanjih kvadrata eng. *Original least squares* (OLS) je regresijska metoda koja odgovara „prosječnoj liniji" podataka. Prosječna linija se izračunava proizvodnjom i troškovnim funkcijama, što predstavlja tehniku proizvodnje razmatrane industrije i ukazuje na podatke kao što su stupanj povrata na ljestvici industrije i pojedinačnih poduzeća u industriji.[148]

Prednosti ovog pristupa i svih ekonometrijskih - statističkih metoda je da su u skladu sa ekonomskom teorijom koja nudi potencijalno objašnjenje troškova ili proizvodnih struktura i razlikuje različite uloge varijabli koje utječu na izlaz. Osim navedenoga, još jedna od prednosti je to da postoji širok raspon standardnih statističkih testova koji su dostupni za pomoć u analizi. Nedostatak OLS metode, odnosno korištenja prosječne linije za reprezentaciju proizvodne funkcije je pretpostvka tradicionalnih regresijskih metoda. Drugim riječima, to bi značilo da su ekonomski posrednici u svakom trenutku racionalni i učinkoviti, što nije uvijek istinito u stvarnosti.[149]

Ispravljena metoda najmanjih kvadrata

Ispravljena metoda najmanjih kvadrata eng. *Corrected original least squares* (COLS) predstavlja parametarski pristup za procjenu ekonomske uspješnosti. Pripada skupini regresijskih metoda, ali se razlikuje od prethodno objašnjene OLS metode. U ovom pristupu, također se izračunava vrijednost prosječne linije te se linija pomiče (ispravlja) na položaj da obuhvati sve podatke. Ispravljena linija predstavlja granicu učinkovitosti. Pritom, stupanj učinkovitosti pojedine jedinice može biti izmjeren protivno ovoj granici.[150]

Analiza stohastičkih granica

Analiza stohastičkih granica eng. *Stochastic frontier analysis* (SFA) je parametarski i stohastički pristup za procjenu produktivne učinkovitosti. Razlika i značajan napredak SFA metode u odnosu na druge tradicionalne regresijke metode je to da SFA pristup izračunava neučinkovitost ekonomskih posrednika na temelju pretpostavki distribucije. Kod korištenja SFA metode se pokazalo da svaka ekonomska jedinica pokazuje svoje specifične neučinkovitosti i produktivna učinkovitost je proračunata bez pomicanja tj. ispravljanja

[147] http://laboi.fon.bg.ac.rs/wp-content/uploads/dataPA/MEPS/Merenjeefikasnosti.pdf
[148] Qianwen L.: Efficiency analysis of container ports and terminals, Centre for Transport Studies, Department of Civil, Environmental and Geomatic Engineering, London, 2010.
[149] Ibidem
[150] Ibidem

tradicionalne regresijske linije do granice. Kao i kod metoda COLS i DEA (ne)učinkovitost može biti proračunata protivno ovoj granici. [151]

6.4. Ekonomska analiza razvoja logističkog centra u Mongoliji

Regionalni razvoj logistike u Mongoliji rezultirat će izgradnjom logističkog objekta (ZULC) u gradu Zamyn Udd koji će sadržavati skladišta za logističke tvrtke, slagalište kontejnera, objekte za prozvodnju, prekrcajno područje za manlipulacijska sredstva, carinske prostore kao i prisupne ceste i željezničke kolosijeke.[152]

U ovom poglavlju se prikazuje ekonomska analiza izgradnje navedenog logističkog centra koja je preuzeta s internet članka. Temelj ove ekonomske analize su prognoze o prometu za razdoblje od 2017. – 2034. godine. Prognoze o prometu su posebno napravljene za kontejerski promet, prijevoz generalnog rasutog tereta te generirani promet koji nastaje unutar samog centra od strane privatnog sekotra.

Kontejnerski promet – predstavlja postojeći uvoz i izvoz kontejnera cestovnim i željezničkim putem. S ciljem poboljšanja carinskih opracija, ovim projektom će se objekti carine premjestiti na prostore logističkog centra. Carinska cesta duljine osam kilometara će povezivati carinu i ZULC. Od 2006. do 2009. zabilježen je porast oko 400% u kontejnerskom prometu. Međutim, konzervativna procjena prosječne godišnje stopa rasta iznosi 9% za razdoblje od 2009. – 2015., 10% od 2020. – 2025. te 7% nakon 2025. godine.[153]

Prijevoz generalnog rasutog tereta – predstavlja volumen generalnog tereta koji bi se prevozio upotrebom ISO (eng. *International Standards Organization*) kontejnera. Korištenje ISO kontejnera nudi velike prednosti kao smanjenje troškova u rukovanju i osiguranju robe, kraće vrijeme transporta, manji gubici i oštećenja robe. Osim ostalih prednosti ZULC-a, potrebno je naglasiti da prijevoz generalnog rasutog tereta u ISO kontejnerima je velika pogodnost koju će imati korisnici logističkog centra. Početna stopa ovakvog načina prijevoza rasutog generalnog tereta je 10%, no pretpostavlja se da bi ta brojka mogla narasti na 48% do 2034. godine. [154]

Generirani promet - Dizajn logističkog centra ZULC uključuje strategiju razvoja koja između ostalog potiče privatni sektor za osnivanje logističkih tvrtki, kao i pružanje uluga dodane vrijednosti u proizvodnim operacijama. Dovoljno prostora u samom centru je rezervirano za najam zemljišta i izgradnju objekata kojim bi upravljali subjekti privatnog sektora. Ukupna površina za ovu namjenu iznosi 48,26 hektara. Ostali prostori u logističkom centru zauzimaju površinu od 53,05 hektara te uključuju slagalište kontejnera, radionice za održavanje i popravak transportnih i prekrcajnih sredstava, postrojenja za pročišćavanje

[151] Qianwen L.: Efficiency analysis of container ports and terminals, Centre for Transport Studies, Department of Civil, Environmental and Geomatic Engineering, London, 2010.
[152] https://www.adb.org/sites/default/files/linked-documents/41192-01-mon-ea.pdf
[153] Ibidem
[154] Ibidem

otpadnih voda, cestovnu i željezničku infrastrukuturu, parkirališta za vozila i ostali sadržaj unutar ZULC-a, dok je za carinske potrebe namijenjena površina od 11,8 hektara.[155]

Tablica 9. prikazuje prometnu prognozu za pojedine podjele izražene u TEU jedinicama, uočava se porast svih prometa, međutim kontejnerski promet ima najveći značaj.

Tablica 9. Prognoze prometa logističkog centra ZULC

Godina	***KONTEJNERSKI PROMET***			***RASUTI TERETI***			***GENERIRANI PROMET***	***UKUPNO***
	Cesta	Željeznica	Ukupno	Cesta	Željeznica	Ukupno		
Osnovica 2010.	32	70.3	102.3					102.3
2015.	43.7	96.0	139.7	2.2	8.5	10.7	8.5	158.9
2016.	47.6	104.8	152.4	2.9	11.2	14.0	13.3	179.7
2017.	51.9	114.3	152.4	3.6	14.2	17.9	18.2	202.3
2018.	56.6	124.7	181.3	4.5	17.7	22.3	25.4	229.1
2019.	61.8	136.1	197.8	5.6	21.8	27.3	39.3	264.5
2020.	67.3	148.5	215.8	6.7	26.4	33.1	54.0	303.0
2021.	74.1	163.5	237.6	8.2	32.0	40.1	44.8	322.6
2022.	81.6	180.1	261.6	9.8	38.4	48.2	69.1	379.0
2023.	89.8	198.3	288.1	11.7	45.8	57.5	94.7	440.2
2024.	98.8	218.4	317.2	13.8	54.3	68.2	102.0	487.4
2025.	108.7	240.5	349.2	16.3	64.1	80.4	109.9	539.5
2026.	116.5	257.8	374.2	18.6	73.3	92.0	118.2	584.4
2027.	124.7	276.3	401.0	21.2	83.5	104.7	127.2	632.9
2028.	133.6	296.2	429.8	24.0	94.8	118.8	136.7	685.4
2029.	143.1	317.6	460.6	27.2	107.3	134.4	146.9	742.0
2030.	153.2	340.5	493.7	30.6	121.1	151.7	157.8	803.1
2031.	164.1	365.0	529.1	34.5	136.3	170.7	169.3	869.2
2032.	175.8	391.4	567.2	38.7	153.1	191.8	181.7	940.6
2033.	188.3	419.7	608.0	43.3	171.6	214.9	194.8	1017.7
2034.	201.7	450.0	651.7	48.4	192.0	240.4	208.8	1101.0

Izvor: Izradio autor prema
https://www.adb.org/sites/default/files/linked-documents/41192-01-mon-ea.pdf

EKONOMSKA ANALIZA

1. *Ekonomska ocjena* - uzima u obzir sve komponente projekta, uključujući one financirane od strane azijske razvojne banke i vlade. To uključuje materijale željezničkih tračnica i radove, pločnik, osvjetljenja, sigurnost, zgrade i objekte, radove na zemljištu, komunalne usluge, pristupne ceste i most, terminalnu opremu, konzultantske usluge za razvoj projekta i dr.
2. *Alternativna analiza* – kao dio ekonomske analize, procjenjuje moguće alternative koje bi ispunile potražnju za kontejnerskim prometom, transportom rasutih tereta i generiranim prometom. Alternativna analiza u ovom primjeru obuhvaća četiri predložene lokacije za ZULC centar koje bi ispunile očekivanja prometne prognoze kao i dobre pristupne ceste za povezivanje centra i graničnih prijelaza. Kao najbolja alternativa izabrana je lokacija u gradu Zaymn Udd. Odabrana lokacija je optimalna prema raznim kriterijima kao što su troškovi, učinkovitost, utjecaj na okoliš, tehnički

[155] Ibidem

dizajn.

3. *Troškovi* – ekonomska ocjena temelji se na usporedbi scenarija sa i bez projekta, odnosno analizira situaciju prometa u dva slučaja, izgradnje i neizgradnje centra. U slučaju izgradnje centra, zabilježen je porast svih prometa. Primjerice za kontejnerski promet od 139 700 TEU jedinica u 2015. godini do 349 200 TEU jedinica u 2025. godini, dok će 2034. godine prema prognozama taj iznos biti 349 200 TEU jedinica Troškovi i prednosti projekta u ekonomskom smislu su procijenjeni razdovjenim cijenama za trgovinsku opremu i materijale, netrgovinske materijale, cijene rada i zemljišta. Ekonomski troškovi uključeni u procjenu su početna ulaganja, kontejnerska oprema za rukovanje, sustav upravljanja logističkim centrom, carinska oprema, dodatna ulaganja za održavanje i popravak imovine i opreme, ponavljajući troškovi uključujući fiskne i promjenjive oprativne trošokve.
4. *Koristi* – ekonomske koristi uključuju uštede vremena tijekom ukrcajnih operacija, uštede troškova u prijevozu generalnog rasutog tereta koje uključuju pogodnosti kontejnerizacije i odnose se na nekontejnerizirani prijevoz rasutog tereta u cestovnom i željezničkom prometu, koristi od generiranog prometa, uštede energije i zadađenja. Za prijevoz rasutog generlanog tereta cestom (36 600 tona u 2015. godini, 238.500 tona u 2025. godini i 669.200 tona u 2034. godini) ekonomska korist je ušteda koja se odnosi na transport bez korištenja kontejnera. Ova ušteda se povećava s 0,3 milijuna dolara u 2015. na 7,8 milijuna dolara u 2034. godini. Odgovarajuća korist u željezničkom prometu (35.700 tona 2015. godine, 234.600 tona 2025. godine i 663.600 tona u 2034. godini) povećava se od 0,2 milijuna dolara u 2015. na 4,2 milijuna dolara u 2034. godini. Ekonomska ušteda u generiranom porometu povećava se s 1,6 milijuna dolara u 2015. do 25,8 milijuna dolara u 2034. godini.
5. *Ekonomski povrat* - ekonomska interna stopa povrata za projekt je 18,7% s neto sadašnjom vrijednosti od 50,5 milijuna dolara uz diskontnu stopu od 12% kao što je prikazano na Tablicom 10.

Tablica 10. Interna stopa povrata

Godina	***TROŠKOVI***			***KORISTI***				
	Kapital	*Troškovi održavanja*	*Ukupni troškovi*	*Uštede vremena*	*Koristi od pro-meta*	*Ostale koristi*	*Ukupno*	*Neto koristi*
2011.	6.1	0.0	6.1	0.0	0.0	0.0	0.0	6.1
2012.	26.9	0.0	26.9	0.0	0.0	0.0	0.0	26.9
2013.	15.9	0.0	15.9	0.0	0.0	0.0	0.0	15.9
2014.	3.6	0.0	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6
2015.	0.5	5.2	4.8	0.1	4.4	0.5	5.0	0.2
2016.	0.9	5.5	4.4	0.1	5.8	0.6	6.5	2.1
2017.	0.9	5.5	4.5	0.1	7.6	0.7	8.4	3.9
2018.	1.0	5.6	6.6	0.2	10.4	0.8	11.4	4.8
2019.	0.4	5.8	5.4	0.2	13.5	1.0	14.7	9.3
2020.	0.0	3.3	3.3	0.2	13.9	1.1	15.3	11.9
2021.	0.0	3.5	3.5	0.3	18.7	1.4	20.3	16.9
2022.	22.4	3.7	26.2	0.3	24.0	1.6	25.9	0.2
2023.	1.8	4.0	5.6	0.4	27.4	1.9	29.7	23.9
2024.	1.7	4.5	2.8	0.4	31.3	2.2	33.9	31.1
2025.	0.0	4.7	4.8	0.5	35.1	2.4	38.1	33.3
2026.	0.1	5.0	5.1	0.6	39.4	2.7	42.7	37.7
2027.	0.1	5.4	5.4	0.6	44.2	3.0	47.9	42.5
2028.	0.1	5.7	5.7	0.7	49.5	3.4	53.6	47.9
2029.	20.7	6.1	26.8	0.8	55.4	3.8	60.0	33.1
2030.	1.8	6.5	8.3	0.9	61.9	4.2	67.0	58.7
2031.	1.6	7.0	5.4	1.0	69.1	4.7	74.8	69.4
2032.	0.1	7.4	7.5	1.1	77.1	5.3	83.5	76.0
2033.	0.1	8.0	8.1	1.2	86	5.9	93.1	84.9
2034.	47.2	8.7	33.5	1.3	92.3	6.2	99.8	133.3
							IRR	**18.66%**
							NPV@12%	**50.52**

Izvor: Izradio autor prema
https://www.adb.org/sites/default/files/linked-documents/41192-01-mon-ea.pdf

6. *Analiza osjetljivosti* – analizom osjetljivosti analizirano je devet scenarija za procjenu rezultata ekonomske analize. Ukupni trošak mora biti veći za 72,7% od procijenjenog da bi interna stopa povrata pala ispod vrijednosti diskontne stope od 12%. Ta se promjenjiva vrijednost vjerojatno neće pojaviti. Jednogodišnje kašnjenje pri završetku projekta smanjilo bi neto sadašnju vrijednost za 34,8%, ali ta vrijednost ne bi pala na nulu. Kašnjenje u provedbi je moguće iz razloga što razdoblje provedbe iznosi pet godina. Kombinacije štetnih učinaka troškova i koristi također su analizirane kao što je prikazano Tablicom 11. Rezultati su pokazali da će projekt zadržati svoju ekonomsku održivost pri uvjerljivim scenarijima varijabilnosti ključnih elemenata.

Tablica 11. Pokazatelji analize osjetljivosti

PARAMETRI	PROMJENA U %	IRR%	INDIKATOR OSJETLJIVOSTI	VRIJEDNOST ZAMJENE U %	NPV @12%($ mil)
Troškovi opreme za terminal	100	16.42	0.24	424.43	38.61
Troškovi rada	25	17.82	0.40	248.17	45.42
Godišnji troškovi	20	18	0.48	207.66	45.64
Ukupni troškovi	20	16.36	1.38	72.68	36.61
Koristi	80	14.51	0.83	120.131	16.87
Ukupne koristi	25	15.07	2.38	42.09	20.51
Povlastice za prijevoz putnika	100	17.76	0.16	633.08	42.53
Implementacija kašnjena 1 god.		16.68	***PAD NPV ZA 34.81%***		32.93
Smanjenje koristi za 20%; povećanje troškova za 20%	20;20	13.66	3.75	26.65	12.61
IRR 18.66%					**50.51**

Izvor: Izradio autor prema https://www.adb.org/sites/default/files/linked-documents/41192-01-mon-ea.pdf

7. ZAKLJUČAK

Iz svega navedenoga zaključuje se da prilikom izgradnje robno transportnog centra, kao najznačajnijeg mjesta u logističkom lancu i logističkim mrežama, potrebno je napraviti detaljnu analizu svih elemenata koji utječu na izgradnju, a samim time i na rad RTC-a. Kako je definirano u radu ti elementi podrazumijevaju odabir lokacije RTC-a, definiranje skladišnih prostora i ostalih površina, proračun kapaciteta, odabir prekrcajnih i prijevoznih sredstava kao i provedbu ekonomske opravdanosti izgradnje RTC-a.

Lokacija RTC-a mora biti izabrana na adekvatan način. Potrebno je definirati skup kriterija i čimbenika relevantnih za odabir lokacije te na temelju istih pristupiti vrednovanju potencijalnih lokacija, a zatim odabrati optimalno rješenje, odnosno lokaciju robno transportnog centra. Pri vrednovanju potenijalnih lokacija koriste se razne matematičke metode i programski alati. U radu je korištena ELECTRE metoda te program Expert Choice u koji je implementiran AHP proces. Nakon provedene analize primjenom navedenih metoda na imaginarnom primjeru dobiveni su različiti rezultati. Stoga se zaključuje da je potrebno navesti razne kriterije i koristiti razne metode kako bi se višekriterijskom analizom odabrala optimalna lokacija za izgradnju RTC-a.

Nakon odabrane lokacije, sljedeći element koji se razmatra su površine RTC-a. Planiranje površina terminala je neprekidan proces, koji se ne završava ni trenutku prvog osnovnog plana jer njegova ograničena provedba može imati nesagledive posljedice u daljnjem razvitku terminala. Vrsta tereta te njegova fizička i kemijska svojstva bitno utječu na definiranje potrebnog prostora za rukovanje i skladištenje na terminalima. Najveći dio prostora na RTC-u se odnosi na skladišne površine, oko 50% – 70%. Stoga, pri planiranju površina sve odluke trebaju biti podređene vrsti tereta koja će se obrađivati na RTC-u.

Definiranjem kapaciteta RTC-a određena je i njegova optimalna veličina. Kapacitet terminala predstavlja ukupni volumen tereta koji se može uskladištiti na terminalu. U radu su prikazane metode za proračun kapaciteta kontejnerskog terminala iz razloga što je to najzastupljeniji oblik prijevoza tereta. Za proračun kapaciteta prikazane su razne analitičke i smulacijske metode. Analitičke metode se zasnivaju na raznim formulacijama, dok simulacijske metode koriste razne programske alate koji omogućuju eksperimentiranje s modelima realnih sustava. Zaključuje se da se pri proračunu kapaciteta najbolje rješenje dobiva korištenjem obiju metoda. Prvi korak je proračun kapaciteta i potrebnih resursa analitičkim metodama. Zatim je potrebno dobivene rezultate modelirati pomoću simulacijskih alata kako bi se ispitalo da li su rezultati analitičkih proračuna primjenjivi na realnom sustavu. Simulacijskim alatima se mogu mijenjati ulazni podaci sve dok se ne dobije najbolje rješenje, odnosno optimalan kapacitet RTC-a

Od velike važnosti za djelovanje RTC-a ima odabir prekrcajne mehanizacije i prijevoznih sredstava kao nositelja prekrcajnog procesa. Pri odabiru u obzir treba uzeti sve relevantne čimbenike poput kapaciteta, nosivosti i broja potrebnih sredstava za rad kako bi se izbjeg-

le pogreške koje mogu utjecati na ukupni kapacitet terminala. Također, i u ovom slučaju treba primjeniti matematičke formulacije kako bi se dobio ispravan broj navedenih sredstava.

Nakon proračuna svih elemenata potrebno je napraviti ekonomsku analizu. Ocjena ekonomske opravdanosti projekta predstavlja obaveznu komponentu procesa planiranja i razvoja robno transportnog centra. Logistički sustav je uslužni sustav koji zahtjeva investicije, generira troškove i ostvaruje prihod. Pri analizi investicijske aktivnosti koriste se razne metode. Primjena metoda ekonomskog vrednovanja proizlazi iz toga što gradnja robno transportnih centara zahtjeva golema financijska sredstva. Ispravak neracionalnih investicija teško je izvodljiv. Svim metodama je zajedničko pronalaženje optimalnog rješenja u investicijskoj politici.

Prilikom izrade plana izgradnje robno transportnog centra, bitno je uključiti u odluku sve elemente. Ako bi se neki od elemenata izostavio, to bi moglo imati izuzetno negativne posljedice na sam rad RTC-a.

POPIS LITERATURE

KNJIGE

1. Dundović Č.: Lučki terminali, Pomorski fakultet, Rijeka, 2002.

2. Zečević, S., Robni terminali i robno transportni centri, Saobraćajni fakultet, Beograd, 2009.

3. Brnjac N.: Intermodalni transportni sustavi, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2012.

4. Prikril B., Božičević D.: Mehanizacija pretovara i skladištenje, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 1987.

5. Dundović, Č., Hess, S.: Unutarnji transport i skladištenje, Pomorski fakultet, Rijeka, 2007.

6. Ivaković Č., Stanković R., Šafran M.: Špedicija i logistički procesi, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2010.

7. Dundović Č., Kesić B.:Tehnologija i organizacija luka, Pomorski fakultet, Rijeka 2001.

8. Županović I.: Tehnologija cestovnog prijevoza, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2002.

9. Brnjac N.: Suvremene transportne tehnologije, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2004.

ZNANSTVENI I STRUČNI ČLANCI

1. Kondratowicz et al. Planning of Logistics Centres Poland, Final Report, The Maritime Institute in Gdansk, Gdansk, 133 pp., 2003.

2. Demirel, T., Demirel, N. C., Kahraman, C.: Multi-criteria warehouse location selection using Choquet integral, Expert Systems with Applications, Journal of Natural Gas Science and Engineering, 695-705 pp., 2010.

3. Žak, J.,Weglinski S.: The selection of the logistics center location based on MCDM/A methodology, Poznan University of Technology, Faculty of Machines and Transportation, Poznan, 2014.

4. Orešković M.: Usporedba metoda za određivanje lokacija logističko-distribucijskih centara, Diplomski rad, Fakultet prometnih znanosti, 2015

5. Yildrim B.F.,Önder E.: Evaluating potential freight villages in istanbul using multi criteria decision making techniques, Journal of Logistics Management, Vol. 3 no. 1, 2014.

6. Alam S.A., Evaluation of the potential locations for logistics hubs: A case study for a logistics company, Engineering and Technology, 78 p., 2013.

7. Dujmić D.: Primjena višekriterijalnog odlučivanja u odabiru lokacije skladišta, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Diplomski rad, Zagreb, 2014.

8. Rožić T.: Optimizacija sustava pohrane kontejnera na pozadinskim terminalima, Doktorski rad, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2014.

9. Č. Ivaković: Metodologija odredivanja veličina kontejnera i izmjenjivosti kontejnera u terminalu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 1996.

10. Huelsz P. Adriana: Capacity factors in intermodal roadrail terminals, Chalmers University of Technology, Gothenburg, 2015.

12. Ivaković Č.,Jurum J: Metodologija utvrđivanja potrebite mehanizacije za rad i usluživanje kontejnerskog terminala, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 1995.

13. Cullinane K.,Talley Wayne K.: Research in Transportation Economics, Port Economics , Vol. 16, Oxford,2006.

14. Žižlavský O.: Net present value approach: method for economic assessment of innovation projects, University of Technology, Brno, 2014.

15. Sabolić D.: Procjena investicijskih projekata, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb, 2013.

16. Qianwen L.: Efficiency Analysis of Container Ports and Terminals, Centre for Transport Studies, Department of Civil, Environmental and Geomatic Engineering, University College London, 2010.

OSTALI IZVORI

1. Rogić, K.: Predavanja iz kolegija Distribucijska logistika I, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2012.

2. Rožić T.: Nastavni materijali iz kolegija Robno transportni centri, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2016.

3. Stanković R. : Nastavni materijali iz kolegija Osnove simulacija u prometu i logistici, Faklutet prometnih znanosti, Zagreb, 2017.

4. Mlinarić T.J.: Skripta iz kolegija Robno transportni centri, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb,2015.

INTERNETSKE STRANICE

1. URL: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-74382016000200375 (pristupljeno: svibanj, 2017.)

2. URL: http://bsrdjevic.tripod.com/download/5.pdf (pristupljeno:svibanj 2107.)

3. URL: http://higherdecision.foi.hr/sites/default/files/obicnidokumenti/Primjena

%20metoda20za%20vi%C5%A1ekriterijsko%20odlu%C4%8Divanje_Begicevic.pdf (pristupljeno: svibanj, 2017.)

4. URL: http://expertchoice.com/ (pristupljeno: svibanj, 2017.)

5. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/ELECTRE (pristupljeno: svibanj, 2017.)

6. URL: file:///C:/Users/Korisnik%20V3/Downloads/ELECTRE-S%20(3).pdf (pristupljeno: svibanj, 2017.)

7. URL: http://www.fms-tivat.me/predavanja3god/Lucki_menadzment5.pdf (pristupljeno: lipanj, 2017.)

8. URL: https://documents.tips/documents/planiranje-luka-i-terminala-nastava-xii-5622b43543e8a.html (pristupljeno: lipanj 2017.)

9. URL: https://documents.tips/documents/terminali-za-prekrcaj-opasnih-tereta.html (pristupljeno: lipanj, 2017.)

10. URL: http://www.prometna-zona.com/opasni-tvari-u-prometu/ (pristupljeno: lipanj, 2017.)

11.URL: https://www.veleri.hr/files/datotekep/nastavni_materijali/k_promet_s1/terminali_robni_tokovi_skripta.pdf (pristupljeno: lipanj, 2017.)

12. URL: https://docslide.net/documents/121597996-kontejnerski-terminali1.html (pristupljeno: lipanj, 2017.)

13. URL: http://docslide.net/documents/planiranje-luka-i-terminala-nastava-xi.html (pristupljeno: lipanj, 2017.)

14. URL: https://documents.tips/documents/planiranje-luka-i-terminala-nastava-xii-5622b43543e8a.html (pristupljeno: lipanj, 2017.)

15. URL: http://www.pfri.uniri.hr/knjiznica/NG-dipl.TOP/147-2013.pdf (pristupljeno: lipanj, 2017.)

16. URL: http://www.pfri.uniri.hr/knjiznica/NG-dipl.TOP/147-2013.pdf (pristupljeno: lipanj, 2017.)

17. URL: http://studentski.hr/system/materials/b/5df2e2acc3686488f801097777a2598c9ec849ff .zip?1439380489 (pristupljeno: lipanj, 2017.)

18. URL: http://people.idsia.ch/~luca/modsim99.pdf (pristupljeno: lipanj, 2017.)

19. URL: http://documents.tips/documents/kontejnerski-term.html (pristupljeno: lipanj, 2017.)

20. URL: https://www.collinsdictionary.com/dictionary/english/terminal-capacity (pristupljeno: lipanj, 2017.)

21. URL: file:///C:/Users/Korisnik%20V3/Downloads/1104-2033-1-SM.pdf (pristupljeno: lipanj, 2017.)

22. URL: http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/224972/224972.pdf (pristupljeno: lipanj, 2017.)

23. URL: https://link.springer.com/article/10.1007/s40534-015-0069-z (pristupljeno: srpanj, 2017.)

24. URL:http://estudent.fpz.hr/Predmeti/P/Prekrcajna_mehanizacija/Materijali/Nastavni

_materijal_Prekrcajna_sre dstva_s_povremenim_djelovanjem_(dizalice).pdf (pristupljeno: srpanj, 2017.)

25. URL: http://www.prometna-zona.com/dizalice-i-prijenosnici/ (pristupljeno: srpanj, 2017.)

26. URL: http://estudent.fpz.hr/Predmeti/T/Tehnologija_cestovnog_prometa_(1)/Materijali/

I_Zupanovic-_Tehnologija_cestovnog_prijevoza_40.pdf (pristupljeno: srpanj, 2017.)

27. URL: https://documentslide.com/documents/77312482-vilicarix.html (pristupljeno: srpanj, 2017.)

28. URL: file:///C:/Users/Korisnik%20V3/Downloads/556-873-1-SM%20(22).pdf (prustupljeno: srpanj, 2017.)

29. URL: http://www.investopedia.com/terms/r/roce.asp (pristupljeno: kolovoz, 2017.)

30. URL: http://www.myaccountingcourse.com/financial-ratios/return-on-capital-employed (pristupljeno: kolovoz, 2017.)

31. URL: http://www.investopedia.com/terms/p/paybackperiod.asp (pristupljeno: kolovoz, 2017.)

32. URL: http://www.accountingformanagement.org/payback-method/ (pristupljeno: kolovoz, 2017.)

33. URL: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042814060509 (pristupljeno: kolovoz, 2017.)

34. URL: http://laboi.fon.bg.ac.rs/wp-content/uploads/dataPA/MEPS/Merenjeefikasnosti.pdf (pristupljeno: kolovoz, 2017.)

35. URL: https://www.adb.org/sites/default/files/linked-documents/41192-01-mon-ea.pdf (pristupljeno: kolovoz, 2017.)

POPIS SLIKA

Slika 1. Prikaz višefaznog sustava istraživanja lokacije RTC-a 5
Slika 2. Osnovni model analitičkog hijerarhijskog procesa 12
Slika 3. Prikaz alternativa i kriterija 15
Slika 4. Usporedba kriterija 16
Slika 5. Usporedba alternativa obzirom na dostupnost radne snage 16
Slika 6. Usporedba alternativa obzirom na blizinu tržišta 17
Slika 7. Usporedba alternativa obzirom na broj stanovnika 17
Slika 8. Usporedba alternativa obzirom na prometnu infrastrukturu 18
Slika 9. Grafički prikaz konačne lokacije 18
Slika 10. Analiza osjetljivosti rezultata 19
Slika 11. Skladištenje suhih rasutih tereta 30
Slika 12. Prikaz skladišta ekspolziva 31
Slika 13. Nadzemni spremnici za skladištenje plina i opasnih tekućina 32
Slika 14. Primjer slaganja opasnog tereta na terminalu Tauranga, Novi Zeland 33
Slika 15. Prekrcaj teškog tereta u luci Rijeka 34
Slika 16. Terminal za drvo i drvne prerađevine 35
Slika 17. Skladištenje prehrambenih proizvoda u hladnjači 36
Slika 18. Osnovna shema najjednostavnijeg rashladnog pogona 37
Slika 19. Ontario food terminal u Kanadi 37
Slika 20.Otvoreno slagalište kontejnera u luci Rijeka 38
Slika 21. Zatvoreno skladište za kontejnere 39
Slika 22. Površine RTC-a 42
Slika 23. Veze između različitih vrsta kapaciteta 44
Slika 24. Prikaz rada lučkog obalnog mosta 59
Slika 25. Prijenosnik malog raspona 60
Slika 26. Portalni prijenosnik velikog raspona 61

Slika 27. Čeoni viličar 62
Slika 28. Bočni viličar 63
Slika 29. Cestovno prijevozno sredstvo duljine 6,20m 67
Slika 30. Kamion s prikolicom duljine 7,3 + 8,2 m 67
Slika 31. Tegljač s poluprikolicom duljine 13,6 m 68
Slika 32. Teretni vlak 70

POPIS TABLICA

Tablica 1. Makrolokacijski i mikrolokacijski čimbenici izbora lokacije robno transportnog centra 7

Tablica 2. Kriteriji za izbor lokacije RTC-a 10

Tablica 3. Saatyeva ljestvica relativne važnosti 13

Tablica 4. Značajke potencijalnih lokacija prema izabranim kriterijima 14

Tablica 5. Usporedba kriterija i alternativa 23

Tablica 6. Kapacitet cestovnih teretnih vozila 66

Tablica 7. Prednosti i nedostaci metode povrata sredstava 72

Tablica 8. Prednosti i nedostaci NPV metode 73

Tablica 9. Prognoze prometa logističkog centra ZULC 80

Tablica 10. Interna stopa povrata 82

Tablica 11. Pokazatelji analize osjetljivosti 83

POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Prikaz površina RTC-a..... 28

Grafikon 2. Postupak simulacijskog modeliranja 50

Grafikon 3. Osnovni dijagram analitičko simulacijskih metoda pri proračunu kapaciteta 54

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj završni rad isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu završnog rada pod naslovom **Analiza elemenata izgradnje RTC-A** na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

U Zagrebu, 4.9.2017

Student/ica:
Tereza Jarić
(potpis)