

# Analiza učinkovitosti prijevoza sipkih tereta u cestovnom prometu

---

Žanić, Ante

Undergraduate thesis / Završni rad

2018

*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:119:026921>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-14**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

**Ante Žanić**

**ANALIZA UČINKOVITOSTI PRIJEVOZA SIPKIH  
TERETA U CESTOVNOM PROMETU**

**ZAVRŠNI RAD**

**Zagreb, 2018.**

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti

## **ZAVRŠNI RAD**

**ANALIZA UČINKOVITOSTI PRIJEVOZA SIPKIH TERETA U  
CESTOVNOM PROMETU**

**EFFICIENCY ANALYSIS OF DISPERSED CARGO  
TRANSPORT ON ROADS**

Mentor: Mr. sc. Veselko Protega

Student: Ante Žanić

JMBAG: 0135239109

Zagreb, rujan 2018.

# ANALIZA UČINKOVITOSTI PRIJEVOZA SIPKIH TERETA U CESTOVNOM PROMETU

## SAŽETAK

Transport sipkog tereta prevladava ne samo u cestovnom prometu nego i u ostalim pojedinim prometnim granama te zbog svojih specifičnih značajki, obilježja i samog procesa prijevoza zahtjeva određene tipove transportnih i manipulacijskih sredstava pa tako i posebne infrastrukturne elemente koji su predodređeni isključivo za tu vrstu tereta. Kao sipki teret podrazumijeva se rifuzni tj. zrnati materijal koji se zbog svojih karakteristika ukrcava i prevozi u rasutom stanju određenim prijevoznim sredstvima čiji tovarni prostor postaje jedini vanjski kontejner ili ambalaža prevoženog tereta. Svrha rada je općenito prikazati sipki teret kao supstrat u cestovnom prometu te analizirati učinkovitost procesa prijevoza za svaki odabrani teret.

KLJUČNE RIJEČI: sipki teret; rasuti teret; prijevoz tereta; manipulacijska sredstva; prijevozna sredstva

# EFFICIENCY ANALYSIS OF DISPERSED CARGO TRANSPORT ON ROADS

## SUMMARY

Bulk cargo traffic prevails not only in road traffic but also in other particular traffic areas and because of its specific features, characteristics and the transport process itself requires certain types of transport and manipulation tools, as well as special infrastructure elements destined solely for that type of cargo. As a slotted cargo is meant a bullet or bulk material which, due to its characteristics, is loaded and transported in bulk by certain means of transport, the space of which becomes the only outer container or container of bulk cargo. The purpose of the work is to present the bulk cargo as a substrate in road traffic and to analyze the efficiency of the transport process for each selected cargo.

KEY WORDS: heavy load; bulk cargo; cargo transport; manipulative units; transport units

## Sadržaj

1. UVOD.....	1
2. SIPKI TERET KAO SUPSTRAT U CESTOVNOM PROMETU .....	2
3. ZNAČAJKE PRIJEVOZNIH SREDSTAVA .....	3
3.1. Značajke prijevoznih sredstava za prijevoz kamenih agregata .....	5
3.2. Značajke prijevoznih sredstava za prijevoz žita.....	7
3.3. Značajke prijevoznih sredstava za prijevoz sječke .....	9
4. OPIS ZNAČAJKI INFRASTRUKTURNIH ELEMENATA I MANIPULACIJSKA SREDSTVA .....	11
4.1. Opis infrastrukture za proizvodnju kamenih agregata.....	12
4.2. Opis infrastrukture za proizvodnju sječke .....	12
4.3. Opis infrastrukture za proizvodnju žita .....	13
4.4. Manipulacijska sredstva .....	13
5. ANALIZA POSEBNOSTI PRIJEVOZA SIPKIH TERETA .....	16
5.1. Obilježja kamenih agregata u cestogradnji .....	16
5.2. Obilježja žita pšenice .....	17
5.3. Obilježja ogrjevnog drva-sječke.....	18
6. ANALIZA UČINKOVITOSTI PROCESA PRIJEVOZA SIPKIH TERETA .....	19
6.1. Prikaz itinerara kretanja prijevoznih procesa.....	19
6.2. Detaljna analiza pojedinih obrta .....	23
6.3. Ostvareni prijevozni učinci .....	28
6.4. Koeficijenti i pokazatelji djelovanja prijevoznih sredstava.....	28
6.4.1. Koeficijent vremenske analize $\alpha ad$ i $\alpha V$ .....	29
6.4.2. Koeficijenti i pokazatelji prijeđenog puta $\beta, \beta n, Lst1, Lst\lambda$ .....	29
6.4.3. Koeficijent statičkog opterećenja $\gamma sm$ .....	31
6.4.4. Grafički prikaz učinkovitosti prijevoznih procesa .....	32
7. UTJECAJ OBILJEŽJA RASUTIH TERETA NA UČINKOVITOST PRIJEVOZNOG PROCESA .....	35
8. ZAKLJUČAK .....	37
LITERATURA.....	38
Popis slika, tablica i grafikona.....	39

## 1. UVOD

U cestovnom prometu, kao i ostalim prometnim granama, postoje različite vrste tereta koji se po svojim osnovnim karakteristikama razlikuju jedan od drugog te s obzirom na tu činjenicu biraju se odgovarajuća sredstva manipulacije i prijevoza te odgovarajuća infrastruktura kako bi se postigla što bolja učinkovitost prevožene robe. Tako se razlikuje generalni teret, koji obuhvaća klasični generalni teret i ostali komadni generalni teret, te masovni teret pod kojeg se ubraja rasuta i tekuća roba.

Predmet istraživanja u ovom završnom radu je analiza prijevoza sipkog tereta na primjeru građevinskog materijala, prehrambenih proizvoda žita te prerađenih proizvoda ogrjevnog drva u cestovnom prometu.

Cilj rada je usporediti glavne razlike spomenutih supstrata u cilju što boljeg uočavanja bitnih odstupanja koja utječu na samu učinkovitost prijevoza određene vrste tereta. Potrebno je jasno definirati razlike u transportu određene vrste robe pa tako i izraziti odstupanja pri procesu prijevoza određenog tereta.

Rad je razrađen u 8 poglavlja uključujući uvod i zaključak. U drugom poglavlju se govori općenito o sipkom teretu kao supstratu u cestovnom prometu. Treće poglavlje opisuje značajke prijevoznih sredstava odgovarajućih za svaki spomenuti supstrat, a četvrto poglavlje sadrži opis infrastrukturnih objekata te manipulacijskih sredstava. U petom poglavlju spomenuti će se bitne značajke i opisati teret koji će biti predmet prijevoza u ovom završnom radu te će se ti podaci primijeniti za analizu učinkovitosti procesa prijevoza u šestom poglavlju. Sedmo i osmo poglavlje odnosi se na razmatranje prethodnih analiza te donošenje zaključaka na temelju dobivenih rezultata.

## 2. SIPKI TERET KAO SUPSTRAT U CESTOVNOM PROMETU

Pri analizi strukture transportnog supstrata razlikuju se šest robnih skupina koje se dijele:

1. skupina: ugalj, rude, obrađeno i neobrađeno drvo, građevinski materijal, ogrjevno drvo, nemetali
2. papir, cement, gnojivo, stočna hrana i ostala roba
3. voće i povrće, prehrambena roba
4. žitarice
5. plinsko ulje
6. metalurgija

Iz navedenog se može uočiti da rasuti teret se pojavljuje u većini skupina, a najzastupljeniji je u prvoj, drugoj i trećoj robnoj skupini. Iz tog razloga transport sipkog tereta je prisutan u većini prometnih grana, a zbog početnih i završnih radnji, cestovni promet je u većini slučajeva nezaobilazni faktor u transportu istog.

Sipkim teretom smatraju se oni tereti koji se zbog svojih karakteristika ukrcavaju, prevoze i iskrcavaju u rasutom, tj. sipkom stanju. To su ponajprije tereti otporni na vanjske utjecaje te podražaje što ih čine manipulacijska sredstva prilikom ukrcaja te transportna tijekom iskrcaja. To je masovna roba koje se prevozi nepakirana, u velikim i specijaliziranim prijevoznim sredstvima, te koja se manipulira specijalnom mehanizacijom. Zbog svojih karakteristika, težinskih i volumenskih svojstava, ta roba nije pogodna za prijevoz drugim načinima kao npr. kontejnerima koji su kao transportno-smještajni uređaji dostupni u svim prometnim granama ali nemoguće ih je optimalno iskoristiti sve dok se sipka roba ne upakira a tada govorimo o prijevozu generalnog tereta a ne masovnog kao što je slučaj u ovom radu.

Obilježja sipkog tereta variraju s obzirom na strukturu pa tako pri prijevozu građevinskih materijala, prehrambenih proizvoda (ponajviše žitarica), te prerađenog ogrjevnog drva kao npr. sječka, odmah se uočava razlika u odnosu masa-volumen, a što nadalje ovisi o vlažnosti samog prevoženog supstrata te njegovoj granulaciji.

### 3. ZNAČAJKE PRIJEVOZNIH SREDSTAVA

Prijevozna sredstva su tehničke naprave koje služe prijevozu ljudi (putnika) i dobara (tereta), a cestovna prijevozna sredstva su ona koja se pritom kreću cestovnim prometnicama, odnosno putovima. Podjela cestovnih motornih vozila prema namjeni, ako se pritom isključuju osobna vozila, traktori i radni strojevi, svodi se na tri osnovne vrste gdje ubrajamo putnička vozila, teretna vozila i kombinirana vozila.

Skup cestovnih teretnih prijevoznih sredstava čine:

- klasična teretna vozila
- kombinirana vozila
- skup vozila

Konstrukcija teretnog vozila se sastoji od podvozja, pogonskog sklopa, vozačke kabine i nadvozja predviđenog za smještaj tereta, dok se putnička vozila ponajviše razlikuju od teretnog prema nadgradnji smještajnog prostora za putnike te samoj izvedbi podvozja za što bolju udobnost.

Teretna vozila se također mogu podijeliti prema još nekim kriterijima od kojih su bitniji:

- ukupna masa
- nosivost
- dimenzije
- konstrukcijske značajke
- vrsta pogonskog goriva
- namjena

Najizraženije razlike u konstrukcijskim značajkama teretnih vozila proizlaze iz oblika smještajnog prostora supstrata. Oblici nadgradnje su dizajnirani prema obilježjima tereta, odnosno sukladno potrebama operativnih radnji tijekom procesa ukrcanja-iskrcanja tereta.

Za proces prijevoza sipke robe najčešće se koriste vozila koja imaju sanduke sa hidrauličnim nagibnim mehanizmom što znatno pridonosi vremenu trajanja iskrcanja te pojednostavnjuje završnu radnju.



S obzirom na tip izvedbe sanduci mogu biti:

- otvoreni sanduk s bočnim stranicama
- otvoreni sanduk s bočnim stranicama i hidrauličkim nagibnim mehanizmom
- teretni sanduk s bočnim stranicama i ceradom
- zatvoreni teretni sanduk s stražnjim vratima
- zatvoreni toplinski izolirani teretni sanduk s stražnjim i bočnim vratima te uređajem za hlađenje
- zatvoreni „sanduk“ - spremnik za prijevoz tekućih tereta u rinfuzi s gornjim otvorom za punjenje i donjim ispustom za pražnjenje
- zatvoreni „sanduk“ – spremnik za prijevoz praškastih, zrnatih ili granuliranih tereta u rinfuzi s gornjim gravitacijskim otvorom za punjenje i donjim ispustom za gravitacijsko, odnosno kompresorsko pražnjenje

Pri prijevozu sipkog tereta mase samog supstrata izrazito variraju pa je bitno uzeti u obzir zakonska ograničenja pri prijevozu tereta tj. najveće dopuštene mase skupa vozila, te motornih vozila koji ne smije prelaziti sljedeće iznose:

Za vozila koja su dio skupa vozila:

- jednoosovinska prikolica 10t
- dvoosovinska prikolica 18t
- troosovinska prikolica 24t

Za skup vozila:

- dvoosovinskog motornog vozila s troosovinskom prikolicom 40t
- troosovinskog motornog vozila sa dvoosovinskom ili troosovinskom prikolicom 40t
- dvoosovinskog tegljača s troosovinskom poluprikolicom 40t
- troosovinskog tegljača s dvoosovinskom ili troosovinskom poluprikolicom 40t
- troosovinskog tegljača s dvoosovinskom ili troosovinskom poluprikolicom pri prijevozu 40-stopnog ISO kontejnera 44t
- skupa vozila s četiri osovine koji se sastoji od dvoosovinskog motornog vozila i dvoosovinske prikolice 36t

Za teretna motorna vozila:

- dvoosovinsko motorno vozilo 18t
- troosovinsko motorno vozilo 25t
- četveroosovinsko motorno vozilo 31t

### 3.1. Značajke prijevornih sredstava za prijevoz kamenih agregata

Za prijevoz kamenih agregata u većem obujmu se koriste tegljači sa poluprikolicom te kamioni kiperi, troosovinski i četveroosovinski.

Jedna od boljih karakteristika kiperu je u samoj nadgradnji tovarnog prostora jer većina ima mogućnost bočnog istovara što u nerijetkim situacijama predstavlja veliku prednost pred tegljačima s poluprikolicom koji većinom imaju samo mogućnost stražnjeg istovara materijala, tj. koriste otvorene sanduke s stražnjim vratima dok većina kiperu ima izvedene otvorene sanduke s bočnim stranicama i mogućnošću bočnog istovara.



**Slika 1.** Kamion kiper za prijevoz kamenog materijala



**Slika 2.** Tegljač za prijevoz kamenog materijala

## Značajke prijevoznog sredstva – Mercedes-Benz Actros 1846 LS

Za analizu prijevoza sipkog tereta pri prijevozu kamenog agregata u ovom radu će se razmatrati tegljač sa poluprikolicom, Mercedes-Benz Actros 1846 LS.

Kamion tegljač je teretno motorno vozilo koje se sastoji od dva dijela, tj. sastavljeno je od vučnog dijela kao posebnog i poluprikolice kao teretnog dijela koji se prednjim dijelom oslanja na sedlo tj. vučni dio prijevoznog sredstva. Mercedes-Benz Actros 1846 LS je kamion koji spada u kategoriju teških teretnih vozila te je namijenjen za zadatke sa ciljem ostvarenja prijevoznih zadataka sa što većom učinkovitošću i brzinom. Namijenjen je prijevozu odnosno tegljenju tereta velikih težina i gabarita.

Značajke tegljača:

- Dužina: 6113 mm
- Širina: 2495 mm
- Visina: 3715 mm
- Težina: 8.8 t
- Snaga motora: 338 kW (460 ks)

Poluprikolica „Schmitz Cargobull ski 24 sl“ je troosovinska poluprikolica sa hardox-ovim sandukom te je konstruirana za prijevoz svih vrsta rasutih tereta uz najveću moguću sigurnost te kompaktnost. Volumna zapremnina sanduka je 24 kubna metra te je prikolica opremljena sustavom podizanja prateće osovine za vožnju bez tereta i PVC rolo ceradom.

Značajke poluprikolice:

- Dopuštena nosivost: 29 600 kg
- Masa praznog vozila: 5 400kg
- Najveća dopuštena masa: 35 000kg
- Dimenzije vozila: 8100 x 2550 x 2800 mm



**Slika 3.** Mercedes-Benz Actros 1846

### 3.2. Značajke prijevoznih sredstava za prijevoz žita

Prijevoz žita obavlja se teretnim prijevoznim sredstvima sa specijalnom izvedbom nadgradnje koja je prilagođena obilježjima prevoženog supstrata u ovom slučaju žitarica tj. žita.

Glavna razlika je u tome što nadgradnja tj. teretni prostor sadrži posebne odjeljke kako bi se spriječilo ljučenje te zanošenje prijevoznog sredstva prilikom utjecaja sila što se javljaju u zavojima te prilikom ubrzanja i usporenja što je jako slično kao kod prijevoza tereta u tekućem stanju.

Tako se žitarice prevoze u specijalnim otvorenim sanducima sa ceradom koji posjeduju vrata za stražnji iskrcaj, te više bočnih stranica za bočni iskrcaj tereta. Otvoreni sanduci se koriste ponajviše pri izravnom utovaru žita na mjestu berbe samog proizvoda gdje kombajn prilikom izvođenja procesa direktno ukrcava žito u tovarni prostor prijevoznog sredstva pomoću trakastog transportera.

Prijevoz žita, osim navedenog načina, može se obavljati i pomoću prijevoznih sredstava koja imaju nadgradnju izvedenu u obliku cisterne. Taj način se najčešće koristi pri direktnom ukrcaju obrađenog žita iz silosa. Ukrcaj se obavlja gornjim otvorima na cisterni kojih ima više iz razloga što cisterna također sadrži odjeljke u kojima je žito raspoređeno kako bi se smanjio utjecaj udarnih sila, dok se iskrcaj obavlja bočnim otvorima te stražnjim otvorom.



Slika 4. Tegljač i cisterna za prijevoz žita

#### Značajke prijevoznog sredstva – Volvo FH 750

Volvo FH 750 je tegljač novije generacije teških teretnih vozila. Snaga motora od 750ks omogućuje mu ostvarivanje vučne sile dovoljne za tegljenje 100 000t tereta što je korisno pri prijevozu specijalnih i vangabaritnih tereta. Ima široku primjenu korištenja zbog velike snage što utječe na brzinu te učinkovitost izvođenja samoga obrta.

U ovom radu će se koristiti za tegljenje poluprikolice LUCK SKZ 35 pri analizi prijevoza pšenice.

#### Značajke tegljača:

- Dužina: 6333 mm
- Širina: 2490 mm
- Visina: 3950 mm
- Težina: 9.2 t
- Snaga motora: 552 kW (750 ks)

Poluprikolica LUCK SKZ 35 zbog većih gabarita te nadogradnje ostvaruje veći kapacitet prijevoza supstrata, koristi se najviše za prijevoz tereta male specifične

težine jer se tako postiže optimalno iskorištenje same nosivosti prikolice te se postiže zadovoljavajuća radna učinkovitost. Zapremnina tovarnog sanduka joj je 60 metara kubnih.

Značajke poluprikolice:

- Dopuštena nosivost: 32 000 kg
- Masa praznog vozila: 4 900 kg
- Najveća dopuštena masa: 36 900 kg
- Dimenzije vozila: 9500 x 2640 x 3900 mm



**Slika 5.** Volvo FH 750

### 3.3. Značajke prijevoznih sredstava za prijevoz sječke

Pri prijevozu biomase sječke koriste se teretna transportna sredstva tj. tegljači sa poluprikolicama koje su zatvorenog tipa sanduka sa ceradom sa stražnjim vratima. Mogu biti potpuno zatvorenog tipa ili sa mogućnošću otvaranja bočnih panela koji služe za iskrcaj supstrata.

Ovakav tip prijevoza ponajviše se koristi zbog velikog kapaciteta poluprikolice, a s obzirom na težinu sječke velika je iskoristivost prijevoznog učinka uzme li se u obzir dopuštena masa skupa vozila.





**Slika 6.** Tegljač i poluprikolica za prijevoz sječke

Značajke prijevoznog sredstva – Man TGX 18.440 BLS

Man TGX 18.440 BLS kao i prethodna dva spomenuta tegljača služi za tegljenje poluprikolica raznih izvedbi i dimenzija. U ovom slučaju poluprikolice Knapen next K100 za prijevoz ogrjevnog drva tj. sječke.

Značajke tegljača:

- Dužina: 5875 mm
- Širina: 2500 mm
- Visina: 3542 mm
- Težina: 7.2 t
- Snaga motora: 324 kW (440 ks)

Poluprikolica Knapen NEXT K100 po dimenzijama spada u dugačke poluprikolice. Dobar je izbor za prijevoz sječke jer ima pomični pod koji služi za brzi istovar tovarnog prostora. Znatno je dulja i viša od ostalih poluprikolica te omogućuje prijevoz 80 kubnih metara supstrata čemu pogoduje i nosivost od gotovo 38 t.. Opremljena je PVC ceradom koja se skida prilikom utovara te stavlja natrag nakon obavljenog utovara za siguran prijevoz tereta.

Značajke poluprikolice:

- Dopuštena nosivost: 37 870 kg
- Masa praznog vozila: 6 400 kg
- Najveća dopuštena masa: 44 270 kg
- Dimenzije vozila: 14 500 x 2650 x 3870 mm



Slika 7. MAN TGX 18.440 BLS

#### 4. OPIS ZNAČAJKI INFRASTRUKTURNIH ELEMENATA I MANIPULACIJSKA SREDSTVA

Općenito, elementi tehnologije cestovnog prometa, se dijele na objekte, tj. predmet prijevoza, sredstva rada, tj. manipulacijska i prijevozna sredstva, te infrastrukturu koja podrazumijeva statičke objekte.

Pod pojmom infrastruktura se podrazumijevaju statički objekti čije je postojanje nužno za odvijanje prijevoznog procesa. Interes prometne tehnologije ne završava završetkom prijevoznog procesa već se nastavlja i obuhvaća i proces skladištenja, tako da i skladišta treba tretirati kao dio prometne infrastrukture.

U elemente infrastrukture se ubrajaju:

- cestovne prometnice
- terminali
- operativne površine koje služe za smještaj i tehnološku obradu supstrata na njegovu putu od izvora do cilja



- operativne površine i objekti koji služe za smještaj i održavanje prijevoznih i manipulacijskih sredstava

Infrastruktura, ako se promatra kao objekt, se ne razlikuje od ostalih tipova statičkih objekata u cestovnom prometu. Svi oni imaju prometnice koje ih povezuju s ostatkom regije, servisne objekte, skladišta, mjesta ukrcaja i iskrcaja te ostale elemente koji sve ukupno čine infrastrukturu kompletnu.

Promatra li se infrastruktura prema supstratu kojem je namijenjena tek tada se uočavaju razlike u izvedbi samih građevina te ponajviše skladišnih objekata.

Bitno je napomenuti da pri prijevozu sipkog tereta veliku ulogu ima uređaj za vaganje tereta tj. vaga. Ona je također dio infrastrukture te u cjelokupnom procesu ona ima najveću ulogu jer samo tako poslodavac može znati stvarnu masu prodanog ili kupljenog supstrata.

#### 4.1. Opis infrastrukture za proizvodnju kamenih agregata

Kameni agregati tj. razne izvedbe kamenog materijala različitih frakcija te granulacija proizvode se u kamenolomima. Kamenolom predstavlja infrastrukturu gdje se obavljaju sve radnje vezane za preradu, manipulaciju te prijevoz kamenog materijala. Tako se infrastruktura sastoji od mnogih objekata koji imaju važnu ulogu pri izvođenju procesa pa tako za primjer imamo upravu kamenoloma od koje sve kreće. Moglo bi se reći da ona ima logističku svrhu, od uprave sve kreće te ona izdaje radne naloge i organizira rute prijevoza prema potražnji supstrata.

Uz nju većina kamenoloma ima i servisne objekte za održavanje manipulacijskih sredstava tj. strojeva koji su nezaobilazni element pri samom započinjanju prijevoza pa je njihova ispravnost uvelike bitna. Osim manipulacijskih sredstava ti objekti služe i za održavanje prijevoznih sredstava, tegljača, kiperu, prikolica te poluprikolica.

Kad je riječ o skladištenju, kameni materijal nije potrebno posebno skladištiti, pa tako za element skladišta ovog oblika infrastrukture možemo uzeti tzv. „deponije“ koji služe za odlaganje materijala spremnog za prijevoz tj. kamena koji je prošao tehnološku obradu te je spreman za prodaju.

Sve to je povezano prometnicama ili putevima koji su nezaobilazni element infrastrukture te bez njih ne bi bilo moguće obavljati službu prijevoza.

#### 4.2. Opis infrastrukture za proizvodnju sječke

Infrastruktura za proizvodnju ogrjevnog drva tj. sječke također ima upravu koja predstavlja logističku jedinicu koja je polazni element sveukupnog procesa. Razlika je u tome što ovakva postrojenja nemaju sirovinu za proizvodnju u samom postrojenju kao što je to slučaj kod kamenoloma, već sirovinu potrebnu za proizvodnju sječke tj. drva dopremaju prijevoznim sredstvima te ih skladište na otvorene deponije od kuda

kreće proces prerade. Nakon prerade, sječka se skladišti u otvorenim ili zatvorenim skladištima kako bi proizvod ostao suh te bi se zadržala dobra ogrjevna svojstva.

U usporedbi s kamenolom koji nema skladišta za materijal, a nije mu ni potrebno, ovo je jedna od glavnih razlika jer infrastruktura također ima servisne objekte za održavanje, cestovne prometnice, parkirališta i slično. Još bi se jedan element mogao ubrojiti u infrastrukturu a to bi bila šuma, tj. mjesto ili područje gdje započinje proces proizvodnje sirovine koja je potrebna za daljnju obradu.

#### 4.3. Opis infrastrukture za proizvodnju žita

Proizvodnja žitarica, u ovom slučaju pšenice, započinje na oranicama te samim time one predstavljaju nezaobilazni dio infrastrukture koji se nadovezuje na sljedeće objekte a to su postrojenja za obradu i silosi. Oni predstavljaju glavnu razliku u usporedbi s ostalim infrastrukturama namijenjenim rasutom teretom. Silosi su uglavnom skladišta gdje se pohranjuje pšenica te moraju biti kvalitetno izvedeni da ne puštaju vlagu te kako bi zadržali žito suho i sigurno od vanjskih utjecaja.

Ostali dijelovi infrastrukture su manje-više slični prijašnjim primjerima pa tako i ovdje imamo objekt namijenjen za upravu, servisne objekte, parkirališta, garaže , prometnice i slično.

#### 4.4. Manipulacijska sredstva

Manipulacijsko sredstvo općenito predstavlja napravu za rukovanje, odnosno baratanje teretom tijekom procesa ukrcanja, iskrcaja i prekrcanja.

Prekrcajno-prijevozne aktivnosti sastavni su dio prijevoznog procesa. Prema tomu i sredstva kojima se obavljaju te manipulacije trebaju pratiti obilježja sredstava na kojima se temelji ukupni prijevozni proces tj. supstrata.

Prema obilježjima tereta manipulacijska se sredstva svrstavaju u tri osnovne skupine:

- sredstva za komadni teret
- sredstva za rasuti teret
- sredstva za tekući teret

Najčešće korištena sredstva za manipulaciju komadnim teretom su dizalice, te mostne dizalice koje ponajviše služe za premještanje i prekrcaj manipulativnih jedinica kao npr. kontejnera ali mogu poslužiti i u ostalim djelatnostima kao što je drvna industrija, pri obradi kamena, u reciklažnim dvorištima itd. Osim navedenog u manipulacijska sredstva za komadni teret ubrajaju se i viličari koji mogu biti visokopodizni, bočni, prenosivi te ručni.

Osim navedenih manipulacijskih sredstava koja spadaju u sredstva s diskontinuiranim djelovanjem, postoje i sredstva s kontinuiranim djelovanjem gdje se ubrajaju transporteri te konvejeri. Razlikuju se više tipova transportera prema različitim konstrukcijskim izvedbama pa imamo trakaste, pločaste, strugače, pužne, elevatore, gravitacijske, inercijski, pneumatski i hidraulički. Konvejera prema izvedbi ima nešto manje, a razvrstani su na prizemne, zračne i žičare.

Kod manipulacije rasutim teretom koriste se razne vrste utovarivača, bagera, dizalica s posebno izvedenom rukom u obliku „grajfera“ te ostala manipulacijska sredstva koja većinom imaju izvedenu utovarnu žlicu što pojednostavnjuje manipulaciju teretom. Osim navedenog koriste se i većim dijelom transporteri posebno trakasti, hidraulički te strugači.

Prema mjestu rada se dijele na:

- manipulacijska sredstva u proizvodnim pogonima
- manipulacijska sredstva u intermodalnim terminalima
- manipulacijska sredstva u skladišnim objektima

Prema putanjama kretanja jedinice tereta dijele se na:

- manipulacijska sredstva za vodoravni premještaj tereta
- manipulacijska sredstva za okomiti premještaj tereta
- za kosi premještaj tereta

#### 4.1.1. Značajke manipulacijskog sredstva – Liebherr 556 2

Za manipulacijsko sredstvo za primjer utovara kamenog materijala bit će uzet utovarivač Liebherr 556 2. Masa utovarivača iznosi 20 tona, a snaga motora 180kW. Obujam utovarne žlice je 4 m<sup>3</sup> što je optimalno za utovar poluprikolice od 24 m<sup>3</sup>.



**Slika 8.** Liebherr 556 2

#### 4.1.2. Značajke manipulacijskog sredstva - Jcb 540-170

Utovarivač Jcb 540-170 je zapravo teleskopski utovarivač te viličar koji ima mogućnost pružanja teleskopa 16 metara. Zbog odličnih vozničkih karakteristika, te lakoće manipuliranja samim sredstvom dobar je izbor za utovar sječke. Snaga motora mu je 81 Kw, a obujam utovarne žlice 2.5 m<sup>3</sup>. Ima mogućnost dizanja tereta do 4 tone, a njegova težina iznosi 12 160 kg.



**Slika 9.** Jcb 540-170

#### 4.1.3. Značajke manipulacijskog sredstva - DEUTZ-FAHR mod. C 6205 T4f

Kombajn DEUTZ-FAHR mod. C 6205 T4f je sredstvo za branje i obradu pšeničnog zrna ali može ga se promatrati i kao manipulacijsko sredstvo koje prilikom branja direktno vrši utovar supstrata u prijevozno sredstvo. To mu omogućuje istovarna cijev dužine 5 metara sa hidraulično podesivim nagibom. Kapacitet tj. brzina istovara iznosi 75 lit/s što otprilike znači da za istovar 1m<sup>3</sup> treba vremenski 15 sekundi. Snaga motora mu je 184 kW, a masa 11 500 kg.



**Slika 10.** DEUTZ-FAHR mod. C 6205 T4f

## 5. ANALIZA POSEBNOSTI PRIJEVOZA SIPKIH TERETA

Prijevozni zahtjevi supstrata razlikuju se jedan od drugog, stoga je bitno navesti posebnosti koje izravno utječu na učinkovitost i kvalitetu prijevoza pa tako se ponajviše razlikuju konstrukcije prijevoznih i manipulacijskih sredstava koje moraju biti prilagođene supstratu prema njegovim osobnim obilježjima.

### 5.1. Obilježja kamenih agregata u cestogradnji

Kameni agregati su sirovine dobivene drobljenjem i prosijavanjem kamene rude čime se dobiva materijal u rasutom stanju. Kao predmet transportnog supstrata tehničko-građevni kamen nije osjetljiv kao drugi transportni supstrati te nema opasnosti od oštećenja supstrata kao predmeta prijevoza što povoljno utječe na brzinu manipulacije istim. Također nema potrebe za posebnim skladištenjem jer je otporan na sve prirodne utjecaje. Jedini nedostatak kod sitnijeg materijala, granulacije od 0 do 4 mm, je u tome što utjecajem vlage materijal dobiva na masi koja uvelike varira te bi takav materijal bilo najbolje izbjegavati zbog mogućih prekoračenja zakonskih ograničenja u cestovnom prometu te manje učinkovitosti prijevoznih procesa.

Masa kubnog metra kamenih agregata je između 1200kg i 1700kg te se u prosjeku uzima iznos od 1500 kilograma za jedan kubni metar.

S obzirom na vrstu materijala i njegovim svojstvima te način ugradnje u nasip, materijal za izradu nasipa može se podijeliti na:

- Kamene materijale

To su materijali dobiveni miniranjem, drobljenjem te šljunci i ostali materijali koji nisu osjetljivi na prisutnost vode.

- miješane materijale

Materijali kamenog i zemljanog podrijetla, glinasti šljunci, trošne stijene, lapori i drugi. Ti materijali su manje osjetljivi na djelovanje vode.

- zemljane materijale

Gline niske do visoke plastičnosti, glinasti pijesci, prašine te slični materijali. izrazito osjetljivi na prisutnost vode.





**Slika 11.** Kameni materijal

## 5.2. Obilježja žita pšenice

Pšenica je jednogodišnja biljka korištena u proizvodnji većine prehrambenih proizvoda. Može se koristiti za ljudsku prehranu te kao krmno bilje u stočarstvu. Također se rabi za izradu biogoriva za vozila s diesel motorom. Plod pšenice je zrno koje se dobiva obradom strojeva, a specifična težina žita pšenice jednog metra kubnog iznosi 577 kilograma. Također kao i kod nekih drugih sipkih proizvoda težina joj varira u odnosu na vlagu. Iz toga razloga skladišti se u posebnim silosima koji je štite od vanjskih utjecaja.



**Slika 12.** Pšenica

### 5.3. Obilježja ogrjevnog drva-sječke

Drvo je danas glavna sirovina za proizvodnju svih mogućih tipova namještaja, alata, pomagala i slično. Osim navedenog drvo se još uvijek uvelike koristi za grijanje kućanstava te velikih postrojenja baš iz razloga jer je još uvijek isplativije od raznih drugih metoda kao što su nafta ili zemni plin. Sječka je jedna o mnogih vrsta načina obrade ogrjevnog drva, a ponajviše se rabi u većim industrijskim postrojenjima. Proizvodi se od cijeloga drva ili drvnih otpadaka što nastaju prilikom proizvodnje namještaja ili preradom drva u neke druge proizvode pa je stoga sirovina za proizvodnju sječke jeftina.

Prosječna masa metra kubnog sječke iznosi 420 kilograma te ona varira ovisno o tome od kakvog tipa i vrste drveta je napravljena. Također masa ovisi o vlažnosti pa se tako sječka skladišti u velikim natkrivenima hangarima kako bi se spriječio utjecaj kiše i zadržala ogrjevna moć, međutim to nije uvijek slučaj pa se negdje još uvijek skladišti na otvorenim prostorima te se prilikom transporta mokra sječka miješa sa suhom kako bi se zadržala ta ogrjevna moć.



**Slika 13.** Sječka

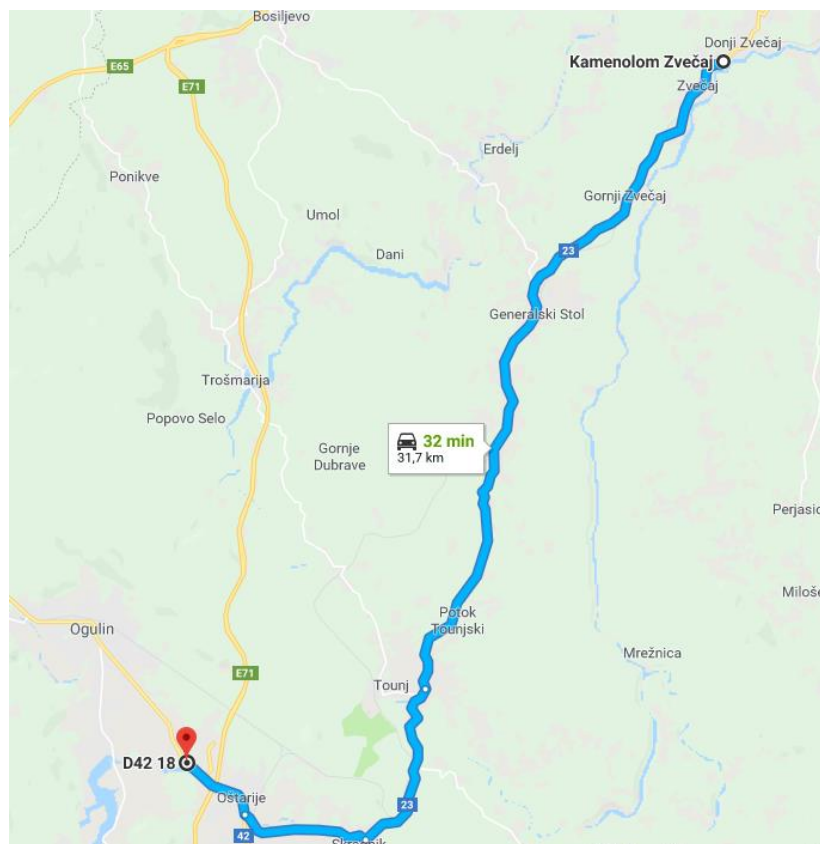


## 6. ANALIZA UČINKOVITOSTI PROCESA PRIJEVOZA SIPKIH TERETA

Analiza učinkovitosti prijevoznih procesa proizlazi iz analize obrta prijevoznog sredstva. Za analizu učinkovitosti procesa prijevoza uzeti će se za primjer šest obrta. Po dva obrta za svaki tip prijevoza tj. dva za prijevoz kamenog materijala, dva za prijevoz žita tj. pšenice te dva za prijevoz ogrjevnog drva sječke. Od ta dva obrta jedan će biti kretanjem po državnim cestama, a drugi cestama većih brzina tj. autocestama i brzim cestama. Za primjer početnih i završnih radnji tj. točaka kretanja su uzeta mala poduzeća koja se bave prijevozom te obradom supstrata koji je uzet za predmet prijevoza u određenom obrtu samo kako bi se na neki način prikazala potražnja i usluga prijevoza na određenom području.

### 6.1. Prikaz itinerara kretanja prijevoznih procesa

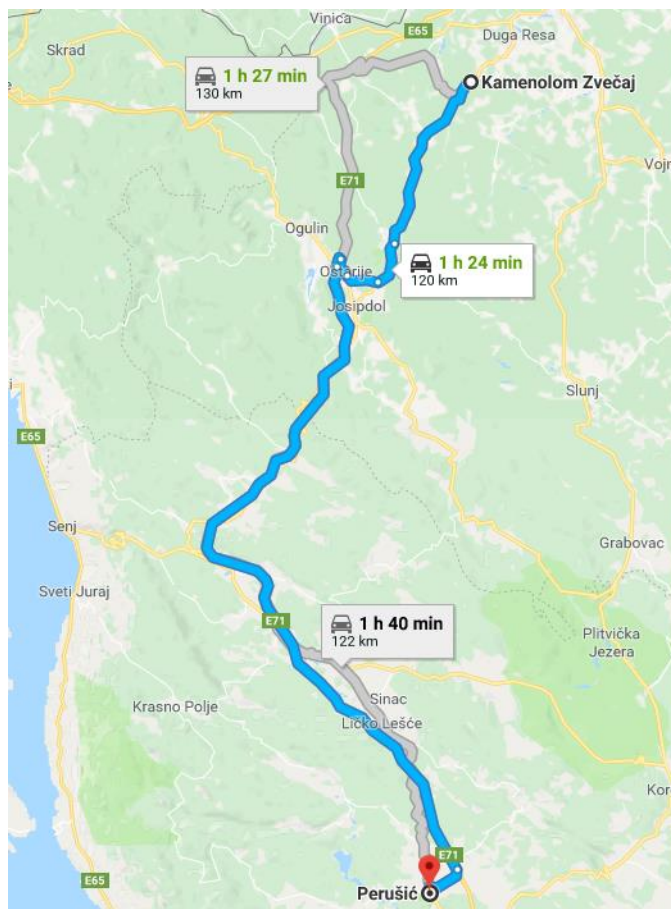
- **Prijevoz kamenog materijala**
- Prvi obrt Zvečaj-Otok oštarijski-Zvečaj



Slika 14. Zvečaj-Otok oštarijski

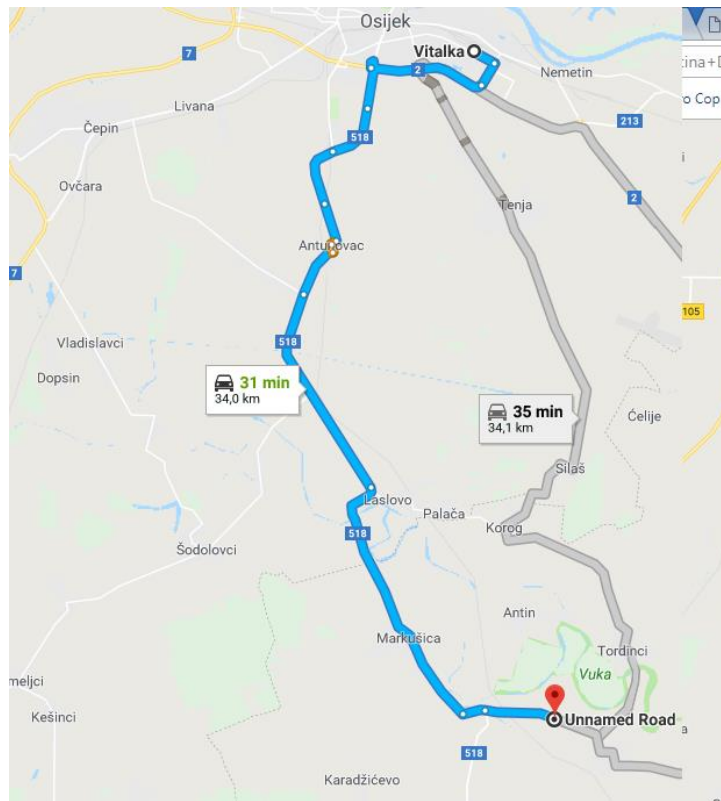


- Drugi obrt Zvečaj-Perušić-Zvečaj



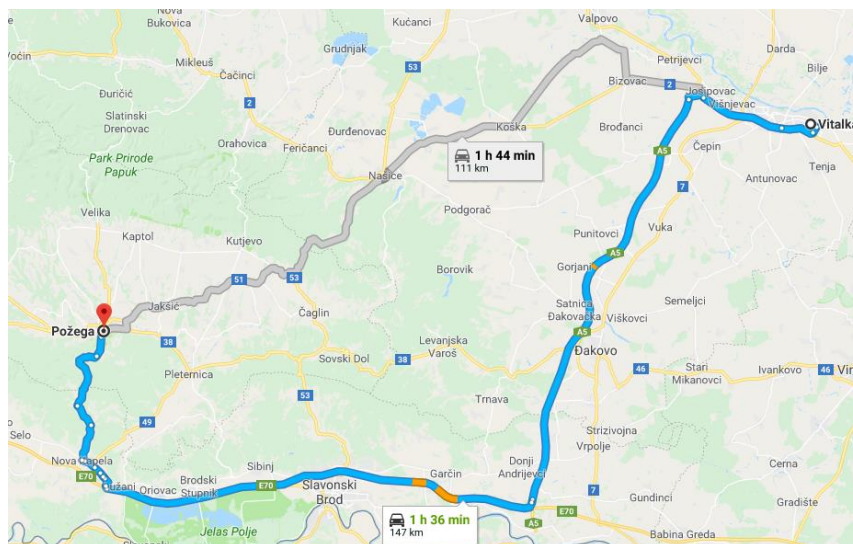
Slika 15. Zvečaj-Perušić

- **Prijevoz pšenice**
- **Prvi obrt Osijek-Gaboš-Osijek**



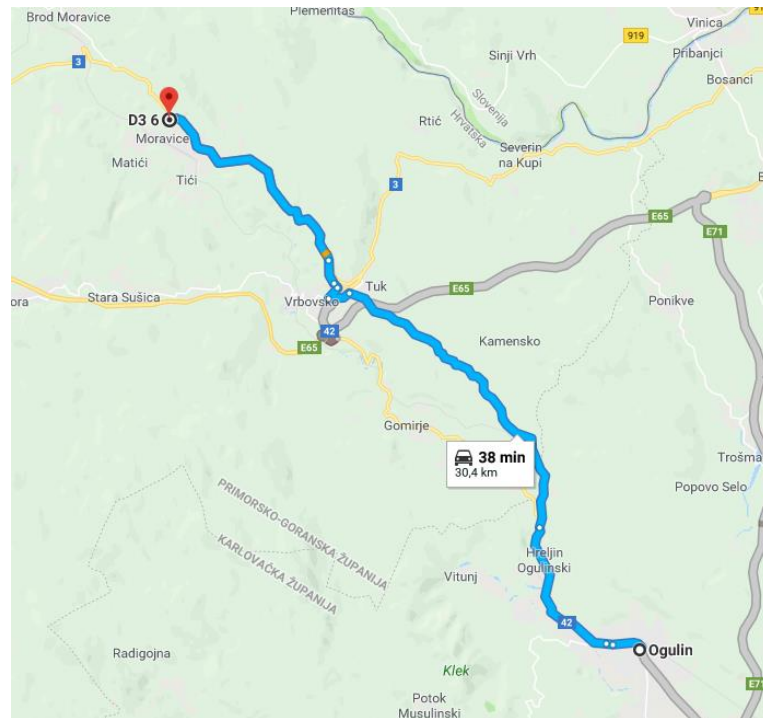
Slika 16. Osijek-Gaboš

- **Drugi obrt Osijek-Požega-Osijek**



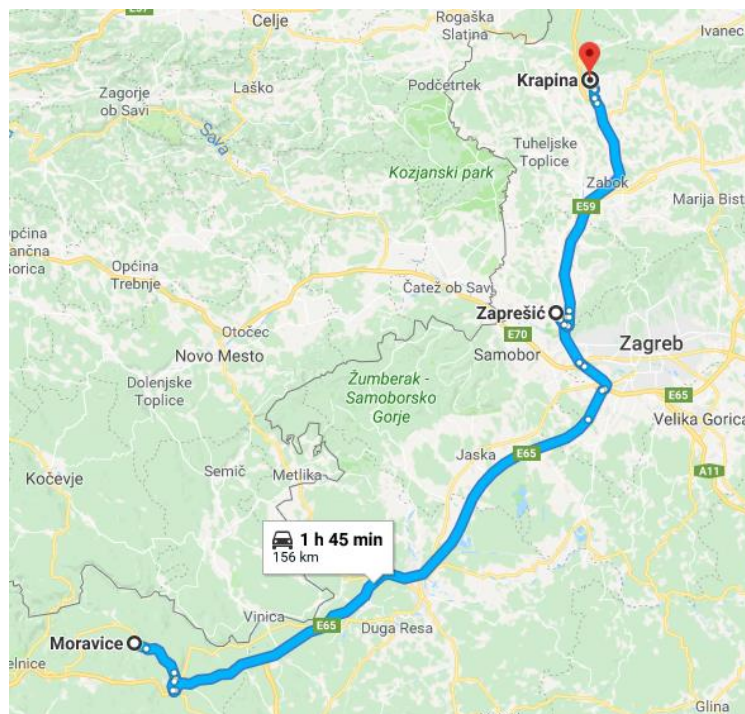
Slika 17. Osijek-Požega

- **Prijevoz sječke**
- **Prvi obrt Moravice-Ogulin-Moravice**



Slika 18. Moravice-Ogulin

- **Drugi obrt Moravice-Zaprešić-Krapina-Moravice**



Slika 19. Moravice-Zaprešić-Krapina

## 6.2. Detaljna analiza pojedinih obrta

### ▪ Prijevoz kamenog materijala

Tablica 1– Analiza procesa – obrta 1

R.br.	Relacija	Aktivnost	Vrijeme	Roba	Put	Brzina
	adresa	Ukrcaj, prijevoz, iskrcaj	[min]	[kg]	[km]	[km/h]
1.	Zvečaj	Ukrcaj	5	25000	0	0
2.	Zvečaj-Otok oštarijski	Prijevoz	39	25000	32,3	50
3.	Otok oštarijski	Iskrcaj	5	25000	0	0
4.	Otok oštarijski-Zvečaj	Prijevoz	32	0	32,3	60

Tablica 2- Analiza procesa – obrta 2

R.br.	Relacija	Aktivnost	Vrijeme	Roba	Put	Brzina
	adresa	Ukrcaj, prijevoz, iskrcaj	[min]	[kg]	[km]	[km/h]
1.	Zvečaj	Ukrcaj	5	24500	0	0
2.	Zvečaj-Perušić	Prijevoz	103	24500	120	70
3.	Perušić	Iskrcaj	5	24500	0	0
4.	Perušić-Zvečaj	Prijevoz	80	0	120	90

Vrijeme trajanja nulte vožnje vozila tijekom prvog obrta:

$$t_{01} = 0 \text{ [min]}$$

Vrijeme vožnje tijekom prvog obrta:

$$t_{v1} = t_{v_{iAB}} + t_{v_{iBA}} = 39 + 32 = 71 \text{ [min]}$$

Vrijeme ukrcajno-iskrcajnih operacija tijekom prvog obrta:

$$t_{ui_1} = t_{u_1} + t_{i_1} = 5 + 5 = 10 \text{ [min]}$$

Ukupno vrijeme trajanja prvog obrta je:

$$T_{o_1} = t_{u_A} + t_{v_{AB}} + t_{i_B} + t_{v_{pBA}} = 5 + 39 + 5 + 32 = 81[\text{min}]$$

Nulti prijeđeni put vozila:

$$L_{0_1} = 0 [\text{km}]$$

Prijeđeni put pod teretom za vrijeme prvog obrta:

$$L_{t_1} = L_{t_{AB}} = 32,3[\text{km}]$$

Prazno prijeđeni put u okviru prvog obrta:

$$L_{p_1} = L_{p_{BA}} = 32,3[\text{km}]$$

Ukupno prijeđeni put vozila na prvom obrtu:

$$L_1 = L_{0_1} + L_{t_1} + L_{t_2} = 0 + 32,3 + 32,3 = 64,6 [\text{km}]$$

Podaci drugog obrta:

$$t_{0_2} = 0[\text{min}]$$

$$t_{v_2} = 183[\text{min}]$$

$$t_{ui_2} = 10[\text{min}]$$

$$T_{o_2} = 193[\text{min}]$$

$$L_{0_2} = 0 [\text{km}]$$

$$L_{t_2} = 120[\text{km}]$$

$$L_{p_2} = 120 [\text{km}]$$

$$L_2 = 140[\text{km}]$$

- **Prijevoz žita**

**Tablica 3**– Analiza procesa – obrta 1

R.br.	Relacija	Aktivnost	Vrijeme	Roba	Put	Brzina
	adresa	Ukrcaj, prijevoz, iskrcaj	[min]	[kg]	[km]	[km/h]
1.	Osijek-Gaboš	Prijevoz	34	0	34	60
2.	Gaboš	Ukrcaj	11	24800	0	0
3.	Gaboš-Osijek	Prijevoz	41	24800	34	50
4.	Osijek	Iskrcaj	5	24800	0	0

**Tablica 4-** Analiza procesa – obrta 2

R.br.	Relacija	Aktivnost	Vrijeme	Roba	Put	Brzina
	adresa	Ukrcaj, prijevoz, iskrcaj	[min]	[kg]	[km]	[km/h]
1.	Osijek-Požega	Prijevoz	93	0	139	90
2.	Požega	Utovar	10	23080	0	0
3.	Požega-Osijek	Prijevoz	120	23080	139	70
4.	Osijek	Istovar	5	23080	0	0

Vrijeme trajanja nulte vožnje vozila tijekom prvog obrta:

$$t_{01} = 34 \text{ [min]}$$

Vrijeme vožnje tijekom prvog obrta:

$$t_{v1} = t_{v_{iAB}} + t_{v_{iBA}} = 34 + 41 = 75 \text{ [min]}$$

Vrijeme ukrcajno-iskrcajnih operacija tijekom prvog obrta:

$$t_{ui1} = t_{u_1} + t_{i_1} = 11 + 5 = 16 \text{ [min]}$$

Ukupno vrijeme trajanja prvog obrta je:

$$T_{o1} = t_{v_{pAB}} + t_{u_B} + t_{v_{BA}} + t_{i_A} = 34 + 11 + 41 + 5 = 91 \text{ [min]}$$

Nulti prijeđeni put vozila:

$$L_{01} = 34 \text{ [km]}$$

Prijeđeni put pod teretom za vrijeme prvog obrta:

$$L_{t1} = L_{t_{AB}} = 34 \text{ [km]}$$

Prazno prijeđeni put u okviru prvog obrta:

$$L_{p1} = L_{p_{BA}} = 34 \text{ [km]}$$

Ukupno prijeđeni put vozila na prvom obrtu:

$$L_1 = L_{01} + L_{t1} + L_{t2} = 0 + 32,3 + 32,3 = 68 \text{ [km]}$$

Podaci drugog obrta:

$$t_{0_2} = 93[\text{min}]$$

$$t_{v_2} = 213[\text{min}]$$

$$t_{ui_2} = 15[\text{min}]$$

$$T_{o_2} = 228[\text{min}]$$

$$L_{0_2} = 139 [\text{km}]$$

$$L_{t_2} = 139[\text{km}]$$

$$L_{p_2} = 139 [\text{km}]$$

$$L_2 = 278[\text{km}]$$

- **Prijevoz sječke**

**Tablica 5**– Analiza procesa – obrta 1

R.br.	Relacija	Aktivnost	Vrijeme	Roba	Put	Brzina
	adresa	Ukrcaj, prijevoz, iskrcaj	[min]	[kg]	[km]	[km/h]
1.	Moravice	Ukrcaj	18	25200	0	0
2.	Moravice-Ogulin	Prijevoz	37	25200	30,4	50
3.	Ogulin	Iskrcaj	15	25200	0	0
4.	Ogulin-Moravice	Prijevoz	30	0	30,4	60



**Tablica 6-** Analiza procesa – obrta 2

R.br.	Relacija	Aktivnost	Vrijeme	Roba	Put	Brzina
	adresa	Ukrcaj, prijevoz, iskrcaj	[min]	[kg]	[km]	[km/h]
1.	Moravice	Ukrcaj	17	24360	0	0
2.	Moravice-Zaprešić	Prijevoz	96	24360	112	70
3.	Zaprešić	Iskrcaj	15	24360	0	0
4.	Zaprešić-Krapina	Prijevoz	30	0	44	90
5.	Krapina	Ukrcaj	16	23100	0	0
6.	Krapina-Moravice	Prijevoz	134	23100	156	70
7.	Moravice	Iskrcaj	15	23100	0	0

Vrijeme trajanja nulte vožnje vozila tijekom prvog obrta:

$$t_{01} = 0 \text{ [min]}$$

Vrijeme vožnje tijekom prvog obrta:

$$t_{v1} = t_{v_{iAB}} + t_{v_{iBA}} = 37 + 30 = 67 \text{ [min]}$$

Vrijeme ukrcajno-iskrcajnih operacija tijekom prvog obrta:

$$t_{ui_1} = t_{u_1} + t_{i_1} = 18 + 15 = 33 \text{ [min]}$$

Ukupno vrijeme trajanja prvog obrta je:

$$T_{01} = t_{u_A} + t_{v_{AB}} + t_{i_B} + t_{v_{pBA}} = 18 + 37 + 15 + 30 = 100 \text{ [min]}$$

Nulti prijeđeni put vozila:

$$L_{01} = 0 \text{ [km]}$$

Prijeđeni put pod teretom za vrijeme prvog obrta:

$$L_{t_1} = L_{t_{AB}} = 30,4 \text{ [km]}$$

Prazno prijeđeni put u okviru prvog obrta:

$$L_{p_1} = L_{p_{BA}} = 30,4 \text{ [km]}$$

Ukupno prijeđeni put vozila na prvom obrtu:

$$L_1 = L_{01} + L_{t_1} + L_{t_2} = 0 + 30,4 + 30,4 = 60,8 \text{ [km]}$$



Podaci drugog obrta:

$$t_{0_2} = 0[\text{min}]$$

$$t_{v_2} = 260[\text{min}]$$

$$t_{ui_2} = 63[\text{min}]$$

$$T_{o_2} = 323[\text{min}]$$

$$L_{0_2} = 0[\text{km}]$$

$$L_{t_2} = 268[\text{km}]$$

$$L_{p_2} = 44[\text{km}]$$

$$L_2 = 312[\text{km}]$$

### 6.3. Ostvareni prijevozni učinci

Ostvareni prijevozni učinak koji je postignut kroz obavljanje procesa prijevoza se iskazuje kroz koeficijente i pokazatelje rada prijevoznog sredstva na radu. Bitan pokazatelj je tonski kilometar, a on se dobiva sumom stvarno prevezenog tereta i umnoškom sa ukupnim putem pod teretom. Također bitan pokazatelj su i troškovi samog prijevoza prema kojima se mjeri učinak.

**Tablica 7**– prijevozni učinci

	Kameni materijal		Pšenica		Sječka	
$Q_x = \sum Q [t]$	$Q_1 = 25[t]$	$Q_2 = 24,5[t]$	$Q_1 = 24,8[t]$	$Q_2 = 23,08[t]$	$Q_1 = 25,2[t]$	$Q_2 = 47,46[t]$
$U_x = \sum Q_x * L_{t_x}$	$U_1 = 807,5[tkm]$	$U_2 = 2940[tkm]$	$U_1 = 843,2[tkm]$	$U_2 = 3208,1[tkm]$	$U_1 = 766[tkm]$	$U_2 = 12730[tkm]$

Količina stvarno prevezenog tereta je kod svakog tipa prijevoza, a i obrta skoro jednaka osim kod drugog obrta pri prijevozu sječke zbog složenog obrta i dva prijevoza pod teretom.

Ostvareni prijevozni učinci s obzirom na prijeđene kilometre su povoljni iz razloga što je prijevozno sredstvo bilo optimalno natovareno te pod opterećenjem koje dopušta zakon.

### 6.4. Koeficijenti i pokazatelji djelovanja prijevoznih sredstava

Svaki prijevozni proces ima svoje prednosti i nedostatke ali i ograničenja koja se mogu odstraniti ili reducirati tokom prijevoznog procesa, a iskazuju se koeficijentima djelovanja te pokazateljima rada prijevoznih sredstava.

#### 6.4.1. Koeficijent vremenske analize $\alpha_{ad}$ i $\alpha_v$

Koeficijent angažiranosti prijevoznih sredstava tijekom dana  $\alpha_{ad}$  dobiva se dijeleći sate prijevoznog sredstva na radu sa knjigovodstvenim satima tijekom dana kojih je 24.

$$\alpha_{ad} = \frac{Hr}{24}$$

**Tablica 8**– koeficijent angažiranosti prijevoznih sredstava tijekom dana

	<b>Kameni materijal</b>	<b>Pšenica</b>	<b>Sječka</b>
$\alpha_{ad}$	0.19	0.22	0.29

Koeficijenti angažiranosti vozila tijekom dana su nepovoljni. Razlog tome je što su svaki od tipova prijevoza imali samo dva obrta u danu, ali to je isključivo za ovaj primjer. U stvarnosti rezultati mogu dosezati vrijednosti od 0.7 i više ovisno o tome koliko je vozilo angažirano te u koliko smjena je korišteno.

Koeficijent iskorištenja vožnje  $\alpha_v$  prati uspješnost angažiranosti prijevoznih sredstava. Određuje se količnikom vremena provedenog u kretanju i ukupnog vremena koje je vozilo provelo na zadatku.

$$\alpha_v = \frac{Hv}{Hr}$$

**Tablica 9**– koeficijent iskorištenja vožnje

	<b>Kameni materijal</b>	<b>Pšenica</b>	<b>Sječka</b>
$\alpha_v$	0.92	0.9	0.77

Vrlo dobri rezultati su pri analizi koeficijenta iskorištenja vožnje. Ponajprije iz razloga što na ukrcaj i iskrcaj otpada manji dio vremena cjelokupnog obrta te to izravno utječe na povećanje samoga koeficijenta i veći dio proveden u vožnji.

#### 6.4.2. Koeficijenti i pokazatelji prijeđenog puta $\beta, \beta_n, L_{st1}, L_{st\lambda}$

Učinak na prijeđenom putu prikazuje se koeficijentima prijeđenog puta. Koeficijent iskorištenosti prijeđenog puta  $\beta$  izračunava se dijeljenjem prijeđenog puta pod teretom sa ukupnim putom što ga je prijevozno sredstvo prešlo.

$$\beta = \frac{L_t}{L}$$

**Tablica 10**– koeficijent iskorištenosti prijeđenog puta  $\beta$

	Kameni materijal		Pšenica		Sječka	
$\beta$	$\beta_1 = 0.5$	$\beta_2 = 0.5$	$\beta_1 = 0.5$	$\beta_2 = 0.5$	$\beta_1 = 0.5$	$\beta_2 = 0.86$

Koeficijenti pri svim obrtima su jednaki iz razloga što je obrt jednostavnog tipa osim kod drugog obrta prijevoza sječke gdje koeficijent znatno odstupa a to je rezultat složenog obrta i povratne ture tereta u samu proizvodnju.

Koeficijent  $\beta_n$  prikazuje udio nultog prijeđenog puta u ukupnom prijeđenom putu.

$$\beta_n = \frac{L_0}{L}$$

**Tablica 11**– koeficijent iskorištenosti nultog prijeđenog puta  $\beta_n$

	Kameni materijal		Pšenica		Sječka	
$\beta_n$	$\beta_{n1} = 0$	$\beta_{n2} = 0$	$\beta_{n1} = 0.5$	$\beta_{n2} = 0.5$	$\beta_{n1} = 0$	$\beta_{n2} = 0$

Nultog puta kod prijevoza kamenog materijala i sječke nema zbog toga što se proizvod nalazi u samom postrojenju za proizvodnju dok pri prijevozu pšenice prijevozno sredstvo mora prvo doći iz garaže do samog supstrata kojeg treba prevoziti i tek onda ga voziti u prerađivačku industriju.

Pokazatelj  $L_{st1}$  predstavlja srednju udaljenost prijevoza jedne tone tereta, a dobiva se kao rezultat odnosa ostvarenog učinka u tonskim kilometrima naprema količini prevezenog tereta.

$$L_{st1} = \frac{U}{Q}$$

**Tablica 12**– pokazatelj  $L_{st1}$

	Kameni materijal		Pšenica		Sječka	
$L_{st1}$	$L_{st1_1}$ = 32,3 [km]	$L_{st1_2}$ = 120[km]	$L_{st1_1}$ = 34[km]	$L_{st1_2}$ = 139[km]	$L_{st1_1}$ = 30,4[km]	$L_{st1_2}$ = 268,2[km]

Srednja udaljenost vožnje pri radu jednog prijevoznog sredstva sa teretom  $L_{st\lambda}$  dobiva se aritmetičkom srednjom vrijednosti svih udaljenosti vožnja s teretom.

$$L_{st\lambda} = \frac{L_t}{n_\lambda}$$

**Tablica 13**– pokazatelj  $L_{st\lambda}$

	Kameni materijal		Pšenica		Sječka	
$L_{st\lambda}$	$L_{st\lambda_1}$ = 32,3 [km]	$L_{st\lambda_2}$ = 120[km]	$L_{st\lambda_1}$ = 34[km]	$L_{st\lambda_2}$ = 139[km]	$L_{st\lambda_1}$ = 30,4[km]	$L_{st\lambda_2}$ = 134[km]

Srednja udaljenost vožnje pri radu jednog prijevoznog sredstva sa teretom iznosi isto kao i stvarna udaljenost vožnje sa teretom osim kod drugoga obrta pri prijevozu sječke zbog složenosti samog obrta koji sadrži dva prijevozna procesa.

#### 6.4.3. Koeficijent statičkog opterećenja $\gamma_{sm}$

Dijeljenjem stvarnog i mogućeg tj. Nazivnog opterećenja dobivamo koeficijent koji se naziva koeficijent statičkog opterećenja u smislu mase.

$$\gamma_{sm} = \frac{q_s}{q_n}$$

**Tablica 14**– koeficijent statičkog opterećenja  $\gamma_{sm}$  prema masi

	Kameni materijal	Pšenica	Sječka
$\gamma_{sm}$	$\gamma_{sm} = 0.71$	$\gamma_{sm} = 0.67$	$\gamma_{sm} = 0.56$

Rezultati u smislu mase su povoljni te su realnih iznosa, većina prikolica ima veliku nosivost ali se ne može optimalno iskoristiti zbog zakonskih ograničenja prijevoza tereta. U ovom slučaju najoptimalniji je koeficijent pri prijevozu kamenog materijala, a najlošije je iskorištena poluprikolica za prijevoz sječke.

U smislu volumena računa se koeficijent statičkog opterećenja u smislu volumena  $\gamma_{sv}$

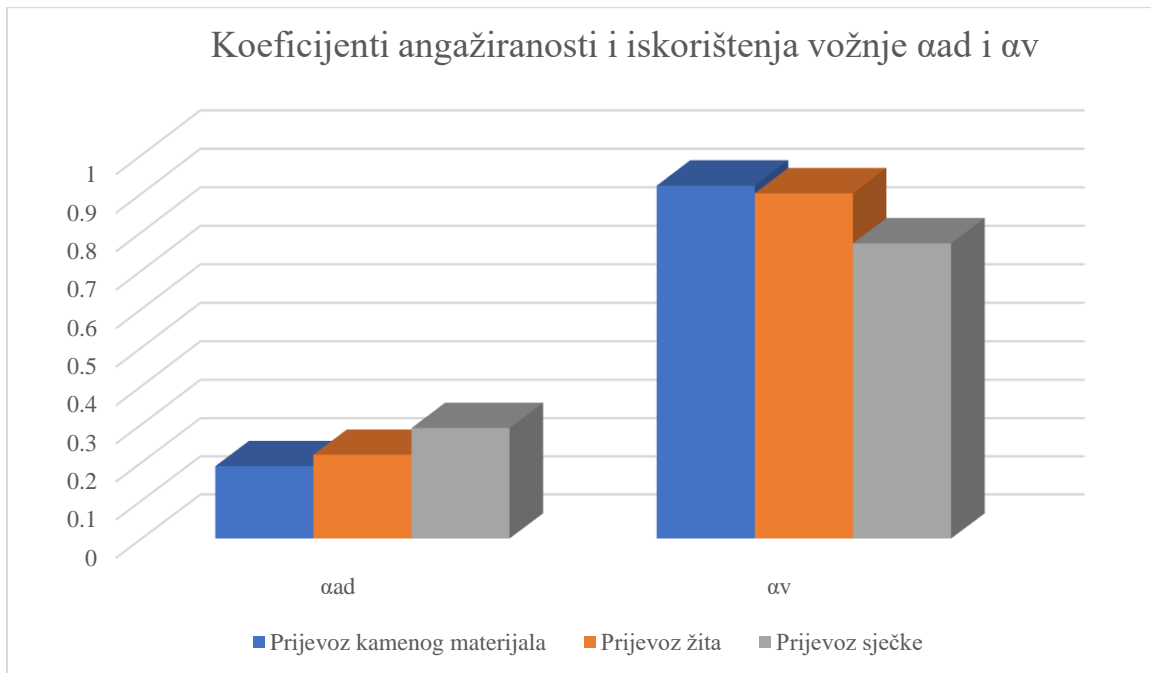
$$\gamma_{sv} = \frac{q_{sv}}{q_{nv}}$$

**Tablica 15**– koeficijent statičkog opterećenja  $\gamma_{sv}$  prema volumenu

	Kameni materijal	Pšenica	Sječka
$\gamma_{sv}$	$\gamma_{sv} = 0.69$	$\gamma_{sv} = 0.72$	$\gamma_{sv} = 0.75$

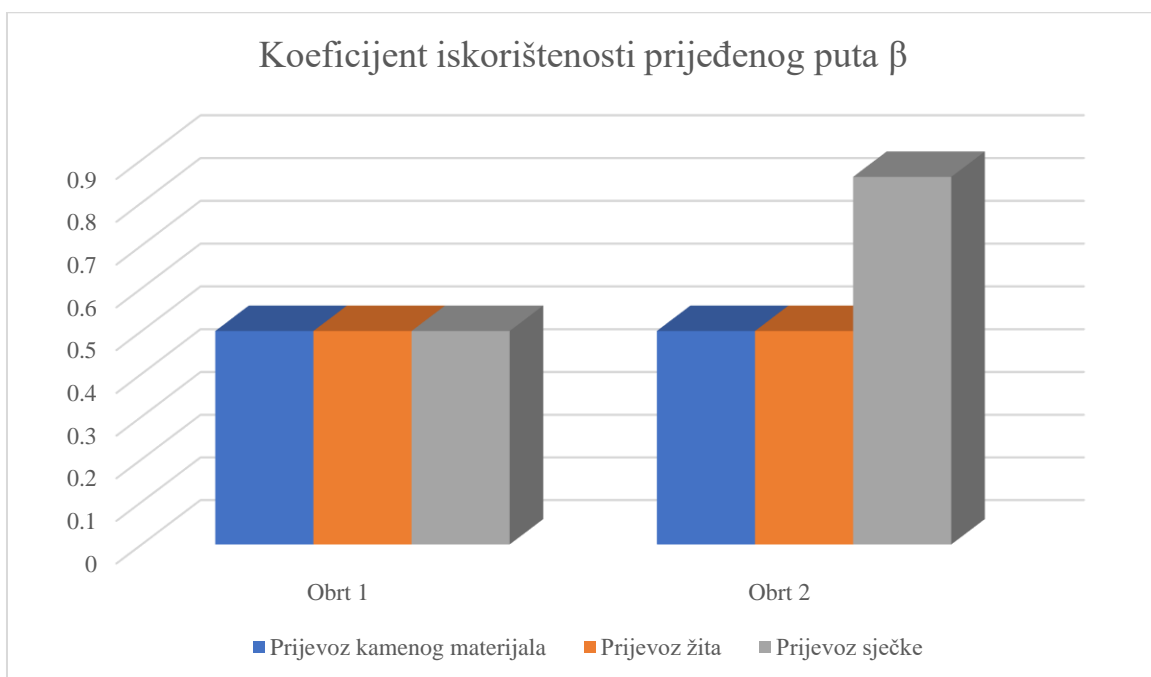
Kad je riječ o volumenu koeficijenti su nešto višeg iznosa, ali je opet najpovoljnija poluprikolica za prijevoz kamenog materijala koja ima zapremninu od  $24m^3$  te je pri svakom obrtu popunjena sa otprilike  $17m^3$  materijala, dok prikolica za prijevoz pšenice ima zapremninu od  $60m^3$  zbog manje specifične težine samog supstrata te pri obrtu vozi prosječno  $40m^3$ . Zapremnina poluprikolice pri prijevozu sječke iznosi  $80m^3$  te prosječni iznos pri prijevozu supstrata je  $60m^3$ .

#### 6.4.4. Grafički prikaz učinkovitosti prijevoznih procesa



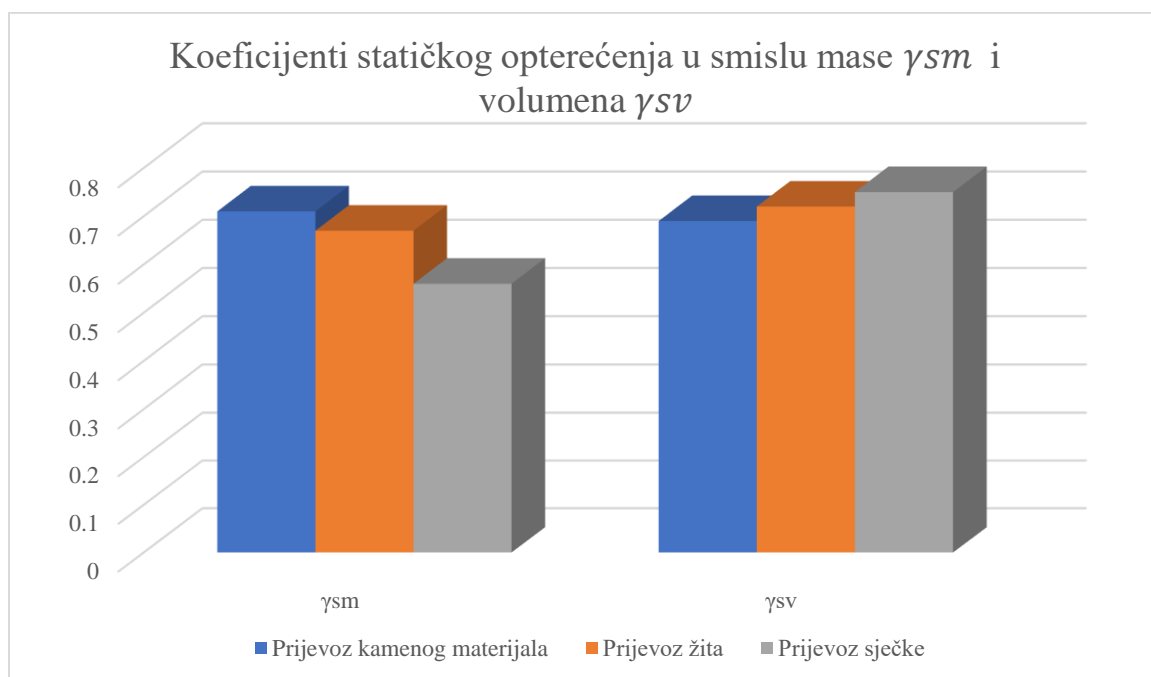
**Grafikon 1**-Koeficijent angažiranosti i iskorištenja vožnje

Koeficijent angažiranosti bolji je kod prijevoza sječke zbog veće zaposlenosti te složenog obrta, dok je pri iskorištenju vožnje rezultat nešto nepovoljniji zbog kilometara prijeđenih bez tereta što nije slučaj kod prijevoza kamenog materijala i žita zbog jednostavnih obrta.



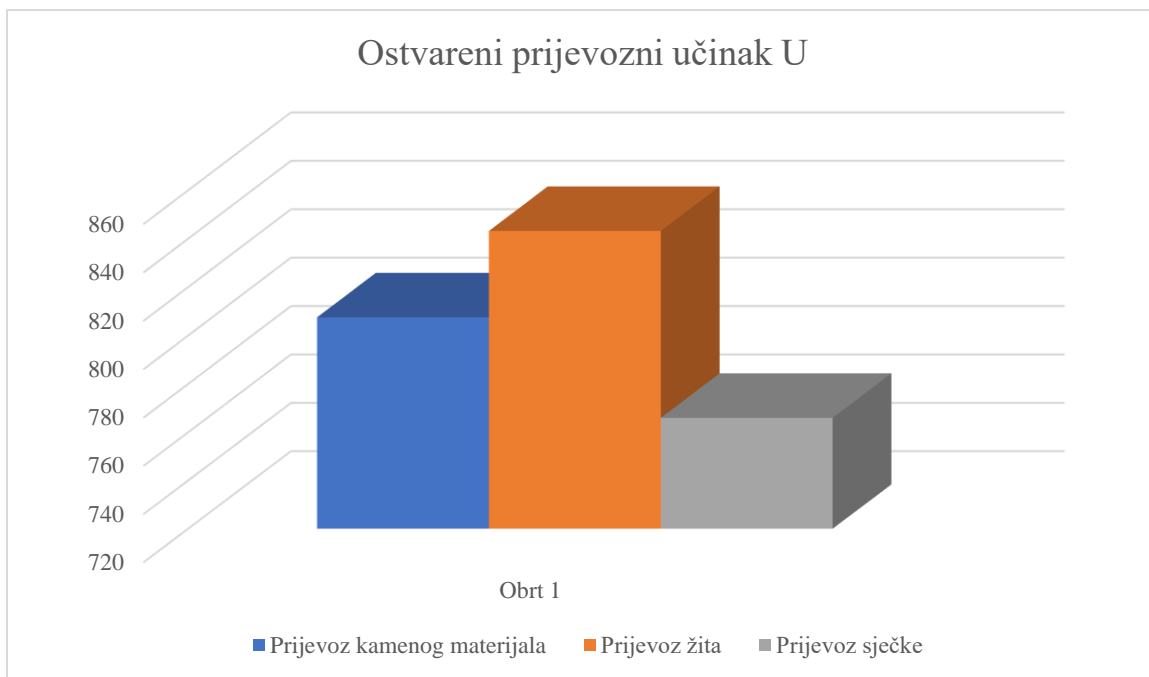
**Grafikon 2**– Koeficijent iskorištenosti prijeđenog puta

Kod koeficijenta prijeđenog puta rezultati su isti ili slični zbog toga što su prijevozni procesi bili integrirani u jednostavne obrte dok je kod drugog obrta pri prijevozu sječke prisutan pozitivni porast vrijednosti što je rezultat složenog obrta.



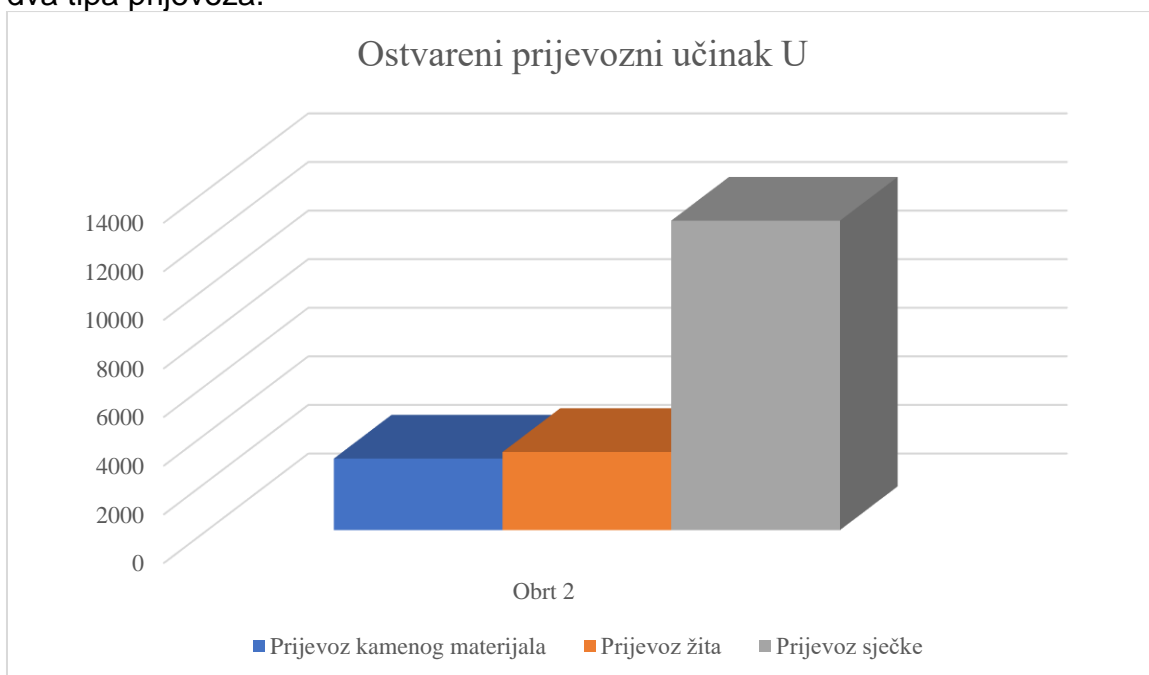
**Grafikon 3**– Koeficijent statičkog opterećenja u smislu mase i volumena

Iz grafikona se vidi da je kad je riječ o masi, najbolje iskorištena poluprikolica za prijevoz kamenog materijala, nosivost je iskorištena skoro do maksimuma dok pri ostalim prijevozima supstrata vrijednost koeficijenta statičkog opterećenja prema masi je nešto manja, iz razloga što je poluprikolicama velika dopuštena nosivost ali zbog zakonskih ograničenja ju je nemoguće iskoristiti. Kod koeficijenta statičkog opterećenja prema volumenu situacija je obrnuta ali to je rezultat male specifične mase pšenice i sječke u usporedbi sa kamenim materijalom kojem je masa skoro 1000kg veća od istih.



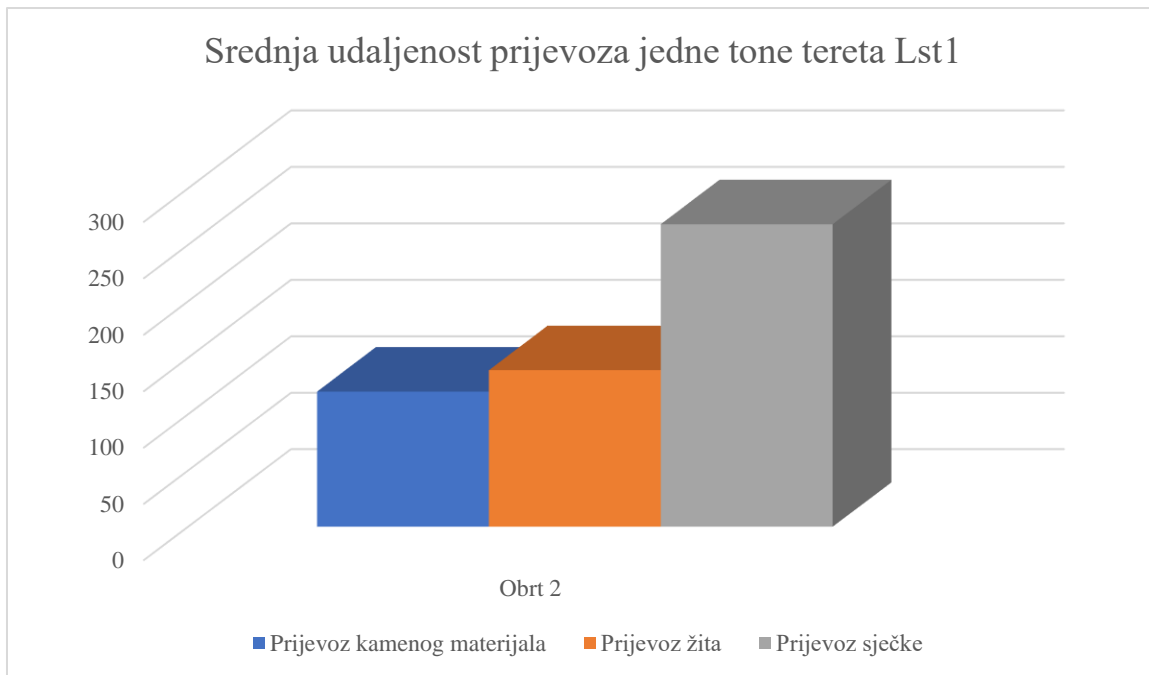
**Grafikon 4–** Ostvareni prijevozni učinak u prvom obrtu

Usporedbom dobivenih rezultata u prvom obrtu, prijevozni učinak najveći je kod prijevoza pšenice. Rezultat tome je malo duže prijeđenim put u odnosu na ostala dva tipa prijevoza.



**Grafikon 5–** Ostvareni prijevozni učinak u drugom obrtu

U drugom obrtu prijevozni učinak kod prijevoza sječke znatno odskoče od ostala dva tipa prijevoza zbog složenog obrta u kojem je integrirana povratna tura drvnog otpada u proizvodnju te je tako povratni put optimalno iskorišten pod teretom.



**Grafikon 6**– Srednja udaljenost prijevoza jedne tone tereta

Srednja udaljenost prijevoza jedne tone tereta približno je ista ili jednaka kao i kod srednje udaljenosti vožnje pri radu jednog prijevoznog sredstva. Čak i dobivene udaljenosti odgovaraju polovici prijeđenoga puta zbog toga što su obrti jednostavnog tipa. Razlika se ističe kod složenog drugog obrta u slučaju prijevoza sječke.

## 7. UTJECAJ OBILJEŽJA RASUTIH TERETA NA UČINKOVITOST PRIJEVOZNOG PROCESA

Svaki supstrat tj. predmet prijevoza ima svoja obilježja koja se razlikuju jedno od drugoga. Svojim značajkama može bitno utjecati na prijevozni proces a time i na samu učinkovitost prijevoza. Iz tog razloga manipulacijska sredstva i prijevozna sredstva prilagođena su obliku i značajkama prijevoznog zahtjeva tj. predmetu prijevoza koji je temelj za odabir odgovarajućih sredstava.

Tako je u ovom radu za prijevoz kamenog materijala korištena poluprikolica zapremnine 24 m<sup>3</sup> što je znatno manja zapremnina za razliku od poluprikolice za prijevoz žita (60 m<sup>3</sup>) te poluprikolice za prijevoz sječke (80 m<sup>3</sup>).

Treba uzeti u obzir da je specifična masa jednog metra kubnog kamenog materijala 1000 kg veća od ostala dva supstrata, prema tome, uz neke nadogradnje kao npr. obloga kipe od „hardox“ materijala za zaštitu „kade“ poluprikolice, priključno sredstvo je maksimalno prilagođeno za prijevoz kamenog materijala koji znatno



oštećuje poluprikolicu prilikom utovara i istovara te smanjuje vijek trajanja poluprikolice tj. njezine nadogradnje u ovom slučaju „kade“ ukoliko nije zaštićena i prilagođena obilježjima supstrata.

Navedenom poluprikolicom može se obavljati i prijevoz ostalih supstrata ali u tom slučaju je upitna učinkovitost samoga procesa ukoliko imamo materijal koji je znatno manje mase. Tako se u ovom slučaju, poluprikolicom za prijevoz kamenog materijala, može prevesti maksimalno 10 tona drvene sječke što je 15 tona manje od iznosa kojeg određuje zakon te skoro 20 tona manje od nosivosti navedene poluprikolice, čime je učinkovitost te iskorištenost prijevoznog sredstva nepotpun i nedovoljan da bi se prijevoz mogao smatrati uspješnim.

Iz toga razloga za prijevoz drvene sječke koristi se poluprikolica zapremnine 80 m<sup>3</sup> čime pogoduje prosječnoj masi jednog metra kubnog drvene sječke. Prijevozni kapacitet se može optimalno iskoristiti te biti u granicama dozvoljene mase. Osim većega kapaciteta priključno sredstvo mora obavezno imati ceradu ili neku drugu napravu za sprječavanje raznošenja supstrata pod utjecajem vjetra u vrijeme vožnje što nastaje zbog male mase supstrata dok to nije nužno pri prijevozu kamena. Također, osim spomenutog utjecaja vjetra, cerada služi i za sprečavanje utjecaja oborina te vlage čime bi supstrat bio loše kvalitete i neupotrebljiv.

Slična je situacija i pri prijevozu pšenice koja se iz tih razloga prijevozi u posebno prilagođenim cisternama u koje vlaga ne može doprijeti. Osim toga prevozi se i poluprikolicama koje imaju također nadogradnju prema svojstvima supstrata a kako je riječ o prehrambenom proizvodu vodi se računa i o higijeni pa su tako unutarnje stjenke sanduka koje dolaze u doticaj sa supstratom najčešće obložene inox materijalom.

Prekrcajna mehanizacija ne razlikuje se uvelike pri manipulaciji sipkog tereta. U većini slučajeva je ona ista ili slična pa tako u ovom radu su korišteni utovarivači pri ukrcaju kamenog materijala i drvene sječke dok je za ukrcaj pšenice korišten kombajn koji obavlja ukrcaj putem transportera te lijevka čime je sam proces ukrcaja brži te kontinuiran za razliku od ukrcaja utovarivačima koji spadaju u diskontinuirana manipulacijska sredstva.

## 8. ZAKLJUČAK

Prijevoz sipkog tereta u cestovnom prometu postoji otkad postoje i prijevozna sredstva i potreba za prijevozom te se sa toga gledišta tehnologija samog prijevoza ali i tehnika znatno promijenila i unaprijedila te je time bitno utjecala na učinkovitost prijevoznog procesa koja se znatno povećala.

Analizirajući promatrane transportne procese kamenog materijala, žita i drvne sječke može se zamijetiti da su to otprilike identični procesi prema prijeđenim kilometrima i prevezenom teretu. Nultog puta gotovo i da nema u većini slučajeva osim kod prijevoza pšenice što oduzima dosta vremena te stvara dodatni trošak za prijevoz supstrata. Koeficijenti iskorištenosti puta kod svih obrta su 0.5 iz razloga što su svi obrti jednostavni te vozilo pola puta prelazi pod teretom, a pola puta prelazi prazno čime narušava učinkovitost prijevoznog procesa. Iz tog razloga znatno su povoljniji složeni obrti gdje je vozilo maksimalno iskorišteno na itineraru kretanja kao što je slučaj kod prijevoza sječke te koeficijent iskorištenosti puta iznosi 0.86.

Koeficijent iskorištenja vožnje najpovoljniji je kod prijevoza kamenog materijala iz razloga što prijevozno sredstvo mali dio vremena utroši na čekanje na ukrcaj i iskrcaj supstrata što je ponajprije zbog izvedbe samog prijevoznog sredstva ali i zbog obilježja supstrata na kojeg ne utječu vanjski podražaji. U ostala dva tipa prijevoza koeficijent iznosi 0.9 za prijevoz pšenice te 0.76 pri prijevozu sječke.

Kad je riječ o statičkom opterećenju tu se pojavljuju dva koeficijenta. Koeficijent statičkog opterećenja u smislu mase te koeficijent statičkog opterećenja u smislu volumena. U smislu mase najbolji rezultat daje prijevozno sredstvo za prijevoz kamenog materijala jer je sama nosivost poluprikolice predviđena za masu tereta koja se i stvarno prevozi dok kod npr. prijevoza sječke poluprikolica ima 50% veću nosivost od stvarno potrebne te one koju zakon ograničuje. U smislu volumena sva sredstva su podjednako iskorištena iz razloga jer je svako sredstvo predviđeno za prijevoz određenog tereta te je time i napravljeno prema obilježjima supstrata te u ovom slučaju tu veliku ulogu ima specifična masa tereta za 1m<sup>3</sup>.

Rezultati ove analize daju povoljne rezultate koje se može još unaprijediti i poboljšati u svrhu dobivanja efektivnijih obrta. Ponajviše bi se trebalo raditi na integriranju složenih obrta što bi bilo sasvim dovoljno da se učinkovitost udvostruči te cijeli prijevozni proces bude maksimalno iskorišten.

## LITERATURA

1. Županović, I.: *Tehnologija cestovnog prijevoza*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2002.
2. Rajsman, M.: *Tehnologija cestovnog prometa*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2012.
3. Protega, V.: Nastavni materijal za predavanja iz kolegija: Osnove tehnologije prometa, nastavna cjelina tehnologija cestovnog prometa, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, akademska godina 2011./2012.
4. Protega, V.: Nastavni materijal za predavanja iz kolegija: Osnove tehnologije prometa, nastavna cjelina tehnologija cestovnog prometa, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, akademska godina 2014./2015.

### Ostali izvori:

1. Bilješke s predavanja kolegija Tehnologija cestovnog prometa, akademska godina 2016./2017.
2. Bilješke s predavanja kolegija Osnove tehnologije prometa, akademska godina 2015./2016.

### Internetski izvori:

1. <https://www.cvh.hr/propisi-i-upute/pravilnici/zakon-o-sigurnosti-prometa-na-cestama/pravilnik-o-tehnickim-uvjetima-vozila-u-prometu-na-cestama/>
2. <http://www.tehnopan.com/w/korisno/specifne-tezine-materijala-medija/>
3. [https://www.google.hr/search?tbm=isch&q=sje%C4%8Dka&chips=q:sje%C4%8Dka,online\\_chips:drvena+sje%C4%8Dka,online\\_chips:biomase+sje%C4%8Dka&sa=X&ved=0ahUKEwihocyZ89\\_cAhXNC-wKHcQ9CTkQ4IYILCgG&biw=1600&bih=718&dpr=1#imgrc=55IGK5NTLn1dlM:](https://www.google.hr/search?tbm=isch&q=sje%C4%8Dka&chips=q:sje%C4%8Dka,online_chips:drvena+sje%C4%8Dka,online_chips:biomase+sje%C4%8Dka&sa=X&ved=0ahUKEwihocyZ89_cAhXNC-wKHcQ9CTkQ4IYILCgG&biw=1600&bih=718&dpr=1#imgrc=55IGK5NTLn1dlM:)
4. [https://www.knapen-trailers.hr/cmdata/images/Fotoalbum/photoLarge/974812\\_3180272721585\\_72955663\\_n.jpg](https://www.knapen-trailers.hr/cmdata/images/Fotoalbum/photoLarge/974812_3180272721585_72955663_n.jpg)
5. <https://www.automarket.cz/en/man-tga-18-440-4x2-bls-4x2-4181>
6. [https://www.123rf.com/photo\\_45624564\\_aerial-view-on-the-combine-filling-the-truck-with-the-wheat-seeds.html](https://www.123rf.com/photo_45624564_aerial-view-on-the-combine-filling-the-truck-with-the-wheat-seeds.html)
7. <http://www.trucktrend.com/cool-trucks/1401-january-2014-industrial-power-volvo-fh16-750/>
8. <http://truckingforum.forumcroatian.com/t1246-oraosijek>
9. <https://www.mascus.hr/transport/rabljene-poluprikolice-za-pjesacke-podove/knapen-k-100/8xcl9sev.html>
10. <https://www.icb.com/en-gb/products/telescopic-handlers/540-170>
11. <https://www.volvoce.com/hrvatska/hr-hr/products/wheel-loaders/large/l110h/>
12. <https://www.mercedes-benz.com/en/mercedes-benz/vehicles/trucks/the-new-actros-2/>
13. <https://zupanjac.net/>
14. <https://www.youtube.com/watch?v=mLx8R7bayKo>
15. <https://www.agroklub.com/ratarstvo/zetva-nije-teska-s-deutz-fahr-c6205-t4f-kombajnom/37104/>

16. [http://www.osatina.hr/hr/index.php?option=com\\_content&view=article&id=83&Itemid=102](http://www.osatina.hr/hr/index.php?option=com_content&view=article&id=83&Itemid=102)
17. <http://hamar-promet.hr/index.php/hr/o-hamar-prometu>
18. <https://www.machinerypark.hr/liebherr-utovariva%C4%8Di-na-kota%C4%8Dima?page=2>

## Popis slika, tablica i grafikona

### Popis slika

<b>Slika 1.</b> Kamion kiper za prijevoz kamenog materijala.....	5
<b>Slika 2.</b> Tegljač za prijevoz kamenog materijala .....	5
<b>Slika 3.</b> Mercedes-Benz Actros 1846.....	7
<b>Slika 4.</b> Tegljač i cisterna za prijevoz žita .....	8
<b>Slika 5.</b> Volvo FH 750.....	9
<b>Slika 6.</b> Tegljač i poluprikolica za prijevoz sječke .....	10
<b>Slika 7.</b> MAN TGX 18.440 BLS.....	11
<b>Slika 8.</b> Liebherr 556 2 .....	14
<b>Slika 9.</b> Jcb 540-170.....	15
<b>Slika 10.</b> DEUTZ-FAHR mod. C 6205 T4f .....	15
<b>Slika 11.</b> Kameni materijal.....	17
<b>Slika 12.</b> Pšenica .....	17
<b>Slika 13.</b> Sječka.....	18
<b>Slika 14.</b> Zvečaj-Otok oštarijski.....	19
<b>Slika 15.</b> Zvečaj-Perušić .....	20
<b>Slika 16.</b> Osijek-Gaboš .....	21
<b>Slika 17.</b> Osijek-Požega.....	21
<b>Slika 18.</b> Moravice-Ogulin.....	22
<b>Slika 19.</b> Moravice-Zaprešić-Krapina .....	22

### Popis tablica

<b>Tablica 1–</b> Analiza procesa – obrta 1 .....	23
<b>Tablica 2–</b> Analiza procesa – obrta 2 .....	23
<b>Tablica 3–</b> Analiza procesa – obrta 1 .....	24
<b>Tablica 4–</b> Analiza procesa – obrta 2 .....	25
<b>Tablica 5–</b> Analiza procesa – obrta 1 .....	26
<b>Tablica 6–</b> Analiza procesa – obrta 2 .....	27
<b>Tablica 7–</b> prijevozni učinci .....	28
<b>Tablica 8–</b> koeficijent angažiranosti prijevoznih sredstava tijekom dana.....	29
<b>Tablica 9–</b> koeficijent iskorištenja vožnje .....	29
<b>Tablica 10–</b> koeficijent iskorištenosti prijeđenog puta $\beta$ .....	30
<b>Tablica 11–</b> koeficijent iskorištenosti nultog prijeđenog puta $\beta_n$ .....	30
<b>Tablica 12–</b> pokazatelj $L_{st1}$ .....	30
<b>Tablica 13–</b> pokazatelj $L_{st\lambda}$ .....	31
<b>Tablica 14–</b> koeficijent statičkog opterećenja $\gamma_{sm}$ prema masi .....	31
<b>Tablica 15–</b> koeficijent statičkog opterećenja $\gamma_{sv}$ prema volumenu .....	31

## Popis grafikona

<b>Grafikon 1-</b> Koeficijent angažiranosti i iskorištenja vožnje .....	32
<b>Grafikon 2–</b> Koeficijent iskorištenosti prijeđenog puta.....	32
<b>Grafikon 3–</b> Koeficijent statičkog opterećenja u smislu mase i volumena .....	33
<b>Grafikon 4–</b> Ostvareni prijevozni učinak u prvom obrtu .....	34
<b>Grafikon 5–</b> Ostvareni prijevozni učinak u drugom obrtu .....	34
<b>Grafikon 6–</b> Srednja udaljenost prijevoza jedne tone tereta.....	35





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 učinkovitosti prijevoza sipkih tereta u cestovnom prometu**

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom  
repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

U Zagrebu, 7.9.2018

Student/ica:

Ante Žanić  
(potpis)



Zagreb, 3. travnja 2018.

Zavod: **Zavod za cestovni promet**  
Predmet: **Tehnologija cestovnog prometa**

## **ZAVRŠNI ZADATAK br. 4662**

Pristupnik: **Ante Žanić (0135239109)**  
Studij: **Promet**  
Smjer: **Cestovni promet**

Zadatak: **Analiza učinkovitosti prijevoza sipkih tereta u cestovnom prometu**

### Opis zadatka:

Opisati obilježja predmetnih supstrata koji imaju zajedničku podvrstu u obliku sipkog tereta; opisati tehničke značajke prijevoznih sredstava, kao i tehničke značajke manipulacijskih sredstava. Odrediti opisane značajke i obilježja infrastrukturnih resursa. Analizirati učinkovitost predmetnih prijevoznih procesa, kao i ostvarene učinkovitosti. Definirati najvažnije zaključke.

Mentor:



---

mr. sc. Veselko Protega, v. pred.

Predsjednik povjerenstva za  
završni ispit:

---