

# Usklađivanje rada strojeva za odabrane aktivnosti prilikom rekonstrukcije križanja

---

Vranješ, Marijan

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:*

**University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy / Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:123:432756>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-24**



*Repository / Repozitorij:*

[FCEAG Repository - Repository of the Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy, University of Split](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

**SVEUČILIŠTE U SPLITU  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

# **ZAVRŠNI RAD**

**Marijan Vranješ**

**Split, 2022.**

**SVEUČILIŠTE U SPLITU  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

**Usklađivanje rada strojeva za odabrane aktivnosti  
prilikom rekonstrukcije križanja**

**Završni rad**

**Split, 2022.**

**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

Split, Matice hrvatske 15

STUDIJ: **PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ GRAĐEVINARSTVA**

KANDIDAT: **MARIJAN VRANJEŠ**

MATIČNI BROJ (JMBAG): **0083221842**

KATEDRA: **Katedra za organizaciju i ekonomiku građenja**

PREDMET: **Tehnologija građenja**

**ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD**

**Tema: Usklađivanje rada strojeva za odabrane aktivnosti prilikom rekonstrukcije križanja**

Opis zadatka: Student će na temelju raspoloživih podataka i literature uskladiti rad strojeva za odabrane aktivnosti pri rekonstrukciji križanja.

U Splitu, 15. ožujka 2022.

Voditelj Završnog rada:  
**Prof.dr.sc. Snježana Knezić**



***Sažetak:***

Potrebno je uskladiti rad strojeva pri rekonstrukciji križanja. Cilj je postizanje što veće učinkovitosti uz zadovoljavajuću kvalitetu, te završetak svih radova unutar određenog vremenskog roka. Ovaj rad temelji se na stvarnom slučaju rekonstrukcije prometnice. Usklađivanje rada strojeva je izvršeno za odabrane aktivnosti iz plana izrade spoja ceste pretpostavljenih dimenzija i karakteristika u potrebnom vremenskom roku.

***Ključne riječi:***

Građevinski strojevi, cesta, križanje, usklađivanje rada strojeva, tehnologija građenja, kamion kiper, dozer, valjak

## **Coordinating the operation of machines for selected activities during the reconstruction of an intersection**

***Abstract:***

During the reconstruction of an intersection, the work of machines needs to be coordinated. The goal is to achieve the highest possible efficiency with satisfactory quality and to complete all works within a defined time period. This paper is based on a real case of road reconstruction. The harmonization of the operation of machines was performed for the selected activities from the plan for the construction of the connection of roads of assumed dimensions and characteristics within the required time-frame.

***Keywords:***

Construction machinery, road, crossroads, machinery harmonization, construction technology, tip-truck, dozer, roller

## **SADRŽAJ:**

1. UVOD .....	1
2. OPIS PROJEKTA .....	2
3. OPIS AKTIVNOSTI.....	4
4. ODABIR STROJEVA.....	6
4.1 DOZER.....	7
4.2 GREJDER .....	8
4.3 JARUŽALO S DUBINSKOM LOPATOM .....	9
4.4 KAMION KIPER.....	10
4.5 VALJAK .....	11
4.6 FINIŠER.....	12
4.7 STROJ ZA NABIJANJE ASFALTNE MJEŠAVINE (VALJAK ZA ASFALT) .....	13
4.8 STROJ ZA PRIJEVOZ ASFALTNE MJEŠAVINE (KAMION KIPER).....	14
5. USKLAĐIVANJE RADA STROJEVA .....	15
5.1 ČIŠĆENJE TERENA, SKIDANJE HUMUSA I ISKOP.....	16
5.2 IZRADA POSTELJICE .....	18
5.3 ASFALTIRANJE CESTE.....	20
6. ZAKLJUČAK .....	22
7. LITERATURA.....	24

## 1. UVOD

Radovima niskogradnje smatraju se uglavnom građevinski zahvati u području prometnih i vodoprivrednih projekata. Glavna značajka tih radova je opsežnost zemljanih radova, najčešće razvučenih tlocrtno na veću duljinu ili površinu. Zemljani radovi kao takvi sadrže iskop materijala u tlu, premještanje iskopanog materijala na određenu lokaciju (eventualno obaviti preradu materijala), te nabijanje premještenog materijala do projektom predviđene zbijenosti tla. Uz brojčano povećan promet, povećava se i brzina kretanja prometa, a uz to se pojavljuje i potreba za povećanom sigurnošću u prometu [1].

Ovaj rad prikazuje stvarni slučaj usklađivanja rada strojeva kod odabranih aktivnosti iz plana izrade spoja ceste pretpostavljenih dimenzija i karakteristika u potrebnom vremenskom roku, te je sama ideja došla sa službene web stranice grada Makarske. Zadatak ovog završnog rada je usklađivanje rada strojeva pri spajanju Zrinsko-frankopanske ulice na državnu cestu D8 (magistrala). Rekonstrukcija križanja od iznimne je važnosti za Grad Makarsku jer će se realizacijom ovog projekta znatno rasteretiti promet na križanju na Voliciji te omogućiti brža komunikacija istočnog dijela i svih ostalih dijelova grada s državnom cestom D8. Na novom križanju promet će biti dopušten jedino za osobna vozila. Korišteni podaci o ovom projektu preuzeti su sa službene stranice grada Makarske [2]. Na slici 1.1 prikazana je pregledna situacija križanja.



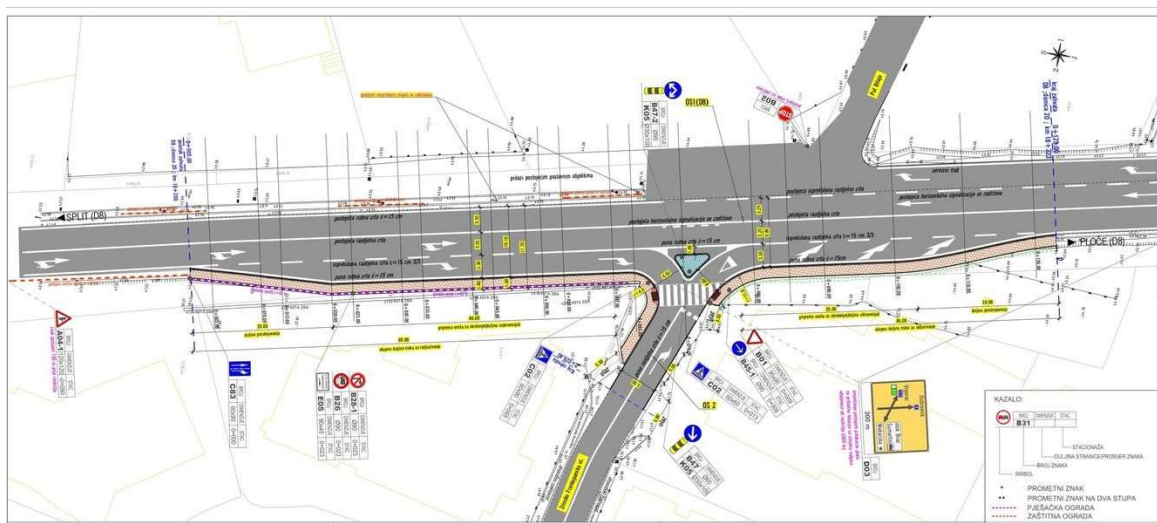
Slika 1.1 Pregledna situacija [2]

## 2. OPIS PROJEKTA

Površina terena je 615 m<sup>2</sup>. Teren je uglavnom nizinski, a vrsta tla po tehničkim uvjetima za cestu je C kategorije (materijali koje nije potrebno minirati, nego se mogu kopati izravno upotrebom pogodnih strojeva). Tlo je uglavnom zemljano IV. kategorije (teška i vrlo teška srasla tla). Teren na kojem se izvode radovi nema visoke vegetacije, uglavnom niska trava i korov. Izrada tog dijela prometnice se sastoji od zemljanih i asfaltnih radova. Idejno rješenje rekonstrukcije križanja prikazano je na slikama 2.1 i 2.2.



Slika 2.1 Prikaz ceste prije rekonstrukcije [3]



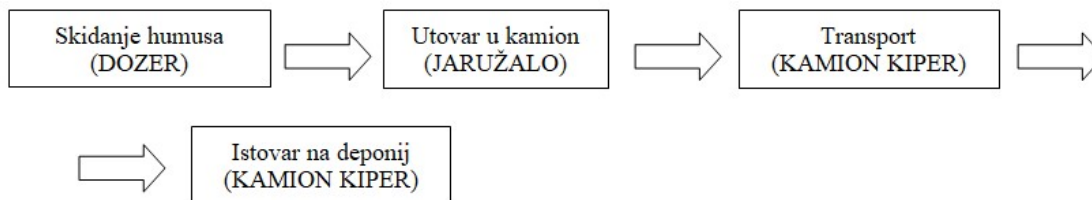
Slika 2.2 Model varijante rješenja (pregledna situacija) [2]



Rekonstrukcija križanja odvija se u 3 faze:

### 1.FAZA

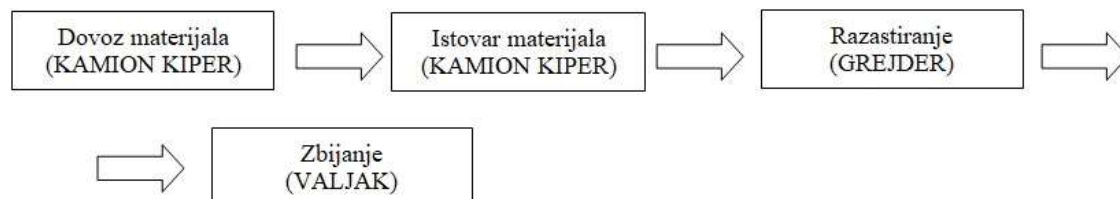
Prva faza je shematski prikazana na slici 2.3. Kod prve faze vrši se čišćenje terena od humusa debljine 15 cm i iskopa od 20 cm. Skinuti se materijal utovara u kamion kiper, pomoću jaružala s dubinskom lopatom, te odvozi na deponij koji je udaljen 13 km od gradilišta.



Slika 2.3 Slijed korištenja strojeva za prvu fazu radova

### 2.FAZA

Druga faza je shematski prikazana na slici 2.4. Nakon skidanja humusa vrši se izrada posteljice u debljini od 15 cm i izrade donjeg ustroja u debljini od 50 cm. Za izgradnju posteljice i donjeg ustroja koristi se šljunak kojeg dovoze kamioni kiperi s udaljenosti od 13 km od gradilišta. Fino planiranje izvršit će se grejderom, a potom nabiti sve slojeve valjkom.



Slika 2.4 Slijed korištenja strojeva za drugu fazu radova

### 3.FAZA

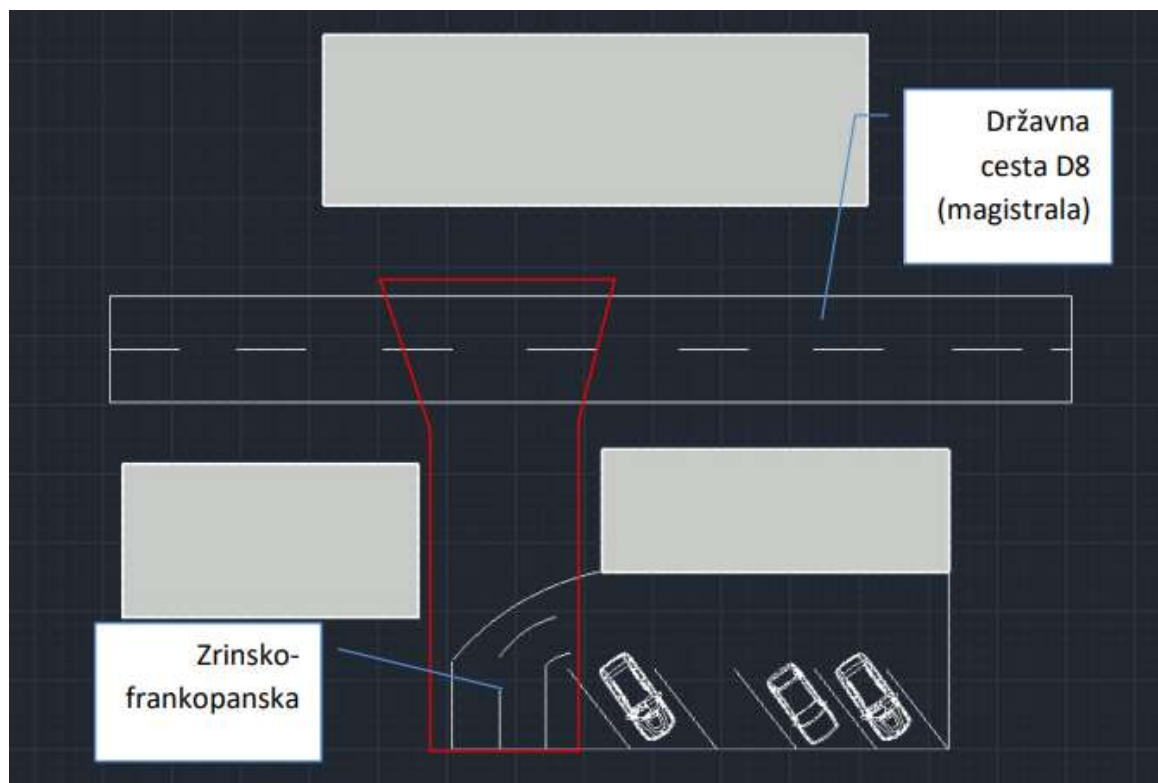
Slijed radova je shematski prikazan na slici 2.5. Kod treće faze izvodi se asfaltiranje ceste. Asfalt se dovozi kamionima kiperima s udaljenosti 5 km. Asfalt se razastire finišerom, a nakon toga slijedi nabijanje asfaltnog sloja valjkom. Debljina kolničke konstrukcije iznosi 10 cm.



Slika 2.5 Slijed korištenja strojeva za treću fazu radova

### **3. OPIS AKTIVNOSTI**

Na slici 3.1 shematski je prikazan izgled križanja prije sanacije, a crveno označeno je prikaz površine na kojoj će se izvoditi radovi te i mjesto budućega spoja dviju cesta.



Slika 3.1 Shematski prikaz mjesta odvijanja radova (AutoCAD)

U tablici 3.1 su sažete aktivnosti i potrebni strojevi koji su obuhvaćeni u ovom završnom radu.

Tablica 3.1 Prikaz svih aktivnosti, podaktivnosti i potrebnih strojeva

<b>VRSTA RADOVA</b>	<b>AKTIVNOST</b>	<b>PODAKTIVNOSTI</b>	<b>POTREBNI STROJEVI</b>
PRIPREMNI RADOVI	ČIŠĆENJE TERENA	UKLANJANJE GRMLJA I DRVEĆA	DOZER
		SKIDANJE HUMUSA	DOZER
		ISKOP	JARUŽALO S DUBINSKOM LOPATOM
		UTOVAR I ODVOZ MATERIJALA	JARUŽALO S DUBINSKOM LOPATOM KAMION KIPER
IZRADA DONJEG USTROJA	IZRADA POSTELJICE	DOVOZ MATERIJALA	KAMION KIPER
		RAZASTIRANJE	GREJDER
		ZBIJANJE	VALJAK
IZRADA GORNJEG USTROJA	ASFALTIRANJE	DOVOZ ASFALTA	KAMION KIPER ZA ASFALT
		UGRADNJA ASFALTA	FINIŠER
		ZBIJANJE ASFALTA	VALJAK ZA ASFALT

## **4. ODABIR STROJEVA**

Temelj za dobru organizaciju rada s građevinskim strojevima je prethodno utvrđivanje tehnološkog postupka za obavljanje radova, te izradba detaljnog projekta organizacije gradilišta. Projektom organizacije treba odrediti vrstu, veličinu i potreban broj građevinskih strojeva, te riješiti međusobnu povezanost u radu i maksimalnu iskoristivost sredstava rada. U većim graditeljskim zahvatima redovito se koristi više različitih građevinskih strojeva, pa u odnosu na mogućnost međusobnog povezivanja razlikujemo tri slučaja:

- pojedini građevinski stroj radi neovisno o drugim strojevima,
- građevinski strojevi rade u skupini od 2 do 3 stroja (djelomično povezani),
- građevinski strojevi lančano su potpuno međusobno ovisni.

U lančano ovisnih građevinskih strojeva moramo identificirati tzv. „ključni stroj“ kojemu se podređuju učinci svih ostalih strojeva uključenih u procesni lanac. Obično je to stroj s najvišom nabavnom cijenom. U lančano vezanom proizvodnom procesu zastoj na bilo kojem stroju uzrokuje zastoje i na ostalim strojevima. Da bi se spriječio takav zastoj, a prema tomu i gubici koji iz toga proizlaze, potrebno je planom organizacije predvidjeti i rezervne strojeve kojima se odmah zamjenjuje stroj u zastoju. Broj rezervnih strojeva planira se čak 10-25% od broja potrebnih strojeva, ovisno o težini radnih uvjeta. Građevinski strojevi mogu biti vezani i uz radnu snagu, materijal koji se ugrađuje, energetske izvore i slično, pa i s tog stajališta treba predvidjeti određene rezerve kako se ne bi događalo da zbog nedovoljne radne snage, materijal za ugradbu ili nedostatak pogonske energije dođe do zastoja u radu. Pri planiranju radnih građevinskih strojeva potrebno je planirati i eventualno potrebne pomoćne pogonske strojeve i opremu [1].

Strojevi koji su potrebni za izvođenje rekonstrukcije križanja prikazani su u tablici 4.1. Odabrani su sukladno potrebama aktivnosti i podaktivnosti prikazanih u tablici 3.1. U sljedećem poglavlju su izračunate potrebne količine strojeva kako bi se zadovoljio traženi vremenski rok izgradnje, a rok izvođenja radova je pet mjeseci od uvođenja u posao.

Tablica 4.1 Prikaz potrebnih strojeva

4.1	DOZER
4.2	GREJDER
4.3	JARUŽALO S DUBINSKOM LOPATOM
4.4	KAMION KIPER
4.5	VALJAK
4.6	FINIŠER
4.7	VALJAK ZA ASFALT
4.8	KAMION KIPER ZA PRIJEVOZ ASFALTA

Karakteristike odabranih strojeva:

#### 4.1 DOZER

Dozer je stroj koji se kreće na gusjenicama ili na kotačima s gumama sa svrhom da guranjem pri radu kopa zemljani materijal, te da ga premjesti na određenu udaljenost. Zbog rada guranjem, temeljni dio stroja naziva se traktorom. Radni dijelovi dozera su nož sa sječivom, smješten s prednje strane traktora, te trnovi (rijači) smješteni sa stražnje strane traktora, na okomitoj pomičnoj poluzi koju je moguće pomicati s pomoću hidraulike, a trn potiskivati u tlo radi rivanja [1].

Za skidanje humusa odabran je dozer CAT D6K (Slika 4.1) sa sljedećim karakteristikama:

- Snaga: 93,0 kW
- Težina: 12886 kg
- Zapremnina noža: 2,70 m<sup>3</sup>
- Širina noža: 3,05 m
- Visina noža: 0,90 m
- Maksimalna brzina iskopa: 2,40 km/h
- Maksimalna brzina guranja: 3,78 km/h
- Maksimalna brzina povratka: 10 km/h



Slika 4.1 Dozer CAT D6K [4]

## 4.2 GREJDER

To je građevinski stroj koji se pretežito rabi u niskogradnji za planiranja, razastiranja, kopanje jaraka, skidanje humusnih slojeva te iskop u pjeskovitim materijalima. U konstruktivnom smislu, grejder se sastoji od produženog traktora kao temeljnog dijela stroja koji je isključivo na kotačima s gumama [1].

Za razastiranje šljunka odabran je grejder CAT 12 M3/12 M3 AWD (Slika 4.2) sa sljedećim karakteristikama:

- Snaga: 133 kW
- Širina noža: 3,70 m
- Težina: 19344 kg
- Kut zaokreta: 50°
- Brzina kretanja: 1,50 km/h



Slika 4.2 Grejder CAT 12 M3/12 M3 AWD [5]

### 4.3 JARUŽALO S DUBINSKOM LOPATOM

Jaružala su vrsta građevinskih strojeva kojima se može obavljati iskop materijala, iskop s utovarom u transportno sredstvo, te samo utovar. Neki se od tih strojeva mogu, uz minimalnu prilagodbu, koristiti i za dizanje tereta, zabijanje pilota, nabijanje tla, razbijanje kolnika i slično. Međusobno se razlikuju u odnosu na masu, način pokretljivosti, način upravljanja i način rada, pa ih možemo razvrstati prema svim tim kriterijima.

Jaružalo s dubinskom lopatom konstruirano je da iskop obavlja ispod razine na kojoj se nalazi tako da struganjem odozgo prema dolje puni lopatu iskopanim materijalom, zatim napunjenu lopatu digne uvis te izvrtanjem istrese u vozilo [1].

Za iskop i utovar materijala odabrano je jaružalo s dubinskom lopatom CAT 330 (Slika 4.3) sa sljedećim karakteristikama:

- Snaga: 204 kW
- Zapremnina žlice: 1,76 m<sup>3</sup>
- Težina: 30900 kg



Slika 4.3 Jaružalo s dubinskom lopatom CAT 330 [6]

#### 4.4 KAMION KIPER

Građevinske strojeve za vuču ili prijevoz masovnoga građevinskog materijala nazivamo transportnim sredstvima. Transportna sredstva mogu biti unutarnja, kakve su pretežito transportne vrpce, ili vanjska, kao što su pretežito vozila na tračnicama i vozila na kotačima s gumama. Najbrojnija transportna sredstva su vozila na kotačima s gumama, a možemo ih dijeliti na vozila što se kreću po cestovnim površinama i na vozila koja se kreću izvan cestovnih površina.

Teretno vozilo (kamion) je mnogo korišteno transportno sredstvo, potrebno svim granama gospodarstva, uključujući i graditeljstvo. Vozilom se prevoze rastresiti i komadni tereti na manje i velike udaljenosti, čak i više stotina kilometara [1].

Za transport materijala odabran je kamion kiper Volvo FMX 500 8x4 (Slika 4.4) sa sljedećim karakteristikama:

- Snaga: 500 kW
- Zapremnina: 28 m<sup>3</sup>
- Brzina punog kamiona: 55 km/h
- Brzina praznog kamiona: 70 km/h



Slika 4.4 Kamion kiper Volvo FMX 500 8x4 [7]



## 4.5 VALJAK

Usporedno sa spoznajom da nasipni zemljani materijal treba nabijati kako bi se postigla stabilnost i spriječila kasnija slijeganja, razvijali su se i strojevi kojima su se obavljala nabijanja. Ubrzanje u razvoju strojeva za nabijanje pripomogla je i ubrzana izgradnja prometnica sa suvremenim kolnicima pri čemu su eventualna slijeganja nasipa nedopustiva, jer bi prouzrokovala goleme materijalne štete na skupim suvremenim kolnicima.

Valjci s glatkim čeličnim kotačima pripadaju u vrstu građevinskih strojeva što djeluju vlastitom težinom, tj. statički. Rabe se za nabijanje kamenih podloga krupnijih granulacija, a osobito za završnu obradu već nabijenih nasutih slojeva [1].

Za nabijanje slojeva odabran je valjak CAT CB36B (Slika 4.5) sa sljedećim karakteristikama:

- Snaga: 36,4 kW
- Težina: 4590 kg
- Korisna širina valjka: 1,40 m
- Brzina: 12 km/h



Slika 4.5 Valjak CAT CB36B [8]

## 4.6 FINIŠER

Asfaltni radovi pripadaju u skupinu radova niskogradnje, posebice građenja cesta, jer se suvremeni kolnici cesta grade od asfaltnih mješavina. Za svaku vrstu asfaltnog kolnika koriste se različiti tehnološki postupci, a sukladno tome i različite vrste građevinskih strojeva.

Finišeri su strojevi koji služe za razastiranje i djelomično nabijanje razastrtog sloja kojeg kasnije završe valjci. Finišeri se sastoje od čeličnog okvirnog postolja na kotačima s gumama ili gusjenicama [1].

Za asfaltiranje ceste odabran je finišer VÖGELE SUPER 1300-2 ERGOPLUS (Slika 4.6) sa sljedećim karakteristikama:

- Brzina: 15 m/min
- Širina: 3 m



Slika 4.6 Finišer VÖGELE SUPER 1300-2 ERGOPLUS [9]

#### 4.7 STROJ ZA NABIJANJE ASFALTNE MJEŠAVINE (VALJAK ZA ASFALT)

Strojevi za nabijanje su valjci na kotačima s gumama i valjci s glatkim čeličnim kotačima statičkog i vibracijskog djelovanja. Optimalna težina kao i kombinacija raznih vrsta valjaka ovisi o više čimbenika, no temeljni je temperatura pri valjanju. Površina oboda kotača potrebno je pri valjanju vlažiti kako se ne bi na nju lijepila asfaltna mješavina. To se obavlja posebnim sklopovima za vlaženje ili sklopovima koji griju površinu oboda kotača, što je bolji način, jer voda hladi dodirnu površinu s asfaltnim slojem [1].

Za nabijanje asfaltne mješavine odabran je valjak BOMAG BW174AP-4 (Slika 4.7) sa sljedećim karakteristikama:

- Snaga: 74 kW
- Težina: 10900 kg
- Korisna širina valjka: 1,80 m
- Brzina: 12 km/h



Slika 4.7 Valjak BOMAG BW174AP-4 [10]

#### 4.8 STROJ ZA PRIJEVOZ ASFALTNE MJEŠAVINE (KAMION KIPER)

Asfaltna mješavina se može ugrađivati u kolnik samo pri određenim temperaturama (436-466 K), što ovisi o vrsti i tipu veziva. Ako je temperatura viša, vezivo izgubi svojstva vezivanja, a ako je temperatura niža, ne može se dobro nabiti. Prema tomu, pri prijevozu asfaltna mješavine treba paziti na to da se ne smanjuje temperatura. Prijevoz se obavlja teretnim vozilima-kiperima s čeličnim sanducima i platnenom pokrivkom koja se koristi pri duljim prijevozima da spriječi gubljenje topline i štiti od eventualne kiše. Nosivost kamiona-kipera za prijevoz asfaltbetona je 80-300 kN. Kipanje se obavlja unatrag i tijekom rada stroja za ugrađivanje, kako bi se postigao kontinuitet pri ugradbi, a što je konstruktivno omogućeno [1].

Za transport asfaltna mješavine odabran je kamion kiper Volvo FMX 500 HP-8x4 BB (Slika 4.8) sa sljedećim karakteristikama:

- Snaga: 500 kW
- Zapremnina: 20 m<sup>3</sup>
- Brzina punog kamiona: 55 km/h
- Brzina praznog kamiona: 70 km/h



Slika 4.8 Kamion kiper Volvo FMX 500 HP-8x4 BB [11]

Stražnja stranica otvara se hidraulično. Na stražnjem dijelu kipera konstruiran je ljevak za asfalt. Kiper ima ceradu pogodnu za transport asfalta. Cerada se otvara/zatvara preko daljinskog upravljača.

## **5. USKLADIVANJE RADA STROJEVA**

Potrebno je uskladiti rad strojeva da bi se projekt uspješno izvršio. Proračun usklađivanja rada strojeva izvršen je na način da su strojevi tijekom rada maksimalno iskorišteni uz minimalan prazan hod između aktivnosti. Strojevi koje je potrebno međusobno uskladiti prikazani su u tablici 5.1.

Tablica 5.1 Strojevi koje je potrebno međusobno uskladiti

	AKTIVNOST	STROJEVI
5.1	ČIŠĆENJE TERENA, SKIDANJE HUMUSA I ISKOP	DOZER + JARUŽALO + KAMION KIPER
5.2	IZRADA POSTELJICE	GREJDER+ VALJAK+ KAMION KIPER
5.3	ASFALTIRANJE CESTE	FINIŠER+ VALJAK+ KAMION KIPER

Potrebni podatci:

$U_t$  - teorijski učinak stroja

$U_p$  - planski učinak stroja

$T_c$  - vrijeme trajanja punog radnog ciklusa

$T_i$  - vrijeme iskopa

$T_g$  - vrijeme guranja

$T_o$  - gubitak vremena zbog promjene smjera

$T_p$  - vrijeme praznog kamiona

$T_m$  - vrijeme manevra

$T_n$  - vrijeme punog kamiona

$T_u$  - vrijeme potrebno za obavljanje zadatka

$K_v$  - koeficijent iskorištenosti radnog vremena

$K_r$  - koeficijent rastresitosti

$K_p$  - koeficijent punjenja

$K_d$  - koeficijent dotrajalosti

$N$  - broj potrebnih strojeva

$n$  - broj prijelaza

## 5.1 ČIŠĆENJE TERENA, SKIDANJE HUMUSA I ISKOP

U ovoj aktivnosti potrebno je uskladiti rad dozera, jaružala i kamiona kiperu.

Potrebni podaci:

- $K_r$  - koeficijent rastresitosti tla (odabrano 0,67)
- $K_v$  - koeficijent iskorištenosti radnog vremena (odabrano 0,85)
- $K_d$  - koeficijent dotrajnosti (1,0)
- $K_p$  - koeficijent punjenja (0,75)
- $d$  - udaljenost do deponija na koji se odvozi materijal (13 km)

### DOZER

- Snaga: 93,0 kW
- Težina: 12886 kg
- Zapremnina noža: 2,70 m<sup>3</sup>
- Širina noža: 3,05 m
- Visina noža: 0,90 m
- Maksimalna brzina iskopa: 2,40 km/h
- Maksimalna brzina guranja: 3,78 km/h
- Maksimalna brzina povratka: 10 km/h

**Proračun:**

$$C = 0,5 \cdot B \cdot H^2 = 0,5 \cdot 3,05 \cdot 0,90^2 = 1,24 \text{ m}^3$$

$$\text{Ciklus: } T_c = T_i + T_g + T_{pov} + T_o = \frac{100 \cdot 3600}{2400} + \frac{30 \cdot 3600}{3780} + \frac{130 \cdot 3600}{10000} + 6 = 231,37 \text{ (s)}$$

$$\text{Teorijski učinak: } U_t = 3600 \cdot \frac{c}{T_c} = 3600 \cdot \frac{1,24}{231,37} = 19,29 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Planski učinak: } U_p = U_t \cdot K_v \cdot K_r = 19,29 \cdot 0,85 \cdot 0,67 = 10,99 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$T_u = \frac{Q}{U_p} = \frac{92,25}{10,99} = 8,39 = 8,5 \text{ h}$$

### JARUŽALO

- Snaga: 204 kW
- Zapremnina žlice: 1,76 m<sup>3</sup>
- Težina: 30900 kg

**Proračun:**

$$\text{Ciklus: } T_c = 18 \text{ s}$$

$$\text{Teorijski učinak: } U_t = 3600 \cdot \frac{q}{T_c} = 3600 \cdot \frac{1,76}{18} = 352 \text{ m}^3/\text{h}$$

Planski učinak:  $U_p = U_t \cdot K_p \cdot K_r \cdot K_v \cdot K_d = 352 \cdot 0,75 \cdot 0,67 \cdot 0,85 \cdot 1,0 = 150,35 \text{ m}^3/\text{h}$

$$N = \frac{U_{p(\text{dozer})}}{U_{p(\text{jaružalo})}} = \frac{10,99}{150,35} = 0,073 \rightarrow \text{Potrebno je 1 jaružalo i 1 dozer.}$$

### **KAMION KIPER**

- Snaga: 500 kW
- Zapremnina: 28 m<sup>3</sup>
- Brzina punog kamiona: 55 km/h
- Brzina praznog kamiona: 70 km/h

#### **Proračun:**

$$T_{(\text{utovar})} = \frac{q}{U_p} = \frac{28}{150,35} = 0,186 \text{ h} = 669,60 \text{ s} = 11,16 \text{ min}$$

$$T_{(\text{puna+prazna vožnja})} = \frac{d}{v_{\text{pun}}} + \frac{d}{v_{\text{prazan}}} = \frac{13}{55} + \frac{13}{70} = 0,422 \text{ h} = 1519,20 \text{ s}$$

$$T_{(\text{istovar i manevar})} = 300 \text{ s} = 5 \text{ min}$$

$$\text{Ciklus: } T_c = T_{i+m} + T_u + T_v = 300 + 669,60 + 1519,20 = 2488,80 \text{ s} = 41,48 \text{ min}$$

$$\text{Planski učinak: } U_p = 3600 \cdot \frac{q}{T_c} \cdot K_v = 3600 \cdot \frac{28}{2488,80} \cdot 0,85 = 34,43 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$N_{\text{kamiona}} = \frac{U_{p(\text{jaružalo})}}{U_{p(\text{kamion kiper})}} = \frac{150,35}{34,43} = 4,367 \rightarrow \text{Potrebno je 5 kamiona kiper.}$$

**ZAKLJUČAK: Potreban je 1 dozer, 1 jaružalo s dubinskom lopatom i 5 kamiona kiper.**

## 5.2 IZRADA POSTELJICE

U ovoj aktivnosti potrebno je uskladiti rad grejdera, valjka i kamiona kiperu.

Potrebni podaci:

- $K_v$  - koeficijent iskorištenosti radnog vremena (odabrano 0,85)
- $K_d$  - koeficijent dotrajnosti (1,0)
- $d$  - debljina posteljice (15 cm)

### GREJDER

- Snaga: 133 kW
- Širina noža: 3,70 m
- Težina: 19344 kg
- Kut zaokreta:  $50^\circ$
- Brzina kretanja: 1,50 km/h

**Proračun:**

$$\text{Planski učinak: } U_p = \frac{3600 \cdot v \cdot (1 \cdot \sin \alpha - \Delta l)}{n} \cdot K_v$$

$$U_p = \frac{3600 \cdot 1,5 \cdot (3,7 \cdot \sin 50^\circ - 0,15)}{7} \cdot 0,85 = 1760,18 \text{ m}^2/\text{h} \rightarrow 1760,18 \cdot 0,15 = 264,03 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$N = \frac{U_p(\text{grejder})}{U_p(\text{kamion kiper})} = \frac{264,03}{34,43} = 7,669 \rightarrow \text{Potrebno je 8 kamiona kiperu.}$$

### KAMION KIPER

- Snaga: 500 kW
- Zapremnina:  $28 \text{ m}^3$
- Brzina punog kamiona: 55 km/h
- Brzina praznog kamiona: 70 km/h

**Proračun:**

$$T_{(\text{utovar})} = \frac{q}{U_p} = \frac{28}{150,35} = 0,186 \text{ h} = 669,60 \text{ s} = 11,16 \text{ min}$$

$$T_{(\text{puna+prazna vožnja})} = \frac{d}{v_{\text{pun}}} + \frac{d}{v_{\text{prazan}}} = \frac{13}{55} + \frac{13}{70} = 0,422 \text{ h} = 1519,20 \text{ s}$$

$$T_{(\text{istovar i manevar})} = 300 \text{ s} = 5 \text{ min}$$

$$\text{Ciklus: } T_c = T_{i+m} + T_u + T_v = 300 + 669,60 + 1519,20 = 2488,80 \text{ s} = 41,48 \text{ min}$$

$$\text{Planski učinak: } U_p = 3600 \cdot \frac{q}{T_c} \cdot K_v = 3600 \cdot \frac{28}{2488,80} \cdot 0,85 = 34,43 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$N_{\text{kamiona}} = \frac{U_p(\text{kamion kiper})}{U_p(\text{grejder})} = \frac{34,43}{264,03} = 0,130 \rightarrow \text{Potreban je 1 grejder.}$$



### **VALJAK**

- Snaga: 36,4 kW
- Težina: 4590 kg
- Korisna širina valjka: 1,40 m
- Brzina: 12 km/h

### **Proračun:**

$$U_{t(\text{valjak})} = \frac{v \cdot b \cdot d}{n} \cdot K_v = \frac{12000 \cdot 1,4 \cdot 0,15}{5} \cdot 0,85 = 428,40 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$U_{p(\text{valjak})} = U_t \cdot K_v \cdot K_d = 428,40 \cdot 0,85 \cdot 1,0 = 364,14 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$N = \frac{U_{p(\text{grejder})}}{U_{p(\text{valjak})}} = \frac{264,03}{364,14} = 0,725 \rightarrow \text{Potreban je 1 valjak.}$$

**ZAKLJUČAK: Potreban je 1 grejder, 1 valjak i 8 kamiona kiperi.**

### 5.3 ASFALTIRANJE CESTE

U ovoj aktivnosti potrebno je uskladiti rad finišera, valjka i kamiona kiperera. Asfalt se dovozi kamionima kiperima s udaljenosti od 5 km. Asfalt se razastire finišerom, a nakon toga slijedi nabijanje asfaltnog sloja valjkom. Debljina kolničke konstrukcije iznosi 10 cm.

Potrebni podaci:

- Kv-koeficijent iskorištenosti radnog vremena (odabrano 0,85)
- Kd- koeficijent dotrajnosti (1,0)
- d - debljina asfalta (10 cm)

#### FINIŠER

- Brzina: 15 m/min
- Širina: 3 m

**Proračun:**

$$U_{p(\text{finišer})} = v \cdot b \cdot d \cdot K_v = 900 \cdot 3 \cdot 0,10 \cdot 0,85 = 229,50 \text{ m}^3/\text{h}$$

#### KAMION KIPER ZA PRIJEVOZ ASFALTA

- Snaga: 500 kW
- Zapremnina: 20 m<sup>3</sup>
- Brzina punog kamiona: 55 km/h
- Brzina praznog kamiona: 70 km/h

**Proračun:**

$$T_{(\text{utovar})} = \frac{q}{U_p} = \frac{20}{150,35} = 0,133 \text{ h} = 478,80 \text{ s} = 7,98 \text{ min}$$

$$T_{(\text{puna+prazn vožnja})} = \frac{d}{v_{\text{pun}}} + \frac{d}{v_{\text{prazan}}} = \frac{5}{55} + \frac{5}{70} = 0,162 \text{ h} = 583,20 \text{ s}$$

$$T_{(\text{istovar i manevar})} = 300 \text{ s} = 5 \text{ min}$$

$$\text{Ciklus: } T_c = T_{i+m} + T_u + T_v = 300 + 478,80 + 583,20 = 1362,0 \text{ s} = 22,70 \text{ min}$$

$$\text{Planski učinak: } U_p = 3600 \cdot \frac{q}{T_c} \cdot K_v = 3600 \cdot \frac{20}{1362,0} \cdot 0,85 = 44,93 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$N_{\text{kamiona}} = \frac{U_{p(\text{finišer})}}{U_{p(\text{kamion kiper})}} = \frac{229,50}{44,93} = 5,108 \rightarrow \text{Potrebno je 6 kamiona kiperera.}$$

### **VALJAK ZA ASFALT**

- Snaga: 74 kW
- Težina: 10900 kg
- Korisna širina valjka: 1,80 m
- Brzina: 12 km/h

#### **Proračun:**

$$U_{t(\text{valjak})} = \frac{v \cdot b \cdot d}{n} \cdot K_v = \frac{12000 \cdot 1,80 \cdot 0,10}{5} \cdot 0,85 = 367,20 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$U_{p(\text{valjak})} = U_t \cdot K_v \cdot K_d = 367,20 \cdot 0,85 \cdot 1,0 = 312,12 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$N = \frac{U_{p(\text{finišer})}}{U_{p(\text{valjak})}} = \frac{229,50}{312,12} = 0,735 \rightarrow \text{Potreban je 1 valjak.}$$

**ZAKLJUČAK: Potreban je 1 finišer, 1 valjak i 6 kamiona kiperi.**

## 6. ZAKLJUČAK

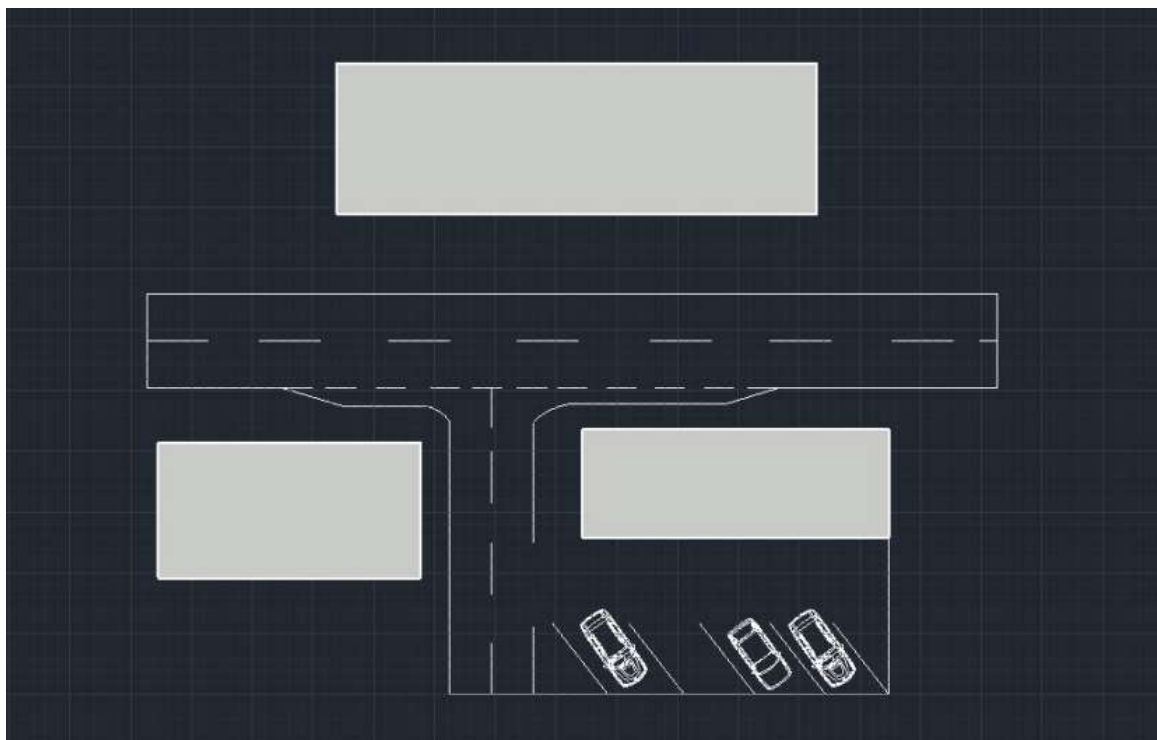
U tablici 6.1 prikazane su potrebne količine strojeva po fazama da bi se ostvario kontinuirani rad bez zastoja, koji bi uzrokovali dodatne troškove. Prva aktivnost je čišćenje terena od humusa i raslinja u debljini od 15 cm te vršenje iskopa debljine 20 cm. Iskopani materijal se utovara u kamion kiper, pomoću jaružala, te odvozi na deponij koji je udaljen 13 km od gradilišta. Nakon toga vrši se izrada donjeg ustroja ceste (debljine 50 cm) i gornjeg ustroja ceste (15 cm). Za njihovu izgradnju koristi se šljunak kojeg dovoze kamioni kiperi s udaljenosti od 13 km od samog gradilišta. Fino planiranje izvršit će se grejderom, a potom sve slojeve nabiti valjkom. Potom slijedi razastiranje asfalta finišerom, te nabijanje asfaltnog sloja valjkom. Debljina kolničke konstrukcije iznosi 10 cm. Asfalt se dovozi kamionima kiperima s udaljenosti od 5 km.

Križanje bi trebalo biti gotovo do ljetne sezone 2022. godine, kada i istječe rok izvođenja radova. Završetkom sanacije ovog križanja promet će se odvijati puno brže te će se smanjiti količina prometnih gužvi na magistralnoj cesti (cesta D8).

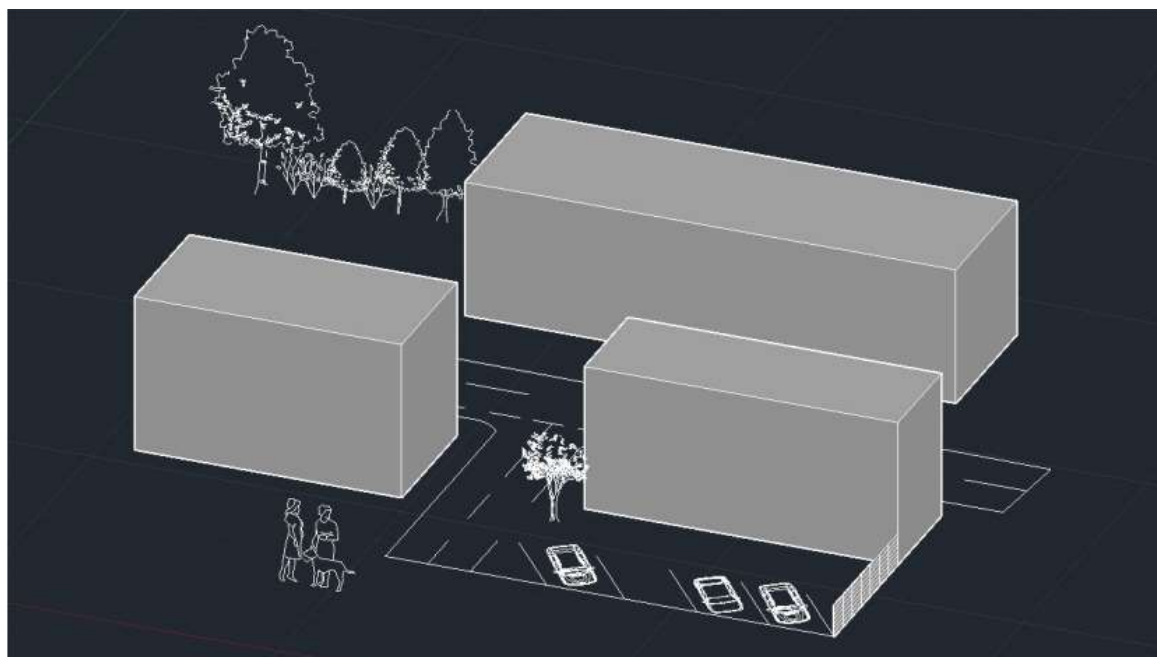
Tablica 6.1 Ukupan broj potrebnih strojeva

	AKTIVNOST	STROJEVI	POTREBAN BROJ
<b>1.FAZA</b>	ČIŠĆENJE TERENA, SKIDANJE HUMUSA I ISKOP	DOZER	1
		JARUŽALO S DUBINSKOM LOPATOM	1
		KAMION KIPER	5
<b>2.FAZA</b>	IZRADA POSTELJICE	GREJDER	1
		VALJAK	1
		KAMION KIPER	8
<b>3.FAZA</b>	ASFALTIRANJE CESTE	FINIŠER	1
		VALJAK	1
		KAMION KIPER	6

Na slikama 6.1 i 6.2 shematski je prikazan konačan izgled križanja. Shematski prikaz je napravljen po izvoru sa weba, sa službene stranice grada Makarske.



Slika 6.1 Tlocrt križanja (AutoCAD)



Slika 6.2 Izgled križanja u 3D prostoru (AutoCAD)

## **7. LITERATURA**

[1] Slunjski, E./Strojevi u građevinarstvu, Zagreb: Hrvatsko društvo građevinskih inženjera, 1995.

[2] <https://makarska.hr/novosti/od-23-veljace-posebna-regulacija-prometa-na-magistrali-zbog-pocetka-radova-na-spoju-zrinsko-frankopanske-ulice-sa-drzavnom-cestom-d-8>  
(Zadnji pristup: 02.04.2022.)

[3] Google maps

[4] [https://www.cat.com/en\\_ZA/news/machine-press-releases/new-cat-d6k-versatile-fuel-efficient-dozer-now-even-more-productive-with-grade-technology-options.html](https://www.cat.com/en_ZA/news/machine-press-releases/new-cat-d6k-versatile-fuel-efficient-dozer-now-even-more-productive-with-grade-technology-options.html)  
(Zadnji pristup: 03.04.2022.)

[5] <https://www.petersoncat.com/products/new/m-series-motor-graders/12m3-awd>  
(Zadnji pristup: 03.04.2022.)

[6] [https://www.cat.com/en\\_US/products/new/equipment/excavators/medium-excavators/15969757.html](https://www.cat.com/en_US/products/new/equipment/excavators/medium-excavators/15969757.html)  
(Zadnji pristup: 03.04.2022.)

[7] [https://www.bastrucks.com/hr/vehicles/new/truck-volvo-fmx\\_500-9999\\_01\\_01-8x4-6-70102400](https://www.bastrucks.com/hr/vehicles/new/truck-volvo-fmx_500-9999_01_01-8x4-6-70102400)  
(Zadnji pristup: 09.04.2022.)

[8] [https://www.cat.com/en\\_US/products/new/equipment/compactors/tandem-vibratory-rollers/18548029.html](https://www.cat.com/en_US/products/new/equipment/compactors/tandem-vibratory-rollers/18548029.html)  
(Zadnji pristup: 09.04.2022.)

[9] <https://altcon.com/super-1300-2-ergoplus.html>  
(Zadnji pristup: 09.04.2022.)

[10] <https://machineryline.hr/-/prodaja/valjci-za-asfalt/BOMAG-BW174AP-4-20101616564596736400>  
(Zadnji pristup: 10.05.2022.)

[11] <https://www.pk.hr/ispоруke/innecto-2/>  
(Zadnji pristup: 10.05.2022.)