

# Usklađivanje rada strojeva za izgradnju lukobrana

---

**Raos, Mia**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2017**

*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:123:697852>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-20**



*Repository / Repozitorij:*

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



UNIVERSITY OF SPLIT



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

# **ZAVRŠNI RAD**

**Mia Raos**

**Split, 2017.**

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

**Mia Raos**

**Usklađivanje rada strojeva za izgradnju lukobrana**

**Završni rad**

**Split, 2017.**

**SVEUČILIŠTE U SPLITU**

**FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

Split, Matice hrvatske 15

**STUDIJ: STRUČNI SVEUČILIŠNI STUDIJ GRAĐEVINARSTVA**

KANDIDAT: Mia Raos

BROJ INDEKSA: 1631

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

PREDMET: Tehnologija građenja

**ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD**

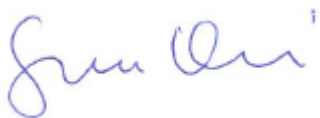
Tema: Usklađivanje rada strojeva za dio aktivnosti pri izgradnji lukobrana

Opis zadatka: Studentica će koristeći raspoloživu literaturu i ostale izvore na primjeru odabranih aktivnosti pri izgradnji lukobrana odabrati odgovarajuće strojeve i uskladiti njihov rad.

U Splitu, 21.03.2017.

Voditeljica Završnog rada:

Prof.dr.sc Snježana Knezić



## **Izbor i usklađivanje rada strojeva za izgradnju lukobrana**

### ***Sažetak:***

U ovom završnom radu rješava se problem usklađivanja rada strojeva za odabrane aktivnosti izgradnje lukobrana. Cilj je postizanje što veće učinkovitosti uz zadovoljavajuću kvalitetu, kao i završetak svih radova unutar određenog vremenskog roka.

### ***Ključne riječi:***

građevinski strojevi, usklađivanje rada strojeva, lukobran, tehnologija građenja

## **Harmonization of selected machinery for construction of a breakwater**

### ***Abstract:***

The aim of this final thesis is to resolve the problem of the synchronisation of the machinery during the construction of the breakwater and seawall for the selected tasks. The purpose is to achieve maximum efficiency having adequate quality and completion of work within the given time frame.

### ***Keywords:***

Construction machinery, machinery harmonisation, breakwater

## **Sadržaj:**

1. UVOD.....	1
2. OPIS PROJEKTA .....	2
3. OPIS AKTIVNOSTI .....	4
4. ODABIR STROJEVA.....	7
4.1. Utovarivač .....	8
4.2. Damper .....	8
4.3. Buldozer .....	9
4.4. Grejder.....	9
4.5. Kamion kiper .....	10
4.6. Čeljusna drobilica .....	10
4.7. Automiješalica.....	11
4.8. Vibro igla za beton .....	11
4.9. Vibrovaljak .....	12
4.10. Plovno jaružalo.....	12
4.11. Plovna dizalica.....	13
5. USKLAĐIVANJE RADA STROJEVA.....	14
5.1. Pripremni radovi.....	14
5.2. Izgradnja temeljnog iskopa lukobrana.....	16
5.3. Izgradnja kamenog nasipa trupa lukobrana od sitnog agregata.....	17
5.4. Izada filterskog sloja od krupnog agregata.....	20
5.5. Postavljanje kamenih blokova.....	22
5.6. Betoniranje unutrašnjeg dijela lukobrana .....	23
5.7. Odvoz viška materijala .....	24
6. ZAKLJUČAK.....	25
7. LITERATURA .....	26

## 1.UVOD

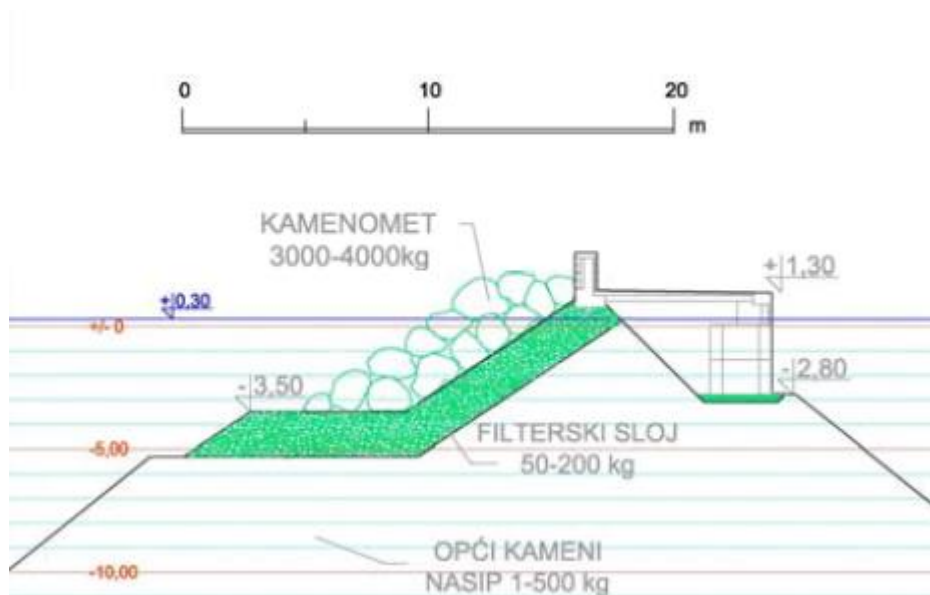
Ovaj rad prikazuje hipotetski slučaj usklađivanja rada strojeva kod odabranih aktivnosti iz plana izrade lukobrana pretpostavljenih dimenzija i karakteristika u potrebnom vremenskom roku. Gradilište se nalazi 50 m od lokalne ceste pa nije potrebna izrada pristupnog puta. Najbliža betonara je povezana lokalnim cestama te je ugovorno obvezana osigurati prijevoz betona do gradilišta. Kamenolom je uzet u najam te su potrebni strojevi za drobljenje i prijevoz materijala uzeti u obzir prilikom proračuna jer se radi o velikim količinama kamena. Prije početka radova treba očistiti gradilište od humusa količine 5 000 m<sup>3</sup> i ostalih materijala te ograditi zaštitnom ogradom i dr. Na morskom dnu se nalazi mulja volumena 12 000 m<sup>3</sup> kojeg treba ukolniti prije nasipavanja trupa lukobrana od agregata količine 120 000 m<sup>3</sup>. Propusnog filterskog sloja u lokobranu ima 17 000 m<sup>3</sup>, dok "škojere" ili kamenog nabačaja ima u volumenu 13 000 m<sup>3</sup>.

Lukobran je polovično nasuti dok je drugi dio vertikalno betoniran i omogućen za pristanište brodova unutar luke. Cilj ovog rada je rješenje problema usklađivanja strojeva uz iskorištavanje što veće učinkovitosti pri što manjim gubitcima. Proračun usklađivanja rada potrebnih tj. odabranih strojeva u praksi treba rezultirati objektom njegove zadane funkcionalnosti u projektnoj dokumentaciji. Opis odabranih radova i strojeva, kao i njihov odabir i usklađivanje, prikazani su u sljedećim poglavljima.

Korišteni podaci o lukobranu preuzeti su iz časopisa *Građevinar*, dok su neke vrijednosti pretpostavljene. [1]

## 2. OPIS PROJEKTA

Radi se o nasutom lukobranu koji je obložen kamenom ("škojera") s vanjske strane i s vertikalnom obalnom konstrukcijom s unutrašnje strane lukobrana. Poprečni presjek lukobrana prikazan je na slici 2.1.



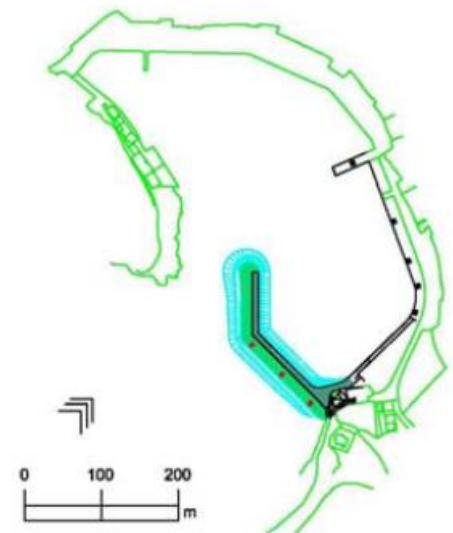
Slika 2.1. Poprečni presjek luobrana [1]

Lukobran je duljine 217 m, te je ostavljen prolaz širok 92 m koji omogućuje siguran i nesmetan ulazak brodova u luku, ali i izlazak iz luke. [1]

Idejno rješenje lukobrana prikazano je na slikama 2.2.1. i 2.2.2.



Slika 2.2.1 Stanje luke prije izgradnje [1]



Slika 2.2.2. Model varijante rješenja [1]



Izgradnja lukobrana se odvija u 2 faze:

### **I FAZA**

U prvoj fazi je obuhvaćeno čišćenje morskog dna od mulja, zatim izrada kamenog nasipa trupa lukobrana, zaštitnog filtarskog sloja te propusnog kamenometa.

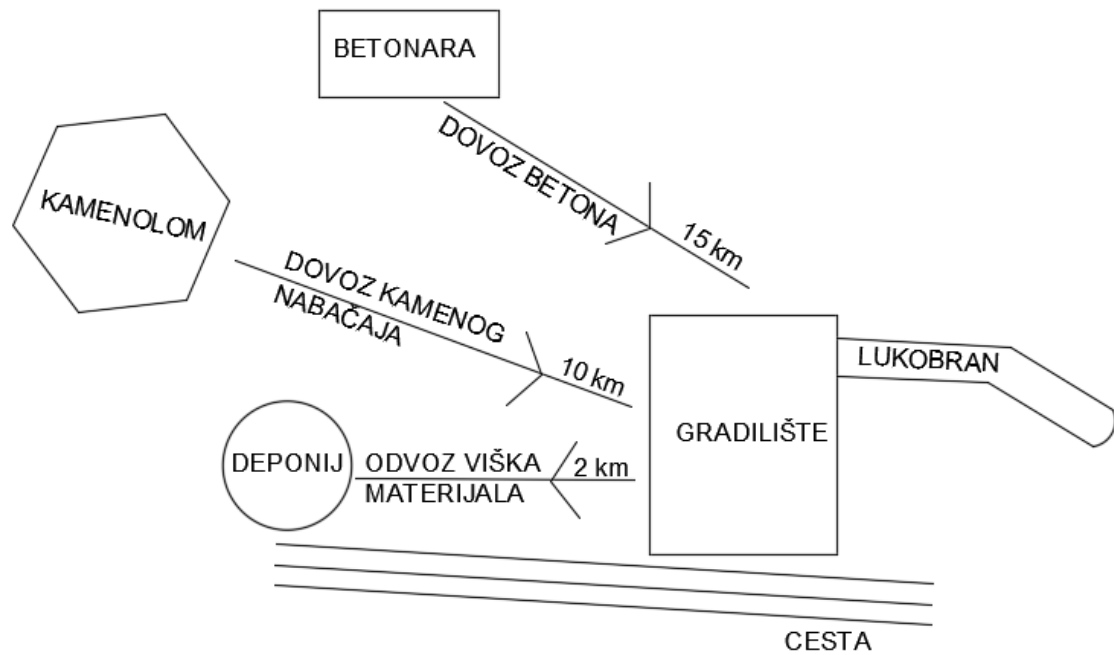
Pošto na poziciji na kojoj se predviđa gradnja lukobrana leži sloj pjeskovitog mulja, treba ga najprije iskopati kako bi nasip bio na kvalitetnom temeljnom tlu čvrste gline. U pripremnim radovima utovarivači vrše utvariskopanog mulja u dampere koji ga odvoze na obližnji deponij udaljen 2 km od gradilišta. Slijedi izrada trupa od miješanoga kamenog materijala (sitnog agregata od zdravog vapnenca od 0 do 500 kg) u nagibu od 1:1,5. Vršiti se nasipavanje sitnog agregata volumena 120 000 m<sup>3</sup> koji se dovozi iz kamenoloma udaljenog 10 km od gradilišta. Potom se pristupa izradi filtarskog sloja krupnog agregata koji je zaštita lukobrana od izvlačenja kamenog materijala iz nasipa zbog djelovanja mora. Filtarski se sloj formira od kamena veličine 300 – 500 kg a njegov volumen iznosi 17 000 m<sup>3</sup> koji se također dovozi iz kamenoloma. Tada se može pristupiti izradi zaštitnog kamenometa koji se posebno polaže od kamena s masom od 3 do 5 tona. Volumen postavljenih kamenih blokova iznosi 13 000m<sup>3</sup>.

### **II FAZA**

U drugoj se fazi vrši betoniranje vertikalne konstrukcije s unutrašnje strane lukobrana volumena 7000 m<sup>3</sup>. Beton se ugrađuje direktno iz automiješalice uz paralelno vibriranje previbratorima. Betonara je udaljena 15 km od gradilišta, te je ugovorom obvezana dostaviti beton na gradilište. Na kraju se vrši odvoz viška materijala damperima na deponij udaljen 2 km od gradilišta.

### 3.OPIS AKTIVNOSTI

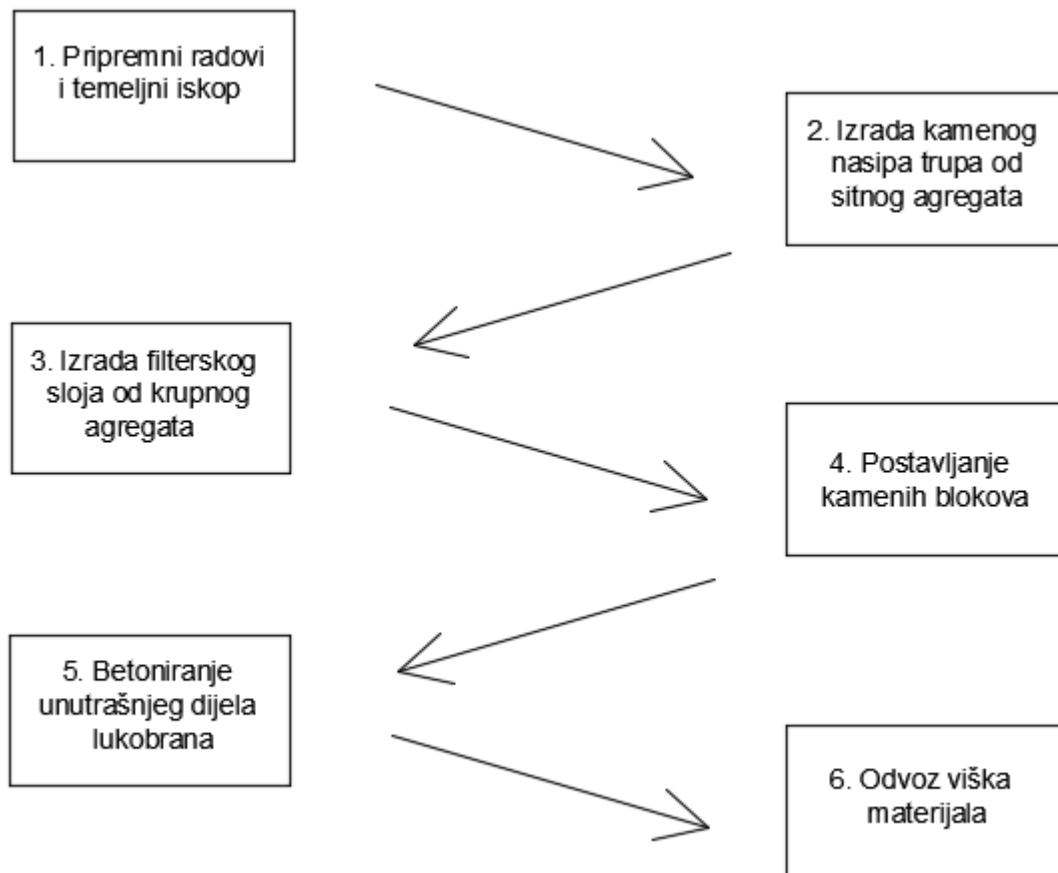
Aktivnosti potrebne za izgradnju lukobrana prikazane su u tablici 3.1. te se njihovo izvođenje svodi na širi prostor koji je shematski prikazan na slici 3.1. te prikaz slijeda aktivnosti na slici 3.2.



Slika 3.1. Shematski prikaz mjesta odvijanja radova

Tablica 3.1. Prikaz aktivnosti, njihovih podaktivnosti te odgovarajućih strojeva

<b>AKTIVNOSTI</b>	<b>PODAKTIVNOSTI</b>	<b>STROJEVI</b>
1. Pripremni radovi	skidanje humusa i skupljanje materijala	buldozer
	utovar materijala	utovarivač
	odvoz materijala na deponij	kamion kiper
2. Temeljni iskop lukobrana	čišćenje mulja sa morskog dna	plovno jaružalo
	odvoz materijala	kamion kiper
3. Izrada kamenog nasipa trupa lukobrana od sitnog agregata (vapnenac od 0-500 kg)	drobljenje kamena u kamenolomu	čeljusna drobilica
	utovar materijala u transportno sredstvo	utovarivač
	dovoz i istovar agregata na gradilište	kamion kiper
	nasipanje materijala na morsko dno	plovno jaružalo
	razastiranje materijala	buldozer
	planiranje nasutog materijala	grejder
	nabijanje krune lukobrana	vibrovaljak
4. Izrada filterskog sloja od krupnog agregata (300-500 kg)	utovar kamenog nabačaja u kamenolomu	utovarivač
	odvoz i istovar kamenog nabačaja na gradilište	kamion kiper
	razastiranje materijala	buldozer
5. Postavljanje kamenih blokova (3-5 tona)	utovar kamenih blokova u transportno sredstvo	autodizalica, kiper
	dovoz te prebačaj iz cestovnog u pomorski transport	kiper, plovna dizalica
	pomorski transport i ugradnja	plovna dizalica
6. Betoniranje unutrašnjeg dijela lukobrana	dovoz i ugradnja svježeg betona iz betonare	automiješalica
	vibriranje svježeg betona	vibro igla
7. Odvoz viška materijala	utovar viška materijala	utovarivač
	prijevoz do deponija i istovar materijala	damper



Slika 3.2. Prikaz slijeda aktivnosti za zadane radove

#### **4. ODABIR STROJEVA**

Strojevi potrebni za izdvojene aktivnosti pri izgradnji lukobrana prikazani u tablici 4.1. odabrani su sukladno analizi aktivnosti i podaktivnosti iz poglavlja 3, te su detaljno obrađeni uz prikaz njihovih karakteristika.

Njihove potrebne količine kako bi se zadovoljio traženi vremenski rok izgradnje lukobrana izračunate su u sljedećem poglavlju.

Tablica 4.1. Prikaz potrebnih strojeva

Utovarivač
Damper
Buldozer
Kiper
Grejder
Čeljusna drobilica
Automiješalica
Vibro igla
Vibrovaljak
Autodizalica
Plovno jaružalo
Plovna dizalica

## Karakteristike odabranih strojeva:

### **4.1. Utovarivač**

Za utovar materijala u aktivnostima pripremnih radova, izradi nasipa, filteraskog sloja te odvoza viška materijala odabran je utovarivač VOLVO L220H (Slika 4.1.) sljedećih karakteristika:

- zapremina lopate 16 m<sup>3</sup>,
- radna masa 33 t,
- najveća brzina 38 km/h.



Slika 4.1. Utovarivač VOLVO L220H [2]

### **4.2. Damper**

Za prijevoz i istovar viška materijala odabran je damper VOLVO A60H (Slika 4.2.) sljedećih karakteristika:

- nosivost 55 t,
- volumen 3,6 m<sup>3</sup>,
- najveća brzina 55 km/h.



Slika 4.2. Damper VOLVO A60H [3]

### 4.3. Buldozer

Za razastiranje materijala u aktivnostima izrade kamenih nasipa odabran je buldozer JOHN DEERE 1050K (Slika 4.3.) sljedećih karakteristika:

- snaga 261 kW,
- visina noža 3476 mm,
- širina noža 3964 mm.



Slika 4.3. Buldozer JOHN DEERE 1050K [4]

### 4.4. Grejder

Za planiranje nasutog materijla odabran je grejder CATERPILLAR 140M3 AWD (Slika 4.4.) sljedećih karakteristika:

- snaga 120 kW,
- širina noža 3,7 m,
- radna težina.



Slika 4.4. Grejder CATERPILLAR 140M3 AWD [5]

#### 4.5. Kamion kiper

Za odvoz materijala na deponij odabran je kamion kiper MERCEDES BENZ ACTROS 4150 V8 (Slika 4.5.) sljedećih karakteristika:

- volumen koša 15 928 m<sup>3</sup>,
- snaga 370 kW,
- najveća dopuštena masa 40 t.



Slika 4.5. Kamion kiper MERCEDES BENZ ACTROS 4150 V8 [6]

#### 4.6. Čeljusna drobilica

Za aktivnost drobljenja kamena u kamenolomu odabrana je čeljusna drobilica XKJ PEX (Slika 4.6.) sljedeći karakteristika:

- snaga motora 75 kW,
- težina 12,6 t,
- kapacitet 130 t/h,
- maksimalni otvor čeljusti 1300 mm,
- minimalni otvor čeljusti 300 mm.



Slika 4.6. Čeljusna drobilica XKJ PEX [7]



#### 4.7. Automiješalica

Za aktivnost betoniranja unutrašnjeg dijela lukobrana odabrana je automiješalica FIORDI DB 560T (Slika 4.7.) sljedećih karakteristika:

- snaga 83 kW,
- maksimalna brzina punog vozila 35 km/h,
- maksimalna brzina praznog vozila 60 km/h,
- zapremina 8 m<sup>3</sup>.



Slika 4.7. Automiješalica FIORDI DB 560T [8]

#### 4.8. Vibro igla za beton

Za zbijanje betona nakon betoiranja odabrana je vibro igla SV65(Slika 4.8.) sljedećih karakteristika:

- promjer igle 65 mm,
- dužina igle 440 mm,
- broj vibracija po minuti 12 000,
- napon struje 42 V,
- frekvencija 200 Hz.



Slika 4.8. Vibro igla za beton SV65 [9]

#### 4.9. Vibrovaljak

Za aktivnost nabijanja krune lukobrana nakon nasipanja materijala odabran je vibrovaljak SHANTUI SR18-2 (Slika 4.9.) sljedećih karakteristika:

- snaga 110 kW,
- težina 18 t,
- kut rotacije  $\pm 36^\circ$ ,
- maksimalna brzina 9,1 km/h.



Slika 4.9. Vibrovaljak SHANTUI SR18M-2 [10]

#### 4.10. Plovno jaružalo

Za aktivnost čišćenja mulja s morskog dna odabrano je plovno jaružalo "WATERMASTER" (Slika 4.10.) sljedećih karakteristika:

- iskop do dubine 15 m,
- odlaganje hidrauličnim cjevovodom do 400 m od iskopa,
- kapacitet 300 m<sup>3</sup>/dan.



Slika.4.10. Plovno jaružalo WATERMASTER [11]

#### 4.11. Plovna dizalica

Za pomorski transport i ugranju škojere odabrana je plovna dizalica LDI-18 (Slika 4.11.) sljedećih karakteristika:

- nosivost 100 t,
- snaga 2x175 kW,
- okret 360°,
- brzina 4 km/h.



Slika 4.12. Plovna dizalica LDI-18 [12]

## **5.USKLADIVANJE RADA STROJEVA**

Potrebno je uskladiti rad strojeva kako bi se projekt mogao izvršiti. Do izvršenja proračuna dolazi kada su strojevi tijekom radnog vremena maksimalno iskorišteni kako bi se osigurao minimalan prazan hod uz uvjet da radovi budu gotovi unutar potrebnog vremenskog roka.

### **5.1. Pripremni radovi**

U ovoj aktivnosti je potrebno uskladiti rad buldozera, utovarivača i dampera.

Potrebni podaci:

- $K_r$  – koeficijent rastresitosti tla (odabrano 0,87)
- $K_v$  – koeficijent iskorištenosti radnog vremena (odabrano 0,85 tj. čistog rada po satu je 51 min)
- $K_d$  – koeficijent zastarjelosti (1,0)
- $d$  – udaljenost do deponija na koji se odvozi materijal (5000 m)

**Buldozer** (Slika 4.3.):

- $q$  – volumen lopate buldozera ( $9,7 \text{ m}^3$ )
- $T_i$  – vrijeme potrebno za iskop (50 s)
- $T_{tr}$  – vrijeme potrebno za guranje (25 s)
- $T_{pov}$  – vrijeme potrebno za povratak (15 s)
- $T_o$  – vrijeme izgubljeno u promjeni smijera (5 s)

**Proračun:**

Ciklus:  $T_c = T_i + T_{tr} + T_{pov} + T_o = 50 + 25 + 15 + 5 = 95 \text{ s}$

Teorijski učinak :  $U_t = 3600 * q / T_c = 3600 * 9,7 / 95 = 367,58 \text{ m}^3/\text{h}$

Planski učinak :  $U_p = U_t * K_r * K_v * K_d = 367,58 * 0,87 * 0,85 * 1,0 = 271,83 \text{ m}^3/\text{h}$

**Utovarivač** (Slika 4.1)

- $q$  – zapremina lopate utovarivača ( $5,2 \text{ m}^3$ )
- $T_i$  – vrijeme potrebno za podizanje lopate (20 s)
- $T_t$  – vrijeme potrebno za manevar i okret lopate (5 s)
- $T_e$  – vrijeme potrebno za pražnjenje lopate (10 s)

**Proračun:**

Ciklus:  $T_c = T_i + T_t + T_e = 20 + 5 + 10 = 35 \text{ s}$

Teorijski učinak :  $U_t = 3600 * q / T_c = 3600 * 5,2 / 35 = 534,85 \text{ m}^3/\text{h}$

Planski učinak :  $U_p = U_t * K_r * K_v * K_d \text{ (m}^3/\text{h)} = 534,85 * 0,87 * 0,85 * 1,0 = 395,52 \text{ m}^3/\text{h}$

$U_{\text{putovarivač}} / U_{\text{buldozer}} = 395,52 / 271,83 = 1,45 = 2$  buldozera potrebna za 1 utovarivač

**Kamion kiper** (Slika 4.3)

- q-volumen koša 15,93 m<sup>3</sup>
- brzina vožnje punog kamiona 35 km/h
- brzina vožnje praznog kamiona 60 km/h

**Proračun:**

$$T_{(\text{utovar})} = q/U_p = 15,93/395,52 = 145 \text{ s}$$

$$T_{(\text{puna+prazna vožnja})} = d/v_{\text{pun}} + d/v_{\text{pra}} = 5/35 + 5/60 = 0,226 \text{ h} = 815 \text{ s}$$

$$T_{(\text{istovar i manevar})} = 150 \text{ s}$$

$$\text{Ciklus : } T_c = T_{i+m} + T_u + T_v = 145+815+150 = 1110 \text{ s}$$

$$\text{Planski učinak : } U_p = q/T_c * K_d = 15,93/1110 * 1,0 = 51,66 \text{ m}^3/\text{h}$$

**Izračun broja potrebnih kamiona:**

$$N_{\text{potrebnih kamiona}} = T_c / T_{(\text{utovar})} = 1110/145 = 8 \text{ kamiona}$$

**Vrijeme potrebno za prijevoz materijala:**

$$T = V_{(\text{krupnog agregata})} / U_p (\text{utovarivača}) = 5\,000 / 395,52 = 12,64 \text{ (sati)} \approx 2 \text{ radna dana}$$

**Vrijeme potrebno za čišćenje:**

$$T = V_{(\text{otpada})} / U_p (\text{buldozera}) = 1000 / 271,83 = 3,68 \text{ h}$$

**Potrebna su 2 buldozera, 1 utovarivač i 8 kamiona kiperi**

## 5.2. Izgradnja temeljnog iskopa lukobrana

U ovoj aktivnosti potrebno je uskladiti rad plovnog jaružala i kamiona kiperera.

Potrebni podaci:

- $K_r$  – koeficijent rastresitosti tla (odabrano 1,25)
- $K_p$  – koeficijent punjenja lopate (odabrano 0,75)
- $K_v$  – koeficijent iskorištenosti radnog vremena (odabrano 0,85 tj. čistog rada po satu je 51 min)
- $K_z$  – kut zaokreta (odabrano 0,98)
- $K_d$  – koeficijent zastarjelosti (1,0)
- Volumen mulja  $V_{mulja} = 12\ 000\text{m}^3$

### Plovno jaružalo (Slika 4.10)

- $q$  – volumen lopate jaružala (3,8 m<sup>3</sup>)
- $T_i$  – vrijeme iskopa (45 s)
- $T_p$  – vrijeme punjenja (15 s)
- $T_o$  – gubitak vremena zbog promjene smjera (5 s)

### **Proračun:**

Ciklus:  $T_c = T_i + T_p + T_o = 45 + 15 + 5 = 65\text{ s}$

Teorijski učinak :  $U_t = 3600 * q / T_c = 3600 * 3,8 / 65 = 210,46\text{ m}^3/\text{h}$

Planski učinak:  $U_p = U_t * K_r * K_v * K_z * K_p * K_d = 210,46 * 1,25 * 0,85 * 0,98 * 0,75 * 1,0$   
 $= 164,36\text{ m}^3/\text{h}$

### Kamion kiper (Slika 4.3)

- $q$  – volumen koša 15,93 m<sup>3</sup>
- brzina vožnje punog kamiona 35 km/h
- brzina vožnje praznog kamiona 60 km/h

### **Proračun:**

$T_{(utovar)} = q / U_p = 15,93 / 164,36 = 350\text{ s}$

$T_{(puna+prazna\ vožnja)} = d / v_{pun} + d / v_{pra} = 5 / 35 + 5 / 60 = 0,226\text{ h} = 815\text{ s}$

$T_{(istovar\ i\ manevar)} = 150\text{ s}$

Ciklus :  $T_c = T_{i+m} + T_u + T_v = 350 + 815 + 150 = 1315\text{ s}$

Planski učinak :  $U_p = q / T_c * K_d = 15,93 / 1315 * 1,0 = 43,61\text{ m}^3/\text{h}$

Izračun broja potrebnih kamiona:

$N_{\text{potrebnih kamiona}} = T_c / T_{(utovar)} = 1315 / 350 = 4\text{ kamiona}$

Vrijeme potrebno za prijevoz materijala:

$T = V_{(mulja)} / U_p\text{ (jaružala)} = 12\ 000 / 164,36 = 73,01\text{ (sati)} \approx 10\text{ radna dana}$

Potrebno je 1 plovno jaružalo i 2 kamiona kiperera

### 5.3 Izgradnja kamenog nasipa trupa lukobrana od sitnog agregata

U ovoj aktivnosti potrebno je uskladiti rad čeljusne drobilice, utovarivača, kamiona kipera, plovnog jaružala, buldozera, grejdera i vibrovaljka.

Potrebni podaci:

- d – udaljenost gradilišta od kamenoloma (10 000 m)
- V-volumen vapnenca koji treba zdrobiti za nasip lukobrana (120 000 m<sup>3</sup>)
- K<sub>r</sub> – koeficijent rastresitosti tla (odabrano 0,87)
- K<sub>v</sub> – koeficijent iskorištenosti radnog vremena (odabrano 0,85 tj. čistog rada po satu je 51 min)
- K<sub>d</sub> – koeficijent zastarjelosti (1,0)
- Volumen vapnenca 120 000 m<sup>3</sup>

#### Čeljusna drobilica (Slika 4.6.)

- maksimalna širina čeljusti 1300 mm
- minimalna širina čeljusti 300 mm

#### **Proračun:**

$$U_p = 0,03 * K_r * K_v * K_d * n * b * s * (d+e) * \rho / \operatorname{tg} \alpha \text{ (t/h)}$$

$$n = \text{broj obrtaja} = 150 \text{ o/min} = 9000 \text{ o/h}$$

$$b = \text{širina čeljusti} = 600 \text{ mm}$$

$$s = \text{hod pokretne čeljusti} = 1000 \text{ mm}$$

$$d = \text{max otvor čeljusti (e+s)} = 1300 \text{ mm}$$

$$e = \text{minimalni otvor čeljusti} = 300 \text{ mm}$$

$$\rho = \text{specifična gustoća vapnenca} = 2,600 \text{ kg/m}^3 = 2,6 * 10^{-6} \text{ t/mm}^3$$

$$\alpha = \text{ugao naklona između čeljusti} = 39^\circ$$

$$U_p = 0,03 * 0,87 * 0,85 * 1,0 * 9000 * 600 * 1000 * (1300 + 300) * 2,6 * 10^{-6} / 0,81 = 615 \text{ t/h}$$

Potrebno je zdrobiti 120 000 m<sup>3</sup> vapnenca:

$$m = V * \rho = 120000 * 2600 = 312000000 \text{ kg} = 312 000 \text{ t}$$

#### Vrijeme potrebno za drobljenje vapnenca:

$$T_{\text{drobljenja}} = m / U_p = 312 000 / 615 = 508 \text{ h} = 64 \text{ dana}$$

### **Utovarivač** (Slika 4.1)

- q-zapremina lopate utovarivača (5,2 m<sup>3</sup>)
- T<sub>1</sub>- vrijeme potrebno za podizanje lopate (20 s)
- T<sub>t</sub>-vrijeme potrebno za manevar i okret lopate (5 s)
- T<sub>e</sub>-vrijeme potrebno za pražnjenje lopate (10 s)

#### **Proračun:**

$$\text{Ciklus: } T_c = T_1 + T_t + T_e = 20 + 5 + 10 = 35 \text{ s}$$

$$\text{Teorijski učinak : } U_t = 3600 \cdot q / T_c = 3600 \cdot 5,2 / 35 = 534,85 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Planski učinak : } U_p = U_t \cdot K_r \cdot K_v \cdot K_d \text{ (m}^3/\text{h)} = 534,85 \cdot 0,87 \cdot 0,85 \cdot 1,0 = 395,52 \text{ m}^3/\text{h}$$

### **Kamion kiper** (Slika 4.3)

- q-volumen koša 15,93 m<sup>3</sup>
- brzina vožnje punog kamiona 35 km/h
- brzina vožnje praznog kamiona 60 km/h

#### **Proračun:**

$$T_{(\text{utovar})} = q / U_p = 15,93 / 395,52 = 145 \text{ s}$$

$$T_{(\text{puna+prazna vožnja})} = d / v_{\text{pun}} + d / v_{\text{pra}} = 5 / 35 + 5 / 60 = 0,226 \text{ h} = 815 \text{ s}$$

$$T_{(\text{istovar i manevar})} = 150 \text{ s}$$

$$\text{Ciklus : } T_c = T_{i+m} + T_u + T_v = 145 + 815 + 150 = 1110 \text{ s}$$

$$\text{Planski učinak : } U_p = q / T_c \cdot K_d = 15,93 / 1110 \cdot 1,0 = 51,66 \text{ m}^3/\text{h}$$

#### **Izračun broja potrebnih kamiona:**

$$N_{\text{potrebnih kamiona}} = T_c / T_{(\text{utovar})} = 1110 / 145 = 8 \text{ kamiona}$$

### **Plovno jaružalo** (Slika 4.10)

- q – volumen lopate jaružala (3,8 m<sup>3</sup>)
- T<sub>p</sub>-vrijeme punjenja (20 s)
- T<sub>o</sub>-gubitak vremena zbog promjene smjera (5 s)
- T<sub>i</sub>-vrijeme ispusta (15 s)

#### **Proračun:**

$$\text{Ciklus: } T_c = T_i + T_p + T_o = 20 + 5 + 15 = 40 \text{ s}$$

$$\text{Teorijski učinak : } U_t = 3600 \cdot q / T_c = 3600 \cdot 3,8 / 40 = 342,0 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\begin{aligned} \text{Planski učinak: } U_p &= U_t \cdot K_r \cdot K_v \cdot K_z \cdot K_p \cdot K_d = 342,0 \cdot 0,87 \cdot 0,85 \cdot 0,98 \cdot 0,75 \cdot 1,0 \\ &= 185,89 \text{ m}^3/\text{h} \end{aligned}$$



### **Buldozer** (Slika 4.3.)

- q-volumen lopate buldozera ( $9,7 \text{ m}^3$ )
- $T_i$ -vrijeme potrebno za iskop (50 s)
- $T_{tr}$ -vrijeme potrebno za guranje (25 s)
- $T_{pov}$ -vrijeme potrebno za povratak (15 s)
- $T_o$ -vrijeme izgubljeno u promjeni smijera (5 s)

#### **Proračun:**

Ciklus:  $T_c = T_i + T_{tr} + T_{pov} + T_o = 50 + 25 + 15 + 5 = 95 \text{ s}$

Teorijski učinak :  $U_t = 3600 \cdot q / T_c = 3600 \cdot 9,7 / 95 = 367,58 \text{ m}^3/\text{h}$

Planski učinak :  $U_p = U_t \cdot K_r \cdot K_v \cdot K_d = 367,58 \cdot 0,87 \cdot 0,85 \cdot 1,0 = 271,83 \text{ m}^3/\text{h}$

$U_{putovarivač} / U_{buldozer} = 395,52 / 271,83 = 1,45 = 2$  buldozera potrebna za 1 utovarivač

### **Grejder** (Slika 4.4.)

- Širina noža  $b = 3,66 \text{ m}$
- Korisna širina noža  $b = 3,26 \text{ m}$
- Srednja brzina planiranja  $v = 5 \text{ km/h} = 1,38 \text{ m/s}$
- Broj prijelaza  $n = 7$
- Koeficijent preklapanja prijelaza  $K_{prekl} = 0,95$
- Koeficijent dotrajalosti grejdera  $K_d = 0,92$
- Koeficijent čistograda grejdera u satu  $K_v = 0,80$
- A-površina planiranja ( $15000 \text{ m}^2$ )

#### **Proračun**

Teorijski učinak:  $U_t = ((v \cdot b) / n) = ((1,38 \cdot 3,26) / 7) \cdot 3600 = 2314 \text{ m}^2/\text{h}$

Planski učinak:  $U_p = U_t \cdot K_v \cdot K_{prekl} \cdot K_d = 2314 \cdot 0,80 \cdot 0,95 \cdot 0,92 = 1617,95 \text{ m}^2/\text{h}$

Vrijeme potrebno za planiranje:  $A / U_p = 15000 / 1617,95 = 9,27 \text{ h}$  tj. 2 radna dana

### **Vibrovaljak** (Slika 4.9.)

- Brzina kretanja valjka  $v = 9100 \text{ m/h}$
- Debljina nasutog sloja  $d = 20 \text{ cm}$
- Korisna širina valjka  $b = 2,14 \text{ m}$
- Broj prijelaza valjka po jednom traku  $n = 10$
- Koeficijent dotrajalosti stroja  $K_d = 0,85$
- Vrijeme čistog rada  $t = 54 \text{ min}$  što znači da je  $K_v = 0,90$

#### **Proračun:**

Teorijski učinak:  $U_t = ((v \cdot d \cdot b) / n) = ((9100 \cdot 0,2 \cdot 2,14) / 10) = 389,48 \text{ m}^3/\text{h}$

Planski učinak:  $U_p = U_t \cdot K_v \cdot K_d = 389,48 \cdot 0,90 \cdot 0,85 = 260 \text{ m}^3/\text{h}$

Potrebna je 1 čeljusna drobilica, 1 utovarivač, 8 kamiona kiperi, 1 plovno jaružalo, 2 buldozera, 1 grejder i 1 vibrovaljak.

## 5.4. Izada filterskog sloja od krupnog agregata

U ovoj aktivnosti potrebno je uskladiti rad utovarivača, kamiona kiperu i buldozera.

Potrebni podaci:

- $K_r$  – koeficijent rastresitosti tla (odabrano 0,87)
- $K_v$  – koeficijent iskorištenosti radnog vremena (odabrano 0,85 tj. čistog rada po satu je 51 min)
- $K_d$  – koeficijent zastarjelosti (1,0)
- $d$  – udaljenost do deponija na koji se odvozi materijal (10000 m)

### Utovarivač (Slika 4.1)

- $q$  – zapremina lopate utovarivača ( $5,2 \text{ m}^3$ )
- $T_1$  – vrijeme potrebno za podizanje lopate (20 s)
- $T_t$  – vrijeme potrebno za manevar i okret lopate (5 s)
- $T_e$  – vrijeme potrebno za pražnjenje lopate (10 s)

#### **Proračun:**

Ciklus:  $T_c = T_1 + T_t + T_e = 20 + 5 + 10 = 35 \text{ s}$

Teorijski učinak :  $U_t = 3600 * q / T_c = 3600 * 5,2 / 35 = 534,85 \text{ m}^3/\text{h}$

Planski učinak :  $U_p = U_t * K_r * K_v * K_d \text{ (m}^3/\text{h)} = 534,85 * 0,87 * 0,85 * 1,0 = 395,52 \text{ m}^3/\text{h}$

### Kamion kiper (Slika 4.3)

- $q$  – volumen koša  $15,93 \text{ m}^3$
- brzina vožnje punog kamiona  $35 \text{ km/h}$
- brzina vožnje praznog kamiona  $60 \text{ km/h}$

#### **Proračun:**

$T_{(\text{utovar})} = q / U_p = 15,93 / 395,52 = 145 \text{ s}$

$T_{(\text{puna+prazna vožnja})} = d / v_{\text{pun}} + d / v_{\text{pra}} = 10 / 35 + 10 / 60 = 0,452 \text{ h} = 1627 \text{ s}$

$T_{(\text{istovar i manevar})} = 150 \text{ s}$

Ciklus :  $T_c = T_{i+m} + T_u + T_v = 145 + 1627 + 150 = 1922 \text{ s}$

Planski učinak :  $U_p = q / T_c * K_d = 15,93 / 1922 * 1,0 = 29,84 \text{ m}^3/\text{h}$

#### Izračun broja potrebnih kamiona:

$N_{\text{potrebnih kamiona}} = T_c / T_{(\text{utovar})} = 1922 / 145 = 14 \text{ kamiona}$

#### Vrijeme potrebno za prijevoz materijala:

$T = V_{(\text{krupnog agregata})} / U_p \text{ (utovarivača)} = 17\,000 / 395,52 = 42,98 \text{ (sati)} \approx 6 \text{ radna dana}$

**Buldozer** (Slika 4.3.)

- $q$ -volumen lopate buldozera ( $9,7 \text{ m}^3$ )
- $T_i$ -vrijeme potrebno za iskop (50 s)
- $T_{tr}$ -vrijeme potrebno za guranje (25 s)
- $T_{pov}$ -vrijeme potrebno za povratak (15 s)
- $T_o$ -vrijeme izgubljeno u promjeni smijera (5 s)

**Proračun:**

Ciklus:  $T_c = T_i + T_{tr} + T_{pov} + T_o = 50 + 25 + 15 + 5 = 95 \text{ s}$

Teorijski učinak :  $U_t = 3600 * q / T_c = 3600 * 9,7 / 95 = 367,58 \text{ m}^3/\text{h}$

Planski učinak :  $U_p = U_t * K_r * K_v * K_d = 367,58 * 0,87 * 0,85 * 1,0 = 271,83 \text{ m}^3/\text{h}$

$U_{putovarivač} / U_{pbuldozer} = 395,52 / 271,83 = 1,45 = 2$  buldozera potrebna za 1 utovarivač

Potrebna su 2 buldozera, 1 utovarivač i 14 kamiona

## 5.5. Postavljanje kamenih blokova

Postupak postavljanja kamenometa, velikih kamenskih blokova ili "škojere" neovisan je o drugim komponentama. Funkcija škojere je zaštita sitnijih unutarnjih slojeva lukobrana od propuštanja djelovanja valova prilikom disperzije valne energije kroz šupljine između elemenata. [13]

Potrebno je dobro složiti tj. uklještit blokove prilikom postavljanja jer se tako dobiva na čvrstoći jer se težina pojedinog bloka povećava djelovanjem tlakova okolnih blokova. Postavljanje blokova škojere sukladno odabranim aktivnostima vrši se pomoću plovne dizalice (Slika 5.1.) nakon što se potrebna količina dostavi na gradilište iz obližnjeg kamenoloma pomoću kamiona kipera.

Plovna dizalica postavlja blokove jedan po jedan po određenom nagibu na nasuti trup lukobrana pomoću vodilica postavljenih u udaljenosti od približnog promjera 3 do 4 kamena bloka. Odabrano vrijeme završetka postavljanja blokova prilikom rada plovne dizalice je 30 radnih dana. (Slika 5.2.)



Slika 5.1. Postavljanje škojere pomoću plovne dizalice [1]



Slika 5.2. Izgled lukobrana nakon završetka postavljanja blokova [1]

## 5.6. Betoniranje unutrašnjeg dijela lukobrana

U ovoj aktivnosti potrebno je uskladiti rad automiješalice i pervibratora.

Potrebni podaci:

- $K_v$  – koeficijent iskorištenosti radnog vremena (odabrano 0,95 tj. čistog rada po satu je 54 min)
- $K_d$  – koeficijent zastarjelosti strojeva (1,0)
- $d$  – udaljenost gradilišta od betnare (15 km)
- Maksimalna brzina pune automiješalice  $v=35\text{km/h}$
- Maksimalna brzina prazne automiješalice  $v=60\text{km/h}$
- Volumen betona kojeg je potrebno ugraditi  $V=7000\text{ m}^3$

### Automiješalica (Slika 4.7.)

- $q$  – zapremina automiješalice  $8\text{ m}^3$
- $T_c$  – trajanje ciklusa automiješalice
- $T_u$  – trajanje utovara (150 s)
- $T_p$  – trajanje puta – odvoz i povratak  $= (15/35 + 15/60) * 3600 = 2443\text{ s}$
- $T_i$  – trajanje istovara (1500 s)
- $T_c = T_u + T_p + T_i = 150 + 2443 + 1500 = 4093\text{ s}$

### **Proračun:**

Teorijski učinak:  $U_t = (q/T_c) * 3600 = (8/4093) * 3600 = 7,04\text{ m}^3/\text{h}$

Planski učinak:  $U_p = U_t * K_v * K_d = 7,04 * 0,95 * 0,1 = 6,67\text{ m}^3/\text{h}$

### Vibro igla (Slika 4.8.)

Vibro igla za vibriranje betona koristi se nakon što se nalije svježi beton. Ovaj proces ovisi o ljudskoj ruci i kvalificiranosti radnika te se ne može vremenski točno odrediti. Nakon što se nalije svježi beton iz automiješalice slijedi proces zbijanja betona vibro iglom tako da se ovisno o procjeni radnika nakon određenog broja vibracija premješta na sljedeće mjesto zbijanja betona. Izvođači radova znaju otprilike koliko vremena treba radniku pri korištenju vibro igle ovih karakteristika u praksi. (Slika 5.3.)

Pretpostavljeno vrijeme izvršetka radova iznosi 21 dan zbog potrebe njegovanja radi učvršćivanja betona zbog dostizanja njegove propisane nosivosti.



Slika 5.3. Korištenje vibro igle pri zbijanju betona [14]

## 5.7. Odvoz viška materijala

U ovoj aktivnosti potrebno je uskladiti rad utovarivača i dampera.

Potrebni podaci:

- $K_r$  – koeficijent rastresitosti tla (odabrano 0,87)
- $K_v$  – koeficijent iskorištenosti radnog vremena (odabrano 0,85 tj. čistog rada po satu je 51 min)
- $K_d$  – koeficijent zastarjelosti (1,0)
- $d$  – udaljenost do deponija na koji se odvozi materijal (10000 m)

### Utovarivač (Slika 4.1)

- $q$  – zapremina lopate utovarivača ( $5,2 \text{ m}^3$ )
- $T_1$  – vrijeme potrebno za podizanje lopate (20 s)
- $T_t$  – vrijeme potrebno za manevar i okret lopate (5 s)
- $T_e$  – vrijeme potrebno za pražnjenje lopate (10 s)

#### **Proračun:**

Ciklus:  $T_c = T_1 + T_t + T_e = 20 + 5 + 10 = 35 \text{ s}$

Teorijski učinak :  $U_t = 3600 * q / T_c = 3600 * 5,2 / 35 = 534,85 \text{ m}^3/\text{h}$

Planski učinak :  $U_p = U_t * K_r * K_v * K_d \text{ (m}^3/\text{h)} = 534,85 * 0,87 * 0,85 * 1,0 = 395,52 \text{ m}^3/\text{h}$

### Damper (Slika 4.2.)

- $q$  – volumen sanduka dampera  $33,6 \text{ m}^3$
- $N$  – nosivost dampera (55000 kg)
- $\rho$  – specifična gustoća materijala ( $1600 \text{ kg/m}^3$ )

#### **Proračun:**

provjera nosivosti =  $55000 / 1600 = 34,375 \text{ m}^3$

$T_{(\text{utovar})} = q / U_p = 33,6 / 395,52 = 85 \text{ s}$

$T_{(\text{puna+prazna voznja})} = d/v_{\text{pun}} + d/v_{\text{pra}} = 10/25 + 10/55 = 2095 \text{ s} = 35 \text{ min}$

$T_{(\text{istovar})} = 80 \text{ s}$

$T_{(\text{manevara})} = 120 \text{ s}$

Ciklus:  $T_c = T_u + T_{\text{ppv}} + T_i + T_m = 85 + 2095 + 80 + 120 = 2601 \text{ s}$

#### Izračun broja potrebnih dampera:

$N_{\text{potr.dam.}} = \text{ciklus dampera} / \text{vrijeme utovara} = T_c / T_u = 2601 / 85 = 30,6 \text{ dampera}$

#### Vrijeme potrebno za čišćenje:

$T = V(\text{otpada}) / U_p \text{ (utovarivača)} = 15000 / 395,52 = 38 \text{ (sati)} = 5 \text{ radna dana}$

Potreban je 1 utovarivač i 31 dampera

## **6. ZAKLJUČAK**

Pripremni radovi i radovi izgradnje temeljnog iskopa lukobrana izvode se paralelno s zaostatkom iskopa od 1 radnog dana. Za pripremne radove je potreban 1 utovarivač, 2 popratna buldozera, te 8 kamiona kiperera kako bi radovi tekli kontinuirano.

Za temeljni iskop je potrebno počistiti morsko dno od mulja pomoću 1 plovnog jaružala prilikom kojeg odvoz viška materijala koje crpka izbaci vrše 2 kamiona kiperera. Strojjevi rade usklađeno bez zaostatka, te je potrebno 10 radnih dana.

Pri izradi kamenog nasipa trupa od sitnog agregata kamena vapnenca najduže traje drobljenje kamena u kamenolomu, i to 64 dana. Radi se o velikoj količini kamena te u kamenolomu prilikom utovara služi 1 utovarivač na 8 kamiona kiperera koji materijal dovoze i odlažu na gradilištu. Plovno jaružalo tada nasipa morsko dno nakon čega grejder vrši planiranje nasutog materijala. Vibrovaljak nabija krunu lukobrana prije ugradnje betona što će se kasnije uslijediti. Za nasipavanje, planiranje i nabijanje strojevima treba 2 radna dana. Za izradu filterskog sloja lukobrana od krupnog agregata potrebni će biti sljedeći strojevi: 1 utovarivač, 14 kamiona kiperera, te 2 buldozera kako bi rad bio usklađen i neprekidan u izračunatom potrebnom trajanju od 6 dana.

Nakon što su svi zemljani radovi nasipavanja i kopanja završeni slijedi postavljanje kamenih blokova ili škojere na vanjsku stranu lukobrana tj. onu stranu koja će biti izložena utjecaju valova. Blokovi se dovoze iz kamenoloma kamionima kiperima, a pojedinačno postavljanje vrši plovna dizalica. Dizalici je potrebno otprilike 30 radnih dana za postavljanje blokova. Svježi beton se miješa na gradilištu nakon što je dostavljen iz betonare. Automiješalica služi za ugradbu betona uzduž lukobrana nakon čega se isti zbija vibro iglama. Potrebno vrijeme za ovu aktivnoost je 21 dan.

Na kraju dolazi odvoz viška neupotrijebljenog materijala sa gradilišta pomoću 9 dampera usklađenih sa 1 utovarivačem za što je potrebno 5 radnih dana.

Dakle, gruba procjena završetka odabranih aktivnosti pri izgradnji lukobrana prilikom usklađivanja potrebnih strojeva iznosi 140 dana ako radno vrijeme u jednom danu iznosi 8 sati. Prikaz svih djelatnosti, radova sa strojevima i opisa posla je usklađen te je izvođač spreman kako bi se prebacio na konačnu realizaciju projekta.

## **7. LITERATURA**

- [1] Nadilo B.: Lukobran u Makarskoj, Znatno poboljšanje turističke ponude  
*Građevinar* 6/2014 str.555-564
- [2] <https://www.volvoce.com/hrvatska/hr-hr/products/wheel-loaders/large/1220h/>  
(Zadnji pristup: Kolovoz, 2017.)
- [3] <https://www.volvoce.com/hrvatska/hr-hr/products/articulated-haulers/a60h/>  
(Zadnji pristup: Kolovoz, 2017.)
- [4] <https://www.deere.com/en/dozers/1050k/> (Zadnji pristup: Kolovoz, 2017.)
- [5] <https://www.constructionequipment.com/caterpillar-m-series-3-motor-graders>  
(Zadnji pristup: Kolovoz, 2017.)
- [6] <http://www.joning.hr/prodaja-kamioni-radni-strojevi-bageri-poluprikolice/kamioni/mercedes-benz-actros-4150-v8-kiper-8x4-909-116.html>  
(Zadnji pristup: Kolovoz, 2017.)
- [7] <http://hr.ballmillxkj.com/crushing-equipment/stone-crusher/jaw-crusher.html>  
(Zadnji pristup: Kolovoz, 2017.)
- [8] <http://www.fiorigroup.com/solutions/db-560-t/> (Zadnji pristup: Kolovoz, 2017.)
- [9] <http://masine-za-beton.hfs-serbia.com/vibro-igle/> (Zadnji pristup: Kolovoz, 2017.)
- [10] <http://russ-import.ru/spetstekhnika/katok/katok-shantui-sr18m-detail.html>  
(Zadnji pristup: Kolovoz, 2017.)
- [11] <http://www.hidrogradnja.hr/prodaja-materijala/izvođenje-radova/>  
(Zadnji pristup: Kolovoz, 2017.)
- [12] <http://www.paluba.info/smf/index.php?topic=7915.0> (Zadnji pristup: Kolovoz, 2017.)
- [13] [http://www.grad.hr/nastava/hidrotehnika/gf/plovni\\_putevi\\_i\\_luke/predavanja/SCR\\_PP\\_L\\_Pogl%206\\_8%20Lukobr\\_200510.pdf](http://www.grad.hr/nastava/hidrotehnika/gf/plovni_putevi_i_luke/predavanja/SCR_PP_L_Pogl%206_8%20Lukobr_200510.pdf) (Zadnji pristup: Rujan, 2017.)
- [14] [https://www.google.hr/search?rlz=1C1GGRV\\_enHR753HR754&biw=1242&bih=580&tbm=isch&sa=1&q=zbijanje+betona+vibro+iglom&oq=zbijanje+betona+vibro+iglom&gs\\_l=psy-ab.3...3267.3267.0.4302.1.1.0.0.0.108.108.0j1.1.0....0...1.1.64.psy-ab..0.0.0....0.JAw3F7oQxHA#imgdii=zm8cU4WRRFUS-M:&imgcr=Sgfa6giwCsGTnM](https://www.google.hr/search?rlz=1C1GGRV_enHR753HR754&biw=1242&bih=580&tbm=isch&sa=1&q=zbijanje+betona+vibro+iglom&oq=zbijanje+betona+vibro+iglom&gs_l=psy-ab.3...3267.3267.0.4302.1.1.0.0.0.108.108.0j1.1.0....0...1.1.64.psy-ab..0.0.0....0.JAw3F7oQxHA#imgdii=zm8cU4WRRFUS-M:&imgcr=Sgfa6giwCsGTnM)  
(Zadnji pristup: Rujan, 2017.)