Izbor i usklađivanje rada strojeva za iskop građevinske jame i osiguranje pokosa pri izgradnji prodajnog centra

Vručinić, Marin

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:123:570255

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

FCEAG Repository - Repository of the Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy, University of Split

SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

ISKOP I ZAŠTITA GRAĐEVINSKE JAME PRI IZGRADNJI KUPOVNOG CENTRA

ZAVRŠNI RAD

Marin Vručinić

Split, 2020.

SVEUČILIŠTE U SPLITU

FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

Split, Matice hrvatske 15

STUDIJ: **PREDDIPLOMSKI STUDIJ GRAĐEVINARSTVA**

STUDENT: Marin Vručinić

BROJ INDEKSA: 4636

KATEDRA: Katedra za organizaciju i ekonomiku građenja

PREDMET: Proizvodnja u graditeljstvu

ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD

Tema: Izbor i usklađivanje rada strojeva za iskop i zaštitu građevne jame.

Opis zadatka: Na temelju teorijskog znanja student će na primjeru hipotetskih radova i tvrtke odabrati i uskladiti rad strojeva neophodnih za njihov završetak.

U Splitu, 09.03.2020.

Voditeljica Završnog rada:



prof. dr. sc. Snježana Knezić

Izbor i usklađivanje rada strojeva za iskop građevinske jame i osiguranje pokosa pri izgradnji prodajnog centra

Sažetak: U ovom radu prezentiran je hipotetski slučaj graditeljskog poduhvata za koji su odabrani strojevi i usklađen njihov rad za konkretan primjer iskopa građevinske jame i osiguravanje kosine u usjeku pri izgradnji prodajnog centra. Cilj je postizanje što veće učinkovitosti uz zadovoljavajuću kvalitetu izgradnje.

Ključne riječi: građevinski strojevi, usklađivanje rada strojeva, iskop građevne jame i zaštita pokosa

Selection and harmonization of the operation of machines for excavation of construction pits and securing slopes during the construction of the shopping center

Abstract: This paper presents a hypothetical case of a construction project for which machines have been selected and their work has been harmonized for a specific example of excavating a construction pit and providing a slope in the notch during the construction of the shopping center. The goal is to achieve greater efficiency with a satisfactory quality of construction.

Keywords: construction machinery, harmonization of machine operation, excavation of construction pits and slope protection

Split, 09.03. 2020.

Sadržaj:

1. Uvod.....5

2. Tehnički opis radova.....6

3. Prikaz aktivnosti i tehnološka karta procesa..... 9

4. Spisak strojeva i njihovih tehničkih karakteristika…… 11

4.1. Buldozer Cat D6K……11

4.2. Utovarivač Cat 930K……...…12

4.3. Kamion Volvo FM 13 400 kiper..……13

4.4. Jaružalo Cat 330 D L……..…..14

4.5. Pokretna drobilica INNOCRUSH 30……...16

4.6. Hidraulična klipna pumpa Putzmeister P 715…….....……17

4.7. Kamion sa miješalicom za beton IVECO……18

5. Usklađivanje rada strojeva.....19

5.1. Skidanje humusa……...…….....19

5.2. Široki iskop u tlu kategorije „C“ …….…….22

5.3. Široki iskop u tlu kategorije „B“ ……...……..24

5.4. Zaštita pokosa prskanim betonom……...……..28

6. Zaključak..... …….30

7. Literatura……31

1. UVOD

Projektni zadatak se sastoji od međusobnog usklađivanja rada strojeva pri izvođenju zemljanih radova u slučaju zamišljene izgradnje prodajnog centra. U ovom hipotetskom slučaju neka tvrtka je s investitorom ugovorila radove na iskopu i trajno vidljivoj zaštiti pokosa građevinske jame.

Pretpostavljena tvrtka je specijalizirana za izvođenje zemljanih radova te za ugovoreni posao posjeduje ljudske i strojne kapacitete za izvođenje ugovorenih radova.

Zaštitu pokosa prskanim betonom izvodi kooperantska tvrtka specijalizirana za izvođenje te vrste radova.

Radi što efikasnije izvedbe u vrlo kratkim ugovornim rokovima, neophodan je detaljan izračun usklađivanja rada odabranih strojeva i odrediti vrijeme završavanja pojedinih radnih operacija.

2. TEHNIČKI OPIS RADOVA

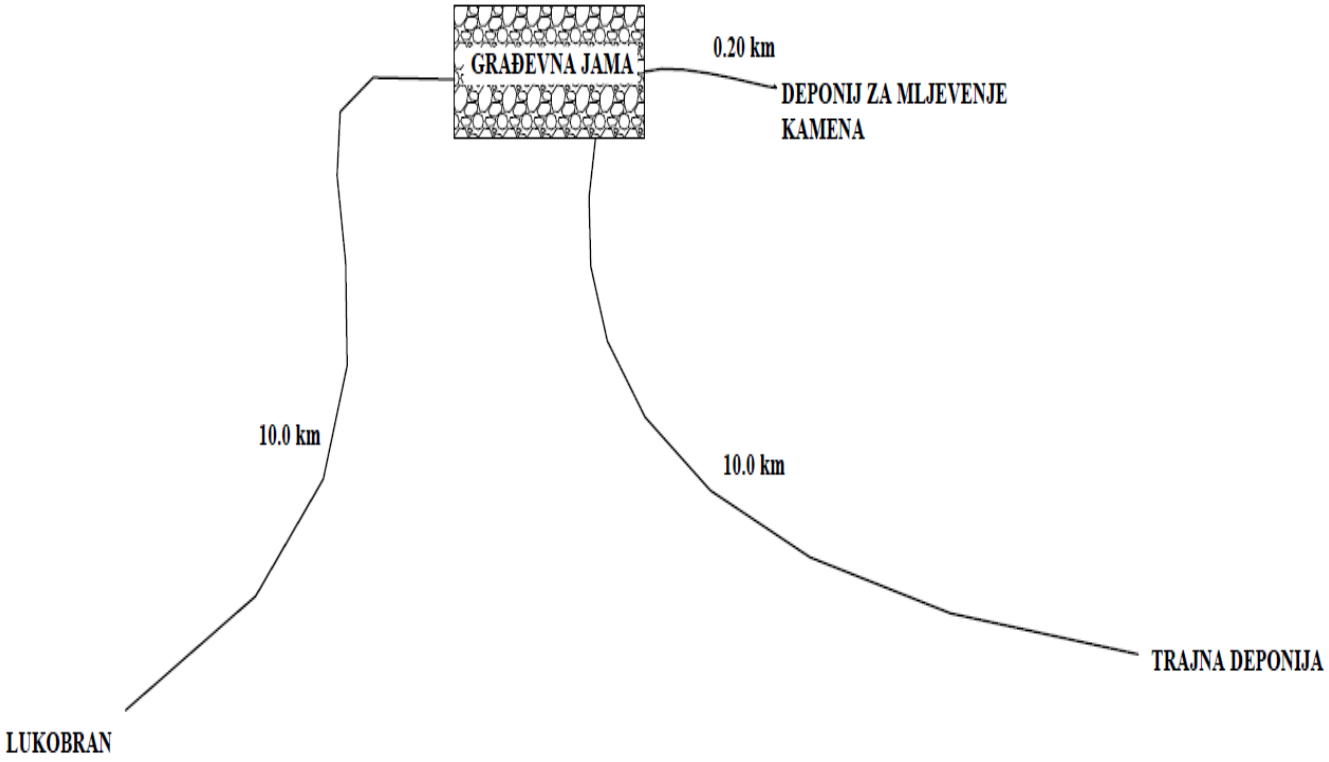
Pretpostavljeni radovi se sastoje od iskopa građevne jame u nagibu tlocrtne površine 4000 m² s dubinom iskopa koja ide od 5 m na jugu do 20 m na sjeveru.

Na slici 2.1 je shematski prikaz položaja građevne jame i udaljenost lokacija na koje se odvozi materijal iz iskopa.

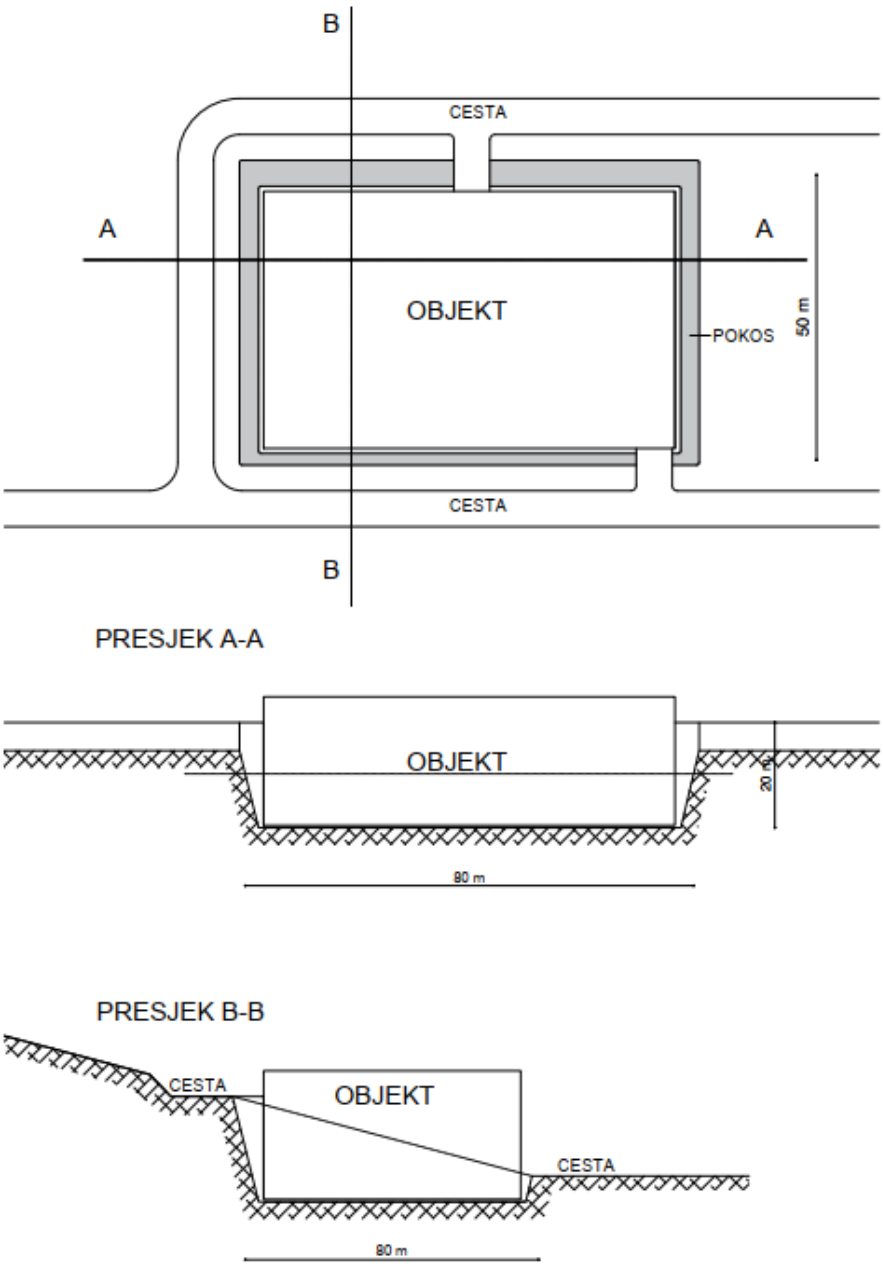
Površinski sloj debljine 20 cm se kopa i odvozi na trajnu deponiju udaljenu 10 km od mjesta rada. Geomehaničkim ispitivanjem je ustanovljeno da se na dubini od narednih 3 metra (procijenjeni volumen iskopa iznosi 12 480 m³) nalazi tlo kategorije „C“ koje je potrebno iskopati i odvesti na trajnu deponiju.

Preostalo tlo do dubine temeljenja je tlo kategorije „B“. Iskopani kameni materijal će se djelomično (cca 4000 m³) drobiti u nekoliko različitih frakcija i to na unaprijed određenom prostoru u neposrednoj blizini gradilišta. Na deponiju udaljenu 200 m od gradilišta je postavljen stroj za drobljenje kamena te će se na taj način osigurati materijal za potrebe nasipanja pristupnih cesta i površina oko temelja. Preostalih 32720 m³ je potrebno iskopati i odvesti do mjesta udaljenog 10 km gdje se gradi lukobran.

Na slici 2.2 je shematski je prikazan tlocrt i presjeci gradilišta. Radovi na iskopu će započeti na sjevernoj strani kako bi se osiguralo vrijeme za izvođenje radova na zaštiti pokosa prskanim betonom koji ostaje trajno vidljiv pri eksploataciji objekta.
Iskopi i zaštita pokosa će na toj strani biti obavljani u 4 kampade maksimalne visine pokosa od 5 m. Za vrijeme radova zaštite pokosa na prvoj kampadi iskopi će se preseliti na južnu polovicu građevinske jame čime će se osigurati kontinuitet i međusobna usklađenost radova. Ukupna površina koja će se zaštititi prskanim betonom je cca 3000 m^2 što s prosječnim nanosom od 9 cm prskanog betona zahtjeva ugradnju 270 m^3 betona.



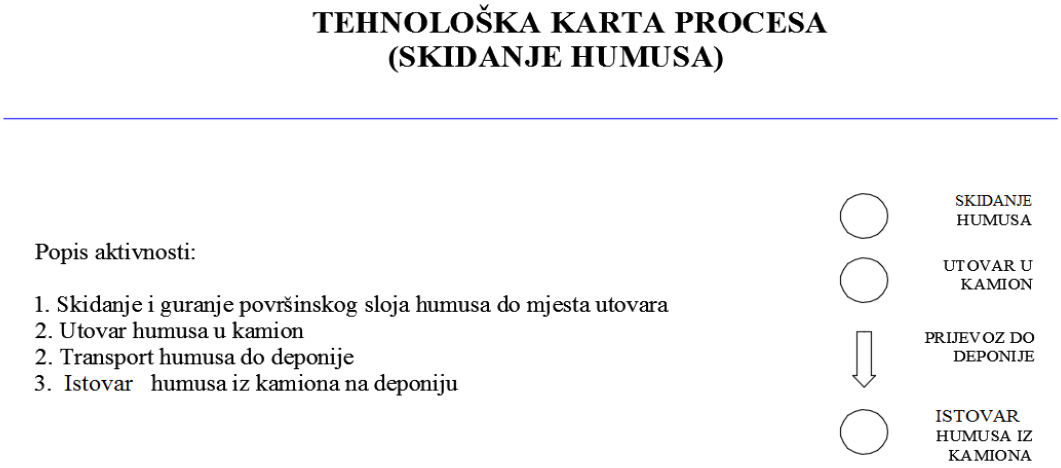
Slika 2.1 - Shematski prikaz gradilišta i udaljenosti



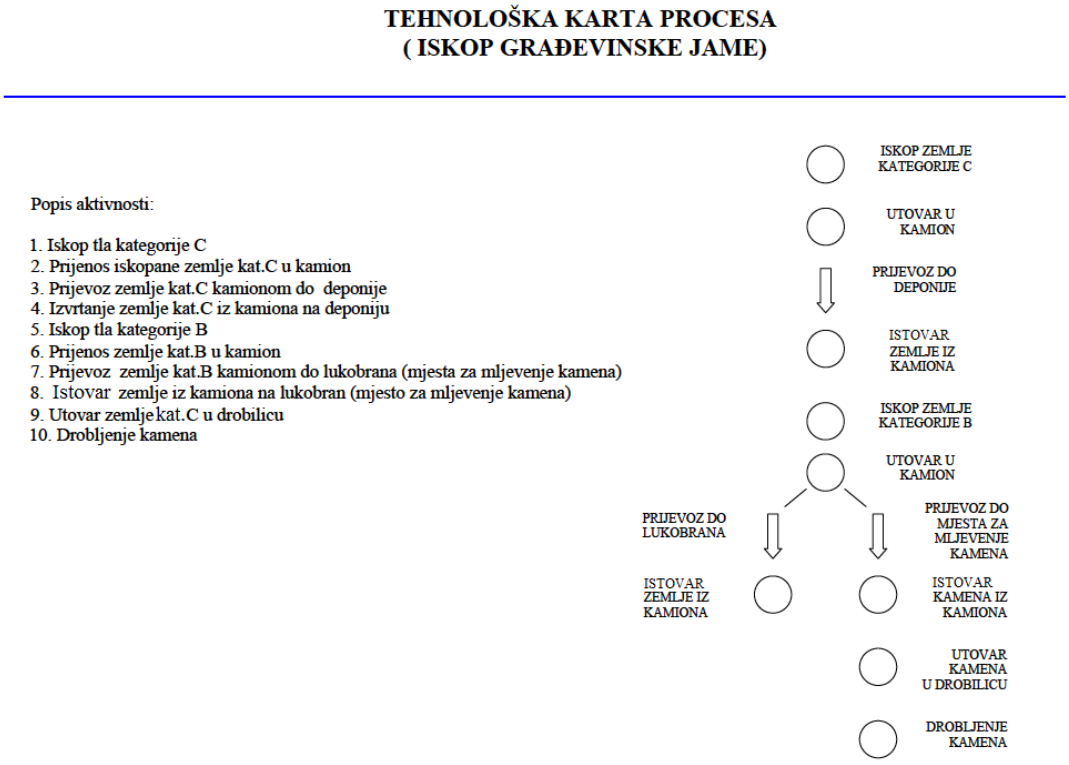
Slika 2.2 - Shematski prikaz gradilišta

3. PRIKAZ AKTIVNOSTI I TEHNOLOŠKA KARTA PROCESA

U shemama na slikama 3.1, 3.2 i 3.3 su prikazane aktivnosti koje se izvode na gradilištu.



Slika 3.1 - Tehnološka karta procesa (skidanje humusa)

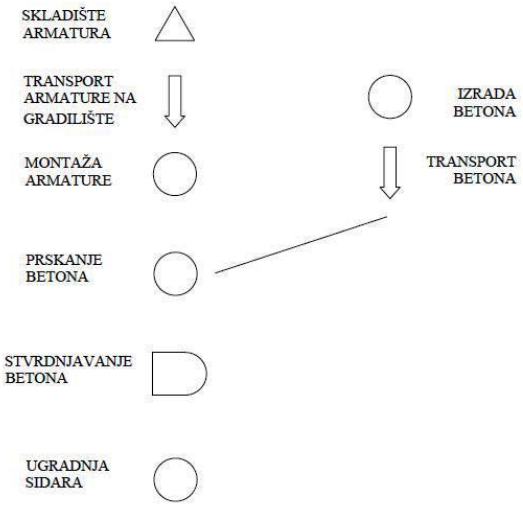


Slika 3.2 - Tehnološka karta procesa (iskop građevinske jame)

TEHNOLOŠKA KARTA PROCESA
(SANACIJA POKOSA GRAĐEVINSKE JAME)

Popis aktivnosti:

1. Sortiranje potrebne armature na skladištu
2. Prijevoz armature od skladišta do gradilišta
2. Ugradnja armature na stijenke pokosa
3. Spravljanje betona u tvornici betona
4. Transport betona do gradilišta
5. Istovar betona u pumpu te prskanje betona po stjenkama pokosa
6. period stvrdnjavanja nanešenog betona
7. Ugradnja sidara (izvodi druga tvrtka)



Slika 3.3 - Tehnološka karta procesa (sanacija pokosa građevinske jame)

4. POPIS ODABRANIH STROJEVA I NJIHOVIH TEHNIČKIH KARAKTERISTIKA

4.1. Buldozer Cat D6K

Dozer je tipični građevinski stroj za zemljane radove. Razlikujemo : bul dozer, angle dozer i tilt dozer. Osnovni zahvati koje izvodi su iskop tla ili trošne stijene struganjem pomoću njegova osnovnog alata tzv. noža (na prednjoj strani) dozera, transport iskopanog materijala guranjem te odlaganje materijala odnosno razastiranje i planiranje odloženog materijala. Pomoću ripera, kao pomoćnog alata učvršćenog sa stražnje strane dozera, može se izvoditi iskop i nekih vrsta prirodno dezintegriranih stijena njihovim prethodnim "ripanjem" (rijanjem,oranjem).
"Teorijski" učinak dozera računa se, temeljem činjenice njegova cikličkog rada, za pojedinu vrstu zemljanog ili kamenog gradiva. [1]

Karakteristike odabranog stroja (Slika 4.1):

- snaga 97,0 kW
- težina 14350 kg
- zapremina noža 3,26 m³ -širina noža 3,19 m –visina 0,90cm
- max. Brzina 10 km/h



Slika 4.1 - Buldozer Cat D6K

[5] https://www.cat.com/en_IN/products/new/equipment/dozers/medium-dozers/1000033139.html#

4.2 Utovarivač Cat 930K

Građevinski utovarivač je transportno sredstvo za utovar sipkih zemljanih, kamenih i ostalih sličnih materijala. Utovarivač može biti gusjeničar ili zglobni utovarivač na gumenim kotačima. Kod proračun radnog učinka zglobnog utovarivača na kotačima se polazi od pretpostavke cikličkog načina rada. Pri tome utovarivač ima tzv. "V" kretanje gdje izvodi zahvate punjenja utovarne lopate, podizanje lopate, hod unatrag sa zakretanjem, promjenu smjera sa hodom unaprijed uz zakretanje prema mjestu istovara, pražnjenje lopate, hod unatrag sa zakretanjem, promjenu smjera sa hodom unaprijed prema mjestu zahvata punjenja, ponovni zahvat gradiva (punjenje utovarne lopate) itd. Sve te kretnje čine jedan ukupni ciklus rada utovarivača na temelju čega tada proizlazi njegov "teorijski" učinak (Ut). [1]

Karakteristike stroja (Slika 4.2):

- snaga 119,0 kW
- težina 13135 kg
- zapremina korpe 2,7 m^3
- prosječna radna brzina 18 km/h



Slika 4.2 - Utovarivač Cat 930K

[6] https://www.cat.com/en_ZA/products/new/equipment/wheel-loaders/small-wheel-loaders/1000016200.html

4.3. Kamion Volvo FM 13 400 kiper

Samoistovarivač (kamion kiper) je kamion za prijevoz sipkoga tereta (zemlje, šljunka, rude i sl.) opremljen uređajem za samoistovar teretnoga sanduka iskretanjem; također kiper. Uređaj za istovar najčešće je hidraulični ili pneumatski, njime se sanduk iskreće unazad ili na bok, a istresanje tereta omogućuje se otvaranjem pomičnih stranica sanduka. [2]

Karakteristike stroja (Slika 4.3):

- snaga 294,0 kW
- zapremina 15 m³
- težina praznog/punog vozila 18000/41000kg
- prosječna brzina praznog vozila 55km/h -punog vozila 30km/h



Slika 4.3 - Kamion Volvo FM 13 400 kiper

[7] https://autoline.hr/-/prodaja/kiperi/VOLVO-FM13-400--20020812034069224500

4.4. Jaružalo Cat 330 D L sa dubinskom lopatom i dodatkom pneumatski čekić Cat H120E S

Jaružala su velika grupa raznovrsnih strojeva za iskop tla i trošne stijene uz istovremeni utovar iskopanog materijala u bilo koju vrstu transportnih sredstva. Dijele se u jaružala sa jednim krakom i jednom lopatom koji rade u ciklusima, jaružala sa više lopata ili vjedrica (bageri vjedričari) koji izvode neprekidni iskop te bagere bez lopata ili vjedrica (bageri vjedričari te neke vrste rovokopača ili trenčera, zatim jaružala sisavci ili refuleri itd.) koji također izvode neprekidni iskop. Jaružala sa jednim krakom i jednom lopatom dijele se na bagere sajlaše te hidraulične bagere sa lomljivim ili teleskopskim krakom. Najviše i najčešće se u građenju rabe standardni hidraulična građevinska jaružala sa jednim lomljivim krakom i jednom lopatom. [1]

Karakteristike stroja (Slika 4.4):

- snaga 200,0 kW
- težina 37500 kg
- zapremina korpe 2,5 m^3



Slika 4.4 - Jaružalo Cat 330 D L

[8] http://www.pioneerjaxrentals.com/specs/Excavators/330DL.pdf,

Karakteristike stroja (Slika 4.5):

- energetska snaga udara 4547 J
- težina 1860 kg
- udarci u minuti: 350-620



Slika 4.5 - Pneumatski čekić Cat H120E S

[9] https://www.cat.com/en_US/products/new/attachments/hammers/hammers/18106326.html

4.5. Pokretna drobilica INNOCRUSH 30

Pokretne drobilice kamena su strojevi namijenjeni za drobljenje kamene sirovine na manjim rudnicima ili gradilištima na kojima se tijekom radnog procesa iskapaju veće količine kamena. U odnosu na stabilna postrojenja za drobljenje kamena pokretne drobilice omogućuju uštede u transportnim troškovima od 50% do 70 % jer se obrada kamena vrši na mjestu iskopa. Samim time je i ekološki prihvatljivija jer se smanjuje emisija CO_2 i buke.

Karakteristike stroja (Slika 4.6):

- snaga 287,0 kW
- težina 35500 kg
- učinak 300 t/h
- zapremina košare $4m^3$
- godina proizvodnje 2008 -6000h



Slika 4.6 - Pokretna drobilica INNOCRUSH 30

[10] https://www.innocrush.com/wp-content/uploads/2019/07/Prallbrecher.pdf

4.6. Hidraulična klipna pumpa Putzmeister P 715

Hidraulične klipne pumpe su prijenosni strojevi idealni za transport finog betona na teže dostupna ili udaljenija mjesta na gradilištu, za ugradnju torkret beton i injektiranje. Mješač koji je nisko pozicioniran, na hidraulični pogon održava smjesu homogenom. Čak i kod jako grubih materijala, granulacije do 16 mm održava se konstantan protok materijala. Ovisno o karakteristikama strojeva količina može se postizati impozantan prijenos materijala i velike brzine ugradnje.

Karakteristike stroja (Slika 4.7):

- Količina prijenosa 4–17,4 m ³/h
- Daljina prijenosa do 100 m daljina, do 80 m visina
- Dizel motor Elektro motor 3-cilindra Deutz, 34,5 kW 30 kW, 400 V, 50 Hz
- Granulacija maks. 16 mm
- Sadržaj lijevka 250 l / 280 l (s gumenim ovratnikom)



Slika 4.7 - Hidraulična klipna pumpa Putzmeister P 715

[11] http://www.lorencic.hr/0uploads/downloadsKroatisch608.pdf

4.7. Kamion sa miješalicom za beton IVECO AD340X42Z HR OFF

Automješalica je građevinsko sredstvo koje služi za transport svježeg betona od betonare do gradilišta. Sastavni dijelovi automješalice su kamion sa podvozjem te na njemu okretni bubanj za beton. Bubanj se okreće pomoću vlastitog pomoćnog motora ili direktno sa pogonskog motora vozila. Okretanje bubnja u jednom smjeru znači miješanje betona, dok u drugom smjeru pražnjenje betona iz bubnja. Automješalica se prazni direktno na mjesto ugradnje ukoliko je moguće, ili u transportnu posudu ili pretovarni silos. [3]

Karakteristike stroja (Slika 4.8):

- Prva registracija: 2018-11
- Kilometraža: 1000 km
- Zapremina: 9 m³
- Nosivost: 16000 kg
- Ukupna težina: 32000 kg



Slika 4.8 - Kamion sa miješalicom za beton IVECO AD340X42Z HR **OFF**

[12] https://autoline.me/-/prodaja/kamioni-s-mjesalicom-za-beton/IVECO-AD340X42Z-HR-OFF--18111322560955979900

5. USKLAĐIVANJE RADA STROJEVA

Proračun je izvršen tako da su strojevi tijekom radnog vremena maksimalno iskorišteni i da je prazni hod što manji.

Građevinska jama se kopa u terenu nagiba u smjeru sjever-jug (dubina iskopa od 5 m na jugu do 20 m na sjeveru). Na jugu se nalazi postojeća prometnica dok se na sjevernoj strani planira cesta za dvotračni promet širine 6.0 m.

Zadani podatci:

- tlocrt širine 80 m,
- tlocrt dužine 50 m,
- dubina iskopa 5 do 20 m,
- tlocrtna površina iskopa 4000 m²,
- volumen iskopa cca 50000 m³,
- volumen iskopa humusa 800 m³ (debljina sloja 20 cm, iskop se vrši buldozerom, utovar s utovarivačem)
- volumen tla kategorije "C", 12480 m³ (debljina sloja 3,0 m iskop i utovar se vrši jaružalom s dubinskom lopatom)
- volumen tla kategorije "B", 36720 m³ (debljina sloja od 2,0 m do 16,80 m, iskop se vrši jaružalom s pneumatskim čekićem, utovar s jaružalom s dubinskom lopatom)

5. 1. Skidanje i odvoz površinskog sloja humusa

Usklađivanje rada buldozera, utovarivača i kamion kipera, na površini od 4000 m² u debljini od cca. 20 cm te utovar i odvoz na deponiju, ukupna količina humusa kojeg treba odvesti iznosi: 4000 m² * 0,20 m* Kr = 800,0 m³.
Humus se skida buldozerom i gura na određeno mjesto nakon čega slijedi utovar i odvoz materijala.

Zadani podatci:

- q – volumen lopate buldozera, utovarivača, kipera
- Kr – koeficijent rastresitosti tla (za V. kategoriju odabrano 1,4)
- Kr – koeficijent rastresitosti tla (za III. kategoriju odabrano 1,25)
- Kv – koeficijent iskorištenosti radnog vremena (za 50 min čistog rada po satu odabrano 0,82)
- Kd – koeficijent dotrajalosti radnih strojeva (0,85)
- Tgr - vrijeme potrebno za guranje (i utovar)
- Tpov - vrijeme potrebno za povratak
- To - gubitak vremena zbog promjene smjera
- d – udaljenost na koju se odvozi materijal (10000 m)
- q – zapremnina lopate, korpe, noža, koša

5.1.1. Skidanje humusa

Iskop buldozerom se vrši na duljini trase do 20 m brzinom od 3 km/h, nakon čega buldozer gura materijal na hrpu u duljini do 5 m brzinom od 6 km/h, te se vraća na početnu poziciju brzinom od 9 km/h. Vrijeme odlaganja zemljanog materijala iznosi 5 s. Manevarsko vrijeme je 10 s.

Buldozer (slika 4.1)

- B = duljina noža buldozera = 3,19 m
- h = visina noža buldozera = 1,25 m
- v_{iskopa} = brzina iskopa = 3 km/h
- $v_{guranja}$ = brzina guranja = 6 km/h
- $v_{povratka}$ = brzina povratka = 9 km/h
- $T_{odlaganja}$ = vrijeme potrebno za odlaganje (5 s)
- $T_{manevra}$ = vrijeme manevra (10 s)

Proračun:

$T_{ciklusa} = T_{iskopa} + T_{guranja} + T_{odlaganja} + T_{povratka} + T_{manevra}$

T_{iskopa} = 20 m/3000 m/s = 0.066 h = 24 sekunde

$T_{guranja}$ = 5 m/6000 m/s = 0.0008 h = 3 sekunde

$T_{odlaganja}$ = 5 sekundi

$T_{povratka}$ = 25 m/9000 m/s = 0.0028 h = 10 sekunde

$T_{manevra}$ = 10 sekundi

Ciklus: Tc = 52 s

Obujam materijala koji nož gura (m3): c = 0,5 B x h2 = 0,5 * 3,19 * $1,25^2$ = 2,49 m3

Teorijski učinak: Ut = 3600*c/Tc = 3600*2,49/52 = 172.4 (m3/h)

Stvarni učinak: Up = Ut*Kr*Kv*Kd = 172,4 *1,25*0,82*0,85 = 150 (m3/h)

5.1.2. Utovar i odvoz

Koordinirano sa radom buldozera koji skida sloj humusa i gura ga na predviđenu poziciju, utovarivačem se vrši utovar nakupljenog humusa u kamione.

Utovarivač (slika 4.2)

- q –zapremnina lopate utovarivača (2,7 m3)
- Tp–vrijeme potrebno za punjenje lopate (20 s)
- Tpr –vrijeme potrebno za prijenos (10 s)
- Ti –vrijeme potrebno za istovar (10 s)
- Tpov –vrijeme potrebno za povratak (10 s)
- To –gubitak vremena zbog promjene smjera (5 s)

Proračun:

Ciklus: Tc = Tp+Tpr+Ti+Tpov+To = 20+10+10+10+5 = 55s

Teorijski učinak : Ut = 3600*q/Tc = 3600*2,7/55 = 176,70 (m^3/h)

Stvarni učinak : Up = Ut*Kv*Kd (m^3/h) = 176,70*0,82*0,85 = 123 (m^3/h)

Ukupan broj buldozera: $Up_{utovarivač}$ / $Up_{buldozer}$ = 123/150 = dovoljno je osigurati 1 utovarivač za 1 buldozer

Kamion kiper (slika 4.3)

- q – volumen koša (15,00 m3)
- Vpun - brzina vožnje punog kamiona (30 km/h)
- Vprazan - brzina vožnje praznog kamiona (55 km/h)
- d – udaljenost deponije (10 km)

Proračun:

Tu (utovar) = q/Up = 15/123 = 439 (s)
Tv (puna+prazna vožnja) = d/vpun + d/vpra = 10/30 + 10/ 55 = 1855 (s)
Tim (istovar i manevar) = 300 (s)
Ciklus : Tc = Tu + Tv + Tim = 2594 (s)
Stvarni učinak : Up = q/Tc*Kd = (15/2594*0,85)*3600 = 24,50 (m^3/h)
Izračun broja potrebnih kamiona:
$N_{potrebnih\ kamiona}$ = $Up_{utovarivača}$ * $Up_{kamiona}$ = 176,70/24,50 = 5 kamiona
Vrijeme potrebno za utovar:
T = V (humusa) / $Up_{utovarivača}$ = 800 m^3/123 (m^3/h) = 6,50 (h) = 390 (min)

Zaključak:
Uz pretpostavku 8 satnog radnog vremena, te kalkuliranih 5 kamiona , 1 buldozer i 1 utovarivač za skidanje, utovar i odvoz površinskog sloja bi bilo potreban 1 radni dan.

5.2. Široki iskop u tlu kategorije „C“ i transport na deponiju

Usklađivanje iskopa, utovara i prijevoza materijala na deponiju, volumen tla kategorije "C" iznosi 12480 m^3 (debljina sloja 3,0 m iskop i utovar se vrši jaružalom s dubinskom lopatom a odvoz na deponiju kamionima).

5. 2.1. Široki iskop

Jaružalo s dubinskom lopatom (slika 1.4)

- q =2,50 m3, volumen lopate jaružala
- Kr – koeficijent rastresitosti tla kategorije „C“ (odabrano 1,25)

- Kp – koeficijent punjenja lopate (odabrano 0,90 za srednje tvrdi iskop)
- Kv – koeficijent iskorištenosti radnog vremena (za 50 min čistog rada po satu odabrano 0,82)
- Kz – kut zaokreta jaružala (odabrano 0,98)
- Kd - koeficijent zastarjelosti = 0,85
- Kuv - koeficijent utovara = 0,91 (utovar direktno u pogodno vozilo)
- Ti-vrijeme iskopa (punjenja) (25 s)
- Tp-vrijeme prijenosa i istovara (10 s)
- To-gubitak vremena zbog promjene smjera (5 s)

Proračun:

Ciklus: Tc = Ti+ Tp + To = 25+10+5 = 40 s

Teorijski učinak : Ut = 3600*q/Tc = 3600*2,5/40 = 225 (m3/h)

Stvarni učinak: Up = Ut*Kr*Kv*Kz*Kp*Kd * Kuv = 225*1,25*0,82*0,98*0,90*0,85*0,91 = 157 (m3/h)

5. 2.2. Utovar i odvoz

Kamion kiper (slika 4.3)

- q – volumen koša (15,00 m3)
- Vpun - brzina vožnje punog kamiona (30 km/h)
- Vprazan - brzina vožnje praznog kamiona (55 km/h)

Proračun:

Tu (utovar) = q/Up = 15/157 = 344 (s)

Tv (puna+prazna vožnja) = d/vpun + d/vpra = (10/30 + 10/ 55)*3600 = 1855 (s)

Tim (istovar i manevar) = 300 (s)

Ciklus : Tc = Tu + Tv + Tim = 2499 (s)

Stvarni učinak : Up = q/Tc*Kd = (15/2499*0,85)*3600 = 25,42 (m^3/h)

Izračun broja potrebnih kamiona:

N potrebnih kamiona = $Up_{jaružala}/Up_{kamiona}$ = 157/25,42 = 7 kamiona
Vrijeme potrebno za utovar:
T = V(zemlje) / Up = 12480 m³/157 (m³/h) = 79,5 (h) = 4770 (min)

Zaključak:

Uz pretpostavku 8 satnog radnog vremena, te kalkuliranih 7 kamiona i 1 jaružalo za iskop i odvoz tla kategorije „C“ bilo bi potrebno 10 radnih dana.

5.3. Široki iskop u tlu kategorije „B“ te transport na gradilište lukobrana (10 km) i transport do mjesta drobljenja kamena (0,5 km)

Usklađivanje iskopa, utovara i prijevoza materijala na deponiju, volumen tla kategorije "B" iznosi:
- 32720 m³ do gradilišta lukobrana (iskop se vrši sa jaružalom s pneumatskom glavom, utovar se vrši jaružalom s dubinskom lopatom a odvoz na deponiju kamionima),
- 4000 m³ do mjesta drobljenja kamena (iskop se vrši sa jaružalom s pneumatskom glavom, utovar se vrši jaružalom s dubinskom lopatom a odvoz na deponiju kamionima),

Potrebni podaci:

- q =2,50 m3, volumen lopate jaružala,utovarivača,kipera
- Kr – koeficijent rastresitosti tla kategorije „B“ (odabrano 1,25)
- Kp – koeficijent punjenja lopate (odabrano 0,90 za srednje tvrdi iskop)
- Kv – koeficijent iskorištenosti radnog vremena (za 50 min čistog rada po satu odabrano 0,82)
- Kz – kut zaokreta jaružala (odabrano 0,98)
- Kd - koeficijent zastarjelosti = 0,85
- Kuv - koeficijent utovara = 0,91 (utovar direktno u pogodno vozilo)
- Ti-vrijeme iskopa (punjenja) (25 s)
- Tp-vrijeme prijenosa i istovara (10 s)
- To-gubitak vremena zbog promjene smjera (5 s)

5.3.1. Učinak jaružala sa udarnim čekićem pri iskopu u tlu kategorije „C“

Korišteno je 5 jaružala Cat 330 D L (slika 1.4) sa dodatkom pneumatskog čekića Cat H120E S (slika 4.5)

Tablica 5.3.2 Učinak udarnih čekića pri iskopu prosječne stijene (u sraslom stanju) *prema prospektu tvrtke O&K*

masa udarnog čekića sa dlijetom (kg)	*broj udara u minuti*	*učinak (m3 / 8 sati) pri širokom iskopu stijene*	*učinak (m3 / 8 sati) pri (skučenom) iskopu rovova i sl.*	*masa bagera koji nosi čekić (t)*
695	*415 – 665*	*150 – 250*	*8 – 20*	*7 – 16*
837	*385 – 880*	*200 – 450*	*15 – 50*	*9 – 16*
1100	*400 – 800*	*340 – 700*	*30 - 90*	*15 – 25*
1380	*400 – 1050*	*400 – 1200*	*40 – 120*	*16 – 27*
1505	*540 – 770*	*360 – 1200*	*35 - 110*	*18 – 30*
2440	*510 – 1160*	*660 – 1700*	*55 - 250*	*25 – 37*
3170	*440 - 1045*	*1200 - 2450*	*110 - 570*	*32 - 55*

Slika 5.1 – Učinak udarnih čekića pri iskopu prosječne stijene [4]

Očitane karakteristike jaružala sa udarnim čekićem:

- Broj udara u minuti: 350 – 620 udaraca
- Učinak pri širokom iskopu stijene: 200 – 450 (m3 /8h)
- Temeljem tabele usvojen teoretski učinak jednog jaružala sa udarnim čekićem: Ut =300 (m3/8h)
- Kv – koeficijent iskorištenosti radnog vremena (za 50 min čistog rada po satu odabrano 0,82)
- Kd - koeficijent zastarjelosti = 0,85

Proračun:

Proračun je napravljen temeljem pretpostavljenog roka od 30 radnih dana (T = 30 dana) te se traži n – broj potrebnih strojeva

Stvarni učinak: Up = Ut*Kv*Kd= 300 (m3/8h) * 0,82 * 0,85 = 209 (m3/8h)

T = Viskopa/ Ut * n

n = V iskopa / (Ut * T) = 36720 m³/(209 (m³/8h) * 30 dana)) = 6 jaružala sa udarnim čekićem

Zaključak:

Jaružalo s hidrauličkim čekićem radi neprestano 8 sati i razbije 209 m3 kamenog tla. Kako bi se zadovoljio predviđeni terminski rok neophodan je angažman 6 jaružala sa udarnim čekićem.

Paralelno sa iskopom, dodatno jaružalo sa dubinskom lopatom vrši utovar iskopanog materijala u kamione kipere koji utovareni razbijeni materijal odvozi na prostor za drobljenje kamena odnosno na gradilište lukobrana.

5. 3.2. Utovar iskopanog materijala

Jaružalo s dubinskom lopatom (slika 4.4)

- Ciklus: Tc = Ti+ Tp + To=25+10+5 = 40 s
- Teorijski učinak : Ut = 3600*q/Tc = 3600*2,5/40 = 225 (m3/h)
- Stvarni učinak: Up = Ut*Kr*Kv*Kz*Kp*Kd * Kuv = 225*1,25*0,82*0,98*0,90*0,85*0,91 = 157 (m3/h) = 1256 m3/8h

5. 3.3. Odvoz utovarenog materijala na mjesto drobljenja kamena

Kamion kiper (slika 4.3)

- q – volumen koša (15,00 m3)
- Vpun - brzina vožnje punog kamiona (20 km/h)
- Vprazan - brzina vožnje praznog kamiona (20 km/h)
- d – udaljenost mjesta za mljevenje kamena (0,20 km)

Proračun:

Tu (utovar) = q/Up = (15/157)*3600 = 344 (s)

Tv (puna+prazna vožnja) = d/vpun + d/vpra = (0.2/20 + 0.2/ 20)*3600 = 72 (s)

Tim (istovar i manevar) = 300 (s)

Ciklus : Tc = Tu + Tv + Tim = 716 (s)

Stvarni učinak : Up = q/Tc*Kd = (15/716*0,85)*3600 = 88,73 (m^3/h)

Izračun broja potrebnih kamiona:

N potrebnih kamiona = Up jaružala/Up kamiona = 157/88,73 = 2 kamiona

Vrijeme potrebno za utovar:

T = V(zemlje) / Up (jaružalo) = 4000 m^3/157 (m^3/h) = 25,5 (h) = 1529 (min)

5.3.4. Drobljenje kamena

Drobilica INNOCRUSH 30 (slika 4.5)

- Ut = 300 t/h (podatak iz tvornice) = 107 m^3/h
- Up = Ut *Kr*Kv*Kd (m^3/h)
- ρ = specifična gustoća materijala = 2,8 t/m^3

Proračun:

Up = 107*1,0*1,0*0,85 = 91,0 (m^3/h)

$T_{drobljenja}$ = 4000/91 = 44 (h) = 264 (min) (Potrebno je zdrobiti 4000 m^3 vapnenca)

Zaključak:

Uz pretpostavku 8 satnog radnog vremena, te kalkuliranih 2 kamiona, 1 jaružala i drobilice za odvoz, utovar i drobljenje tla kategorije „C“ bilo bi potrebno 6 radnih dana.

5. 3.5. Odvoz materijala na gradilište lukobrana

Kamion kiper (slika 4.3)

- q – volumen koša (15,00 m3)
- Vpun - brzina vožnje punog kamiona (30 km/h)
- Vprazan - brzina vožnje praznog kamiona (55 km/h)

Proračun:

Tu (utovar) = q/Up = 15/123 = 439 (s)

Tv (puna+prazna vožnja) = d/vpun + d/vpra = (10/30 + 10/ 55)*3600 = 1855 (s)

Tim (istovar i manevar) = 300 (s)

Ciklus : Tc = Tu + Tv + Tim = 2594 (s)

Stvarni učinak : Up = q/Tc*Kd=(15/2594*0,85)*3600 = 24,50 (m^3/h)

Izračun broja potrebnih kamiona:

N potrebnih kamiona = $Up_{jaružala}/Up_{kamiona}$ = 157/24,50 = 7 kamiona

Vrijeme potrebno za utovar:

T = V(zemlje) / Up (jaružalo x 2) = 12480 m^3/157 (m^3/h) = 79,5 (h) = 4770 (min)

Zaključak:

Uz pretpostavku 8 satnog radnog vremena, te kalkuliranih 7 kamiona i 1 jaružalo, za kopanje i odvoz tla kategorije „C“ bilo bi potrebno 10 radnih dana.

5.4. Zaštita pokosa prskanim betonom

Za zaštitu pokosa prskanim betonom kao najekonomičnije rješenje je izabrana hidraulična klipna pumpa **Putzmeister 715** (slika 4.6). Radi se o pumpi sa manjim učinkom (4-17.4 m^3/h), ali vrlo mobilnom i praktičnom uređaju koji će biti uključivan u proces čim se na pojedinoj kampadi osigura dužina rada od 20 m odnosno površine 100 m2 (9 m3 betona). Zbog svoje praktičnosti pumpa se u slučaju zastoja može jednostavno prenositi na drugo mjesto rada. Svježi beton se utovara u automješalicu (slika 1.7) u obližnjoj betonari, 10 kilometara udaljenoj od mjesta odrona.

5. 4.1. Usklađivanje rada pumpe za beton i kamion sa miješalicom za beton

Potrebni podatci:

- Učinak betonare: 40 m3 /h
- Koeficijent korištenja radnog vremena crpke: kv = 0.7

- Učinak crpke: 17 m3 /h * kv = 11.90 m3 /h
- Udaljenost betonare:10 km

Kamion sa miješalicom za beton (slika 4.8)

- Brzina pune auto miješalice: 35 km/h
- Brzina prazne auto miješalice: 60 km/h
- Q=Kapacitet auto miješalice: 9 m3
- Vrijeme manevra na betonari: 1.5 min
- Vrijeme manevra na mjestu betoniranja: 1.5 min
- Vrijeme zastoja: 3.5 min
- Rezervno vrijeme: 5 min

Proračun:

$Tc = Tu + Tmb + Tt.pun + Tmg + Tistovar + \Delta T$

$T_{utovara} = Q_{auto\text{-}miješalice}/U_{betonare} = 9 / 40 = 0{,}23\ h = 828\ s$

$T_{manvera\ na\ betonari} = 1.5\ min = 90\ s$

$Tt.\ pun = L_{transporta} / V_{transporta\ pune\ automješalice} = 10 / 35 = 0{,}3\ h = 1080\ s$

$T_{manvera\ na\ gradilištu} = 1.5\ min = 90\ s$

$T_{istovara} = Q_{auto\text{-}miješalice} / U_{crpke} = 9 / 11.90 = 0{,}76\ h = 2722\ s\ \Delta T = 5\ min = 300\ s$

$Tc = 828 + 90 + 1080 + 90 + 2722 = 4810\ s$

Količina ugrađenog betona za jednu fazu iznosi: 9.0 m³

Ukupan broj tura automješalice: $N = V / Q_{auto\text{-}miješalice} = 9/ 9 = 1$ tura

Zaključak: Potreban broj automješalica za sinkronizirani rad s betonskom crpkom:

$N_{dan} = Tc / (T_{istovara} + \Delta T) = 4810/3022 = 1.59 = 1$ automješalice

Vrijeme betoniranja: $V / U_{crpke} = 9 / 11.90 = 0.75\ h = 45\ min$

Za 20 metarsku dionicu jedne kampade nanošenje prskanog betona na pokos će trajati 45 minuta uz koordiniran rad 1 automješalice i 1 pumpe za prskanje betona.

6. ZAKLJUČAK

Na temelju analize ustanovljena je vrsta i broj strojeva potrebnih za obavljanje pojedinim radovima kao i ukupno vrijeme neophodno za obavljanje predmetnog posla.

Kako bi u zadatak uvrstio što veći broj raznolikih strojeva, za obavljanje radova na potpoglavlju 5.1. Skidanje humusa, odabrani su strojevi buldozer i utovarivač. Kako se isti kasnije ne koriste za obavljanje, njihovo bi korištenje bilo neekonomično zbog troškova dopreme i otpreme, pa bi se u praksi i ta stavka najvjerojatnije organizirala sa Jaružalima sa dubinskom lopatom koji bi se koristili za kopanje humusa i utovar u kamion.

Zaštitu pokosa je neophodno organizirati neposredno nakon iskopa dijela kampade dovoljne dužine za dopremu i prskanje cca 9 m³ betona. Iz tog razloga je odabrana lagana i praktička pumpa koja po potrebi u vrijeme među faza može biti korištena na drugom gradilištu i vraćana po potrebi.

Za drobljenje kamena najekonomičnije je odabrati period pri samom završetku iskopa jer bi se smanjenjem obima posla jedno od već prisutnih jaružala sa dubinskom lopatom moglo koristiti za utovar kamena u drobilicu. Na isti način optimiziran je i rad stroja za drobljenje.

U tablici 6.1 je prikazan potreban broj strojeva za izvođenje radova u vršnim momentima.

STROJEVI	POTREBNO
Buldozer	1
Utovarivač	1
Kamion kiper	7
Jaružalo s dubinskom lopatom	2
Jaružalo s pneumatskim čekićem	6
Drobilica za kamen	1
Hidraulična klizna pumpa	1
Kamion sa miješalicom za beton	1

Tablica 6.1 – Tablica s prikazom potrebnog broja strojeva

7. LITERATURA

[1] Prof.dr sc.Zdravko Linarić: UČINAK GRAĐEVINSKIH STROJEVA
(Zadnji pristup: Rujan, 2020.)
[2] http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=68597
(Zadnji pristup: Rujan, 2020.)
[3] https://repozitorij.unin.hr/islandora/object/unin%3A2569/datastream/PDF/view
(Zadnji pristup: Rujan, 2020.)
[4] https://www.yumpu.com/xx/document/view/8197546/200teh-grad-i-poglavlje5
(Zadnji pristup: Rujan, 2020.)
[5] https://www.cat.com/en_MX/news/machine-press-releases/new-cat-d6k-versatile-fuel-efficient-dozer-now-even-more-productive-with-grade-technology-features.html
(Zadnji pristup: Rujan, 2020.)
[6] https://www.cat.com/en_ZA/products/new/equipment/wheel-loaders/small-wheel-loaders/1000016200.html
(Zadnji pristup: Rujan, 2020.)
[7] https://autoline.hr/-/prodaja/kiperi/VOLVO-FM13-400--20020812034069224500
(Zadnji pristup: Rujan, 2020.)
[8] http://www.pioneerjaxrentals.com/specs/Excavators/330DL.pdf,
(Zadnji pristup: Rujan, 2020.)
[9] https://www.cat.com/en_US/products/new/attachments/hammers/hammers/18106326.html
(Zadnji pristup: Rujan, 2020.)
[10] https://www.innocrush.com/wp-content/uploads/2019/07/Prallbrecher.pdf
(Zadnji pristup: Rujan, 2020.)
[11] http://www.lorencic.hr/0uploads/downloadsKroatisch608.pdf
(Zadnji pristup: Rujan, 2020.)
[12] https://autoline.me/-/prodaja/kamioni-s-mjesalicom-za-beton/IVECO-AD340X42Z-HR-OFF--18111322560955979900
(Zadnji pristup: Rujan, 2020.)