

Odabir i usklađivanje rada strojeva za odabrane radove izgradnje manjeg aerodroma

Šodan, Matej

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

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:123:902926>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-08**



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

MATEJ ŠODAN, 4446

Split, 2019.

SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

**Odabir i usklađivanje rada strojeva za odabrane
radove izgradnje manjeg aerodroma**

Završni rad

Split, 2019.

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

Split, Matice hrvatske 15

STUDIJ: **PREDDIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ
GRAĐEVINARSTVA**

KANDIDAT: **MATEJ ŠODAN**

BROJ INDEKSA: **4446**

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

PREDMET: **Proizvodnja u građevinarstvu**

ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD

Tema: Odabir i usklađivanje rada strojeva za odabrane radove izgradnje manjeg aerodroma

Opis zadatka: Student će na temelju raspoloživih podataka i literature za odabrane građevinske radove izgradnje aerodroma odabrati strojeve i uskladiti njihov rad, uzimajući u obzir zadane rokove.

U Splitu, 01.03.2019.

Voditeljica Završnog rad Snježana Knezić:

Sažetak:

Potrebno je izvesti zemljane i betonske radove na objektu „Aerodrom Sinj“ te uskladiti rad strojeva kako bi navedeni radovi bili gotovi u roku od 35 dana. Koristiti će se sljedeći strojevi: buldozer za uklanjanje humusa i razastiranje šljunka, utovarivač za utovar uklonjenog humusa u kamione kipere, kamioni kiperi za odvoz humusa i dovoz šljunka na gradilište, valjak za zbijanje sloja zemlje i šljunka, automješalice za dovoz betona na gradilište i pumpe za beton za ugradbu betona.

Ključne riječi:

Uzletno-sletna staza, ramena, čistina, buldozer, valjak, utovarivač, kamion kiper, automješalica, pumpa za beton.

Selection and harmonization of machines for selected smaller airport construction works

Abstract:

It is necessary to perform earth and concrete works on the object "Aerodrom Sinj" and to harmonize the work of machines in order to complete the work within 35 days. The following machines will be used: bulldozer for removal of humus and spreading of gravel, loader for loading of removed humus into dump trucks, dump trucks for removal of humus and transport of gravel to the construction site, roller for compacting soil and gravel, concrete mixers for transporting concrete to construction sites and concrete pumps for concrete installation.

Keywords:

Runway, runway shoulders, overrun area, bulldozer, roller, loader, dump truck, concrete mixer, concrete pump.

SADRŽAJ

1. Uvod.....	1
2. Uzletno-sletna staza.....	2
2.1. Dimenzije.....	2
2.2. Poprečni presjek staze.....	4
3. Zemljani radovi.....	5
3.1. Dijagram toka radova.....	5
3.2. Uklanjanje humusa.....	5
3.2.1. Količina radova.....	6
3.2.2. Karakteristike buldozera.....	6
3.2.3. Proračun učinka stroja i odabir buldozera.....	7
3.2.4. Potrebno vrijeme za uklanjanje humusa.....	10
3.2.5. Karakteristike stroja i odabir kamiona.....	10
3.2.6. Karakteristike stroja i odabir utovarivača.....	12
3.2.7. Potrebno vrijeme za odvoz humusa.....	13
3.3. Zbijanje tla.....	15
3.3.1. Količina radova.....	15
3.3.2. Karakteristike valjka.....	16
3.3.3. Proračun učinka stroja i odabir valjka.....	16
3.3.4. Potrebno vrijeme za zbijanje tla.....	18
3.4. Nanošenje šljunka.....	19
3.4.1. Količina radova.....	19
3.4.2. Karakteristike kamiona kiperu.....	19
3.4.3. Potrebno vrijeme za dovoz šljunka i broj strojeva.....	19
3.4.4. Razastiranje šljunka.....	20
3.5. Zbijanje šljunka.....	20
3.5.1. Vrijeme radova.....	21

3.6. Tehnika planiranja zemljanih radova	21
4. Betonski radovi.....	22
4.1. Količina radova	22
4.2. Karakteristike strojeva i odabir automješalice i pumpe	22
4.3. Trajanje radova.....	25
5. Zaključak	27
6. Literatura	28

1.Uvod

Zadatak ovoga završnog rada je odabrati strojeve i uskladiti njihov rad za odabrane aktivnosti izgradnje sportskog aerodroma „Sinj“. Prethodno su odabrane dimenzije i poprečni presjek piste. Hipotetski objekt se nalazi u sinjskom polju, u blizini isto imenog grada, u Splitsko-dalmatinskoj županiji, na 290 m.n.m. Površinu polja prekriva mekana zemlja i humus. Aerodrom je prvenstveno namijenjen za privatne letjelice i sportske zrakoplove. Dimenzije očekivanih letjelica na aerodromu su:

- duljina - 10metara,
- raspon krila - 20metara.

Prema dimenzijama očekivanih letjelica su odabrane dimenzije uzletno-sletne staze. Staza je dugačka 1540 metara i široka 30 metara. Paralelno sa stazom se izvode s lijeve i desne strane ramena širine 15 metara čija je funkcija sigurnost zrakoplova u slučaju izlijetanja. Uz završetak uzletno sletne staze se izvodi čistina dugačka 300 metara i široka 150 metara. Uzletno-sletna staza se sastoji od drobljenog graduiranog kamenog materijala bez veziva debljine 18 centimetara i nearmirane betonske ploče debljine 25 centimetara. Uzletno-sletna staza zajedno sa ramenima je ukupne površine 92 400 metara kvadratnih, a čistina 45 000 metara kvadratnih. Radovi na aerodromu su podijeljeni u dvije faze: zemljani radovi (prva) i betonski radovi (druga). Za zemljane radove se koriste : buldozer, ježasti valjak, utovarivač i kamion kiper. Buldozer se koristi za uklanjanje površinskog sloja humusa i odvoza istog materijala na udaljeni deponij te razastiranje dovezenog sloja graduiranog kamenog materijala. Valjak se koristi za nabijanje tla i dovezenog sloja graduiranog kamenog materijala bez veziva. Kamioni kiperi se koriste za dovoz sloja graduiranog kamenog materijala i odvoz sloja iskopanog materijala na deponij. Utovarivači se koriste za punjenje kamiona kiperu slojem uklonjenog humusa, to jest iskopanog materijala. Za betonske radove se koriste : automješalice i pumpe za beton. Automješalice se koriste za transport betona,a pumpe za ugradnju betona. Odabir svakog stroja je temeljem na omjeru njegovog radnog učinka i nabavne cijene stroja. Nabavne cijene novog stroja su dobivene procjenom na temelju podataka dobivenih sa burzi strojeva. Količina strojeva korištenih u gradnji objekta je odabrana tako da gradnja cjelokupnog objekta bude završena u 35 dana uz što manje praznog hoda

strojeva. Radovi na aerodromu „Sinj“ se obavljaju u tri smjene radi što bržeg otvaranja navedenog objekta.

2. Uzletno-sletna staza

Uzletno sletna staza je građevina namijenjena za slijetanje i uzlijetanje zrakoplova. Dimenzije staze se projektiraju na temelju očekivanih letjelica koje će koristiti aerodrom [1].

2.1. Dimenzije

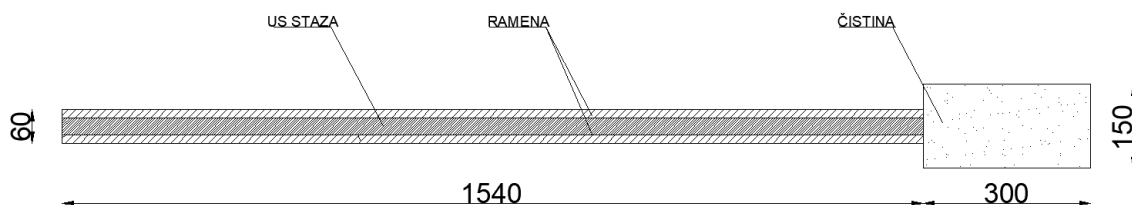
Aerodrom „Sinj“ je namijenjen velikim privatnim zrakoplovima i sportskim letjelicama. Kao primjer letjelice koja će koristiti usluge aerodroma je uzet „Dassault Falcon 2000“, letjelica raspona krila duljine 20 metara [2]. Na slici 2.1. su navedene preporučene vrijednosti dimenzija staze s obzirom na duljini raspona krila letjelice.

Table 3A Airport Design Standards Pullman-Moscow Regional Airport								
Item	FAA Airport Design Standards ¹							
Airport Reference Code	Existing ²	B-III ^{3,4}	B-III	B-III	C-III. ⁵	C-III. ⁵	D-III ⁶	D-III ⁶
Aircraft Approach Speed	<121 kts	<121 kts	<121 kts	<121 kts	<141 kts	<141 kts	<141 kts	<141 kts
Aircraft Wingspan	<90 ft.	<90 ft.	<118 ft.	<118 ft.	<118 ft.	<118 ft.	93.4 ft.	93.4 ft.
Aircraft Tail Height (lbs)	< 45 ft.	< 45 ft.	< 45 ft.	< 45 ft.	< 45 ft.	< 45 ft.	< 45 ft.	< 45 ft.
Aircraft Weight Group (lbs)	<65,000	<65,000	<65,000	<65,000	<175,000	<175,000	<95,000	<95,000
Approach Visibility Minimums	≥ 1 mile	≥ 1 mile	¾ mile	½ mile	¾ mile	½ mile	¾ mile	½ mile
Runway Design								
Length (feet)	6,730 ⁷	5 – 6,500 ⁸	5 – 6,500 ⁸	5 – 6,500 ⁸	6 – 8000 ⁸	6 – 8,000 ⁸	7 – 8,500 ⁸	7 – 8,500 ⁸
Width	100 ft.	100 ft.	100 ft.	100 ft.	100 ft. ⁹	100 ft. ⁹	100 ft.	100 ft.
Blast Pad								
Width	N/A	140 ft.	140 ft.	140 ft.	140 ft.	140 ft.	140 ft.	140 ft.
Length beyond Runway End	N/A	200 ft.	200 ft.	200 ft.	200 ft.	200 ft.	200 ft.	200 ft.
Safety Area								

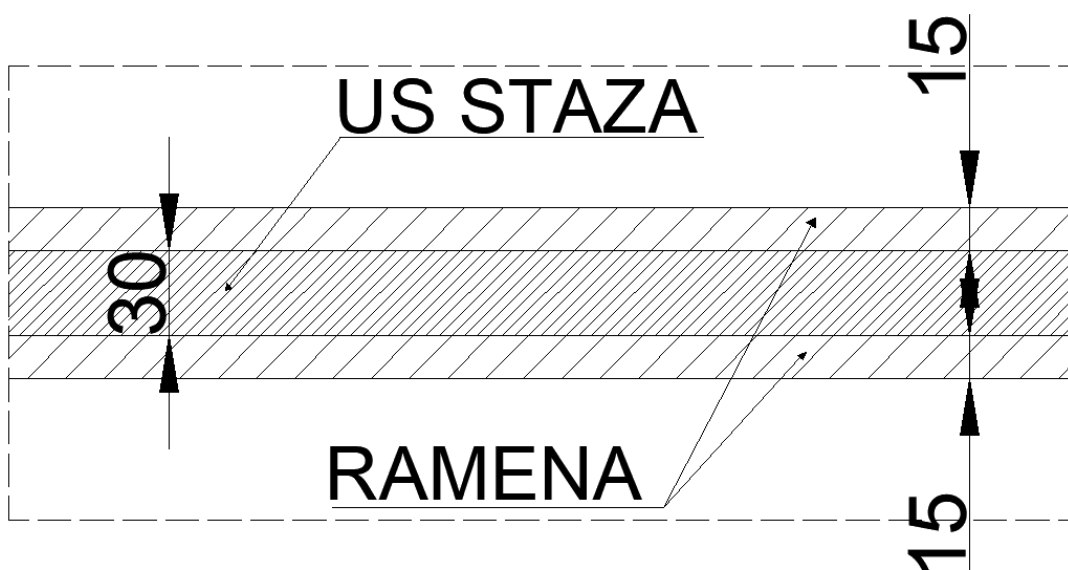
Slika 2.1.: Preporučene dimenzija staze [3]

Iz navedene slike za očekivanu letjelicu sa rasponom krila od 20 metara (65 ft.) vrijedi drugi stupac „B-III^{3,4}“. Prema tablici su odabrane dimenzije: duljina-5000 ft. i širina 100 ft. Preračunato u metričke jedinice odabrana duljina je 1540 metara, a širina 30 metara.

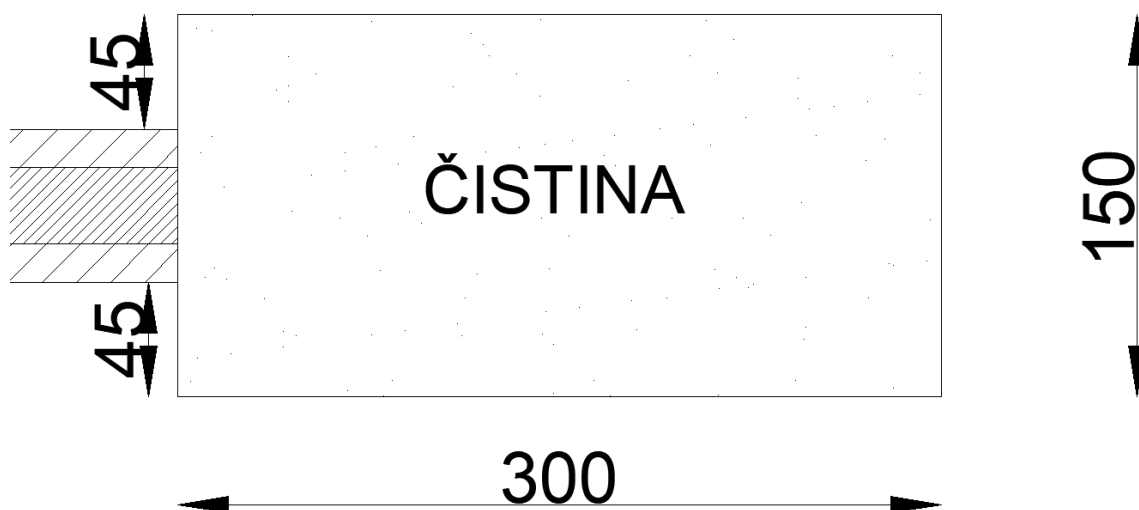
Uz uzletnu sletnu stazu se zbog sigurnosti još izvode ramena i čistina. Ramena su građevine namijenjene za sigurnost zrakoplova u slučaju izlijetanja sa staze. Grade se paralelno sa stazom sa lijeve i desne strane. Širina ramena je odabrana tako da ukupna širina staze i ramena bude 60 metara. Ramena na aerodromu „Sinj“ su izvedena isto kao i staza. Pojedino rame je širine 15 metara, a duljine koliko i staza. Funkcija čistine kao građevine je sigurno zaustavljanje zrakoplova u slučaju otkazivanja motora tijekom uzlijetanja. Duljina čistine je maksimalno pola duljine staze, a širina je jednaka 75 metara sa lijeve i desne strane od središnje crte staze [4]. Na slikama 2.2., 2.3. i 2.4. su prikazani tlocrt piste, tlocrt uzletno-sletne staze sa ramenima i tlocrt čistine.



Slika 2.2.: Tlocrt piste



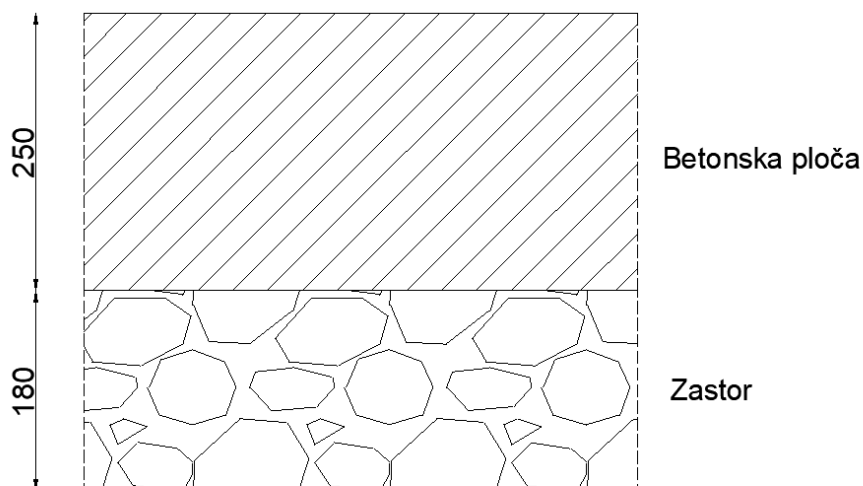
Slika 2.3.: Tlocrt uzletno-sletne staze s ramenima



Slika 2.4.: Tlocrt čistine

2.2. Poprečni presjek staze

Uzletno-sletna staza aerodroma se sastoji od nosivog sloja zastora od drobljenog graduiranog kamenog materijala bez veziva debljine 180mm i betonske ploče debljine 250mm [5]. Na slici 2.5. je prikazan poprečni presjek uzletno-sletne staze.



Slika 2.5.: Poprečni presjek staze

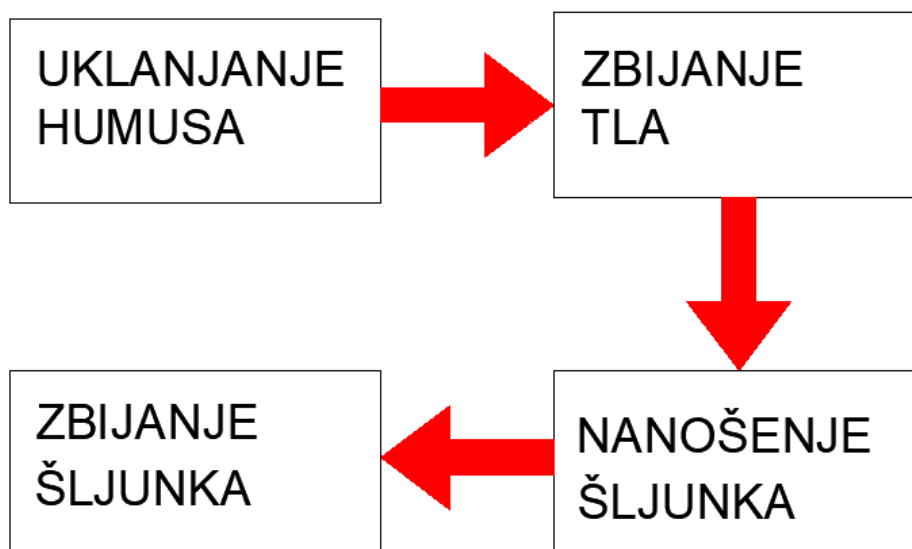
3. Zemljani radovi

Zemljani radovi su podijeljeni na 4 glavne radnje:

- Uklanjanje humusa,
- Zbijanje tla,
- Nanošenje šljunka,
- Zbijanje šljunka.

3.1. Dijagram toka radova

Dijagram toka zemljanih radova je prikazan na slici 3.1.



Slika 3.1.: Dijagram toka zemljanih radova

3.2. Uklanjanje humusa

Potrebno je ukloniti humus debljine 15 centimetara sa dijelova terena na koji će se izvoditi dijelovi piste, a to su uzletno-sletna staza, ramena i čistina. Humus se zatim utovaruje na kamione kipere pomoću utovarivača i odvozi na deponij udaljen 20 kilometara.

3.2.1. Količina radova

Visina sloja humusa je:

$$H_h = 0.15 \text{ metara}$$

a = duljina

b = širina

$$P = a * b$$

(1)

$$a_{\text{usstaze}} = a_{\text{ramena}} = 1540 \text{ m}$$

$$b_{\text{usstaze}} = b_{\text{ramena}} = 30 \text{ m}$$

$$a_{\text{čistine}} = 300 \text{ m}$$

$$b_{\text{čistine}} = 150 \text{ m}$$

Površina uzletno-sletne staze prema (1) :

$$P_{\text{us}} = 46\,200 \text{ m}^2$$

Površina ramena prema (1) :

$$P_r = 46\,200 \text{ m}^2$$

Površina čistine prema (1) :

$$P_{\text{č}} = 45\,000 \text{ m}^2$$

Ukupna površina radova je jednaka zbroju površina :

$$P_u = P_{\text{us}} + P_r + P_{\text{č}} = 46\,200 \text{ m}^2 + 46\,200 \text{ m}^2 + 45\,000 \text{ m}^2 = 137\,400 \text{ m}^2$$

Ukupna količina radova je jednaka umnošku ukupne površine i visine sloja humusa:

$$Q_u = P_u * H_h = 20\,610 \text{ m}^3$$

3.2.2. Karakteristike buldozera

Za uklanjanje humusa se koristi buldozer. Cijene buldozera su dobivene procjenom na temelju burze strojeva, a karakteristike strojeva preuzeti sa stranica proizvođača. U ponudi se nalaze tri buldozera:

- Shantui Bulldozer Machinery SD32 Bull Dozer,
- Mini Crawler Dozer SD16 Bulldozer,
- CAT D10T.

U tablici 3.2. su prikazane karakteristike navedenih buldozera.

Tablica 3.2: Karakteristike buldozera [6,7,8,9]

IME	SHANTUI SD32	CRAWLER SD16	CAT D10T
CIJENA	110 000 USD	66 000 USD	985 000 USD
ZAPREMNINA	6,4 m ³	4,5 m ³	18,5 m ³
BRZINA GURANJA	3,6 km/h	3,29 km/h	4 km/h
BRZINA VRAĆANJA	11,2 km/h	9,63 km/h	12,64 km/h

3.2.3. Proračun učinka stroja i odabir buldozera

Teorijski učinak rada buldožera se računa prema izrazu:

$$U_{t,buldozer} = \frac{3600 * c}{T_c} \text{ (m}^3/\text{sat)} \quad (2)$$

C- kapacitet noža buldožera (zadano u tablici 3.2.)

T_{c,buldozer} - vrijeme jednog ciklusa rada buldozera, a računa se prema formuli:

$$T_{c,buldozer} = \frac{S_{gur}}{v_{gur}} + \frac{S_{pov}}{v_{pov}} + T_o \quad (3)$$

S_{gur} – udaljenost na kojoj buldozer gura materijal - 1840 m

V_{gur} – brzina kojom buldozer gura materijal

S_{pov} – udaljenost povratka buldozera na rad - 1840 m

V_{pov} – brzina povratka buldozera na rad

T_o – vrijeme okreta buldozera

SHANTUI SD32 :

Prema (2):

$$T_{c,buldozer} = 614 \text{ s}$$

Prema (1):

$$U_{t,buldozer} = 37,47 \text{ m}^3/\text{h}$$

CRAWLER SD16 :

Prema (2):

$$T_{c,buldozer} = 678 \text{ s}$$

Prema (1)

$$U_{t,buldozer} = 23,88 \text{ m}^3/\text{h}$$

CAT D10T :

Prema (2):

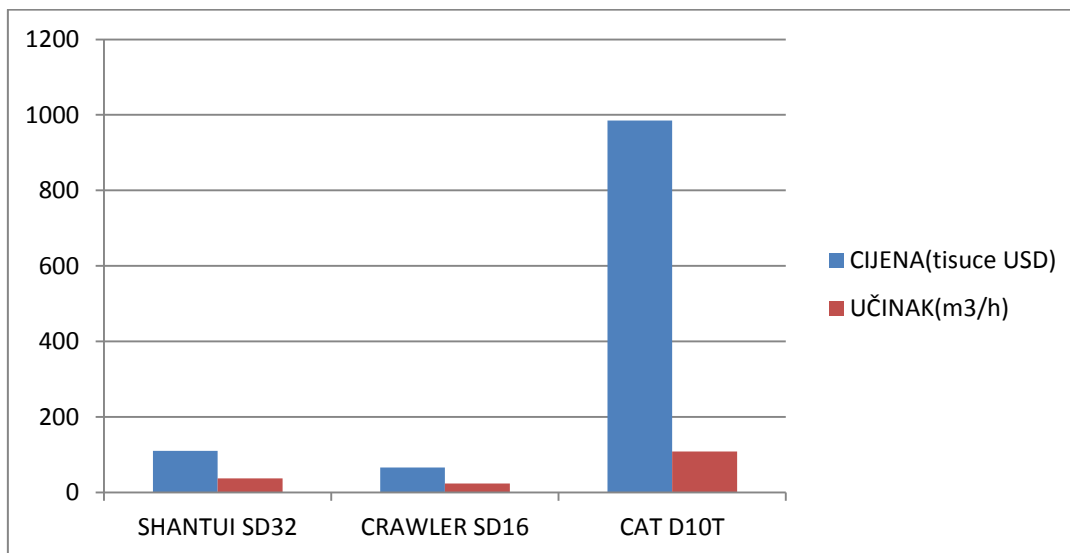
$$T_{c,buldozer} = 615 \text{ s}$$

Prema (1)

$$U_{t,buldozer} = 108,2 \text{ m}^3/\text{h}$$

Na grafu 3.2.3. su prikazane cijene i učinci navedenih buldozera.

Graf 3.2.3.: Cijene i učinci buldozera



Iz grafa se zaključuje da najbolji omjer cijene i učinka ima „CRAWLER SD16“.

Planski učinak odabranog stroja računa se prema izrazu:

$$U_{p,\text{buldozer}} = U_{t,\text{buldozer}} * K_v * K_p * K_r$$

(4)

$U_{p,\text{buldozer}}$ - Planski učinak stroja

$U_{t,\text{buldozer}}$ - Teorijski učinak stroja

K_v - koeficijent vremena - odabran $K_v = 0.9$

K_p - koeficijent punjenja - odabran $K_p = 1.1$

K_r - koeficijent rastresitosti - odabran $K_r = 0.85$

Prema (4)

$$U_p = 20.1 \text{ m}^3/\text{h}$$

Na slici 3.2.3. je prikazan odabran buldozer.



Slika 3.2.3.: CRAWLER SD 16 [25]

3.2.4. Potrebno vrijeme za uklanjanje humusa

Ukupna količina humusa koju je potrebno ukloniti je: $Q_{u,uklanjanje} = 20\ 610\ m^3$. Za uklanjanje humusa je odabran buldozer „CRAWLER SD16“, planskog učinka: $U_{p,buldozer} = 20.1\ m^3/h$. Trajanje radova se računa prema izrazu:

$$T_{r,uklanjanje} = Q_{u,uklanjanje} / U_{p,buldozer} \quad (5)$$

Trajanje radova uklanjanja humusa korištenjem jednog buldozera prema (5):

$$T_{r,uklanjanje} = 1025.4\ h.$$

Zbog zadanog roka trajanja radova od 35 dana, za potrebe zemljanih radova su odabrana četiri buldozera „CRAWLER SD16“. Korištenjem četiri buldožera vrijeme trajanja radova uklanjanja humusa se umanjuje za četiri puta pa tako trajanje radova je jednako: $T_{r,uklanjanje} = 256.3\ h$.

3.2.5. Karakteristike stroja i odabir kamiona

Za odvoz humusa se koristi kamion kiper. U ponudi imamo tri kamiona:

- MERCEDES 3344,
- MAN TGA-C,
- VOLVO FM400.

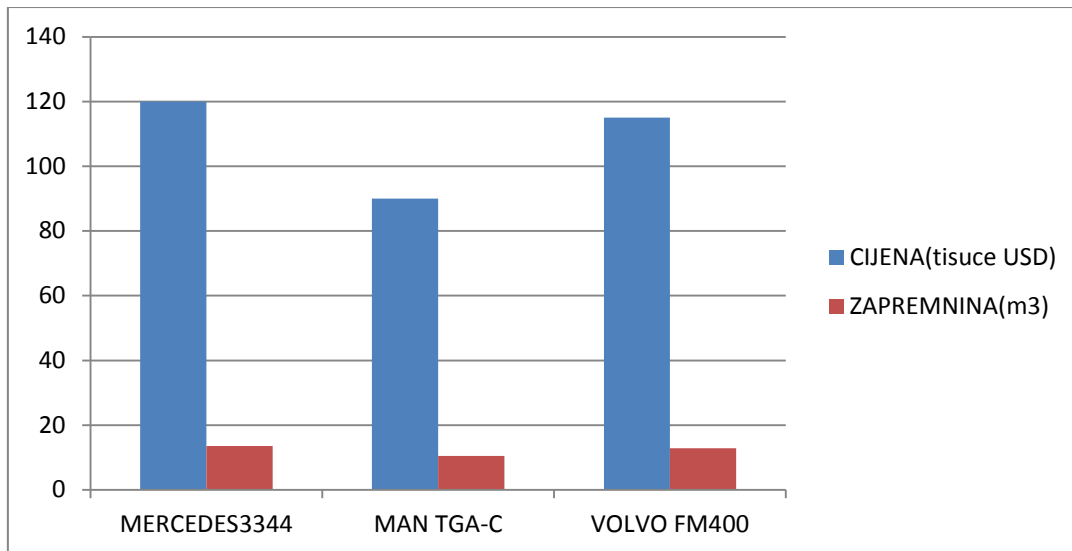
U tablici 3.2.5. su prikazane karakteristike navedenih kamiona kiperera.

Tablica 3.2.5.: Karakteristike kamiona kiperera [10,11,12]

IME	MERCEDES 3344	MAN TGA-C	VOLVO FM400
CIJENA	120 000 USD	90 000 USD	115 000 USD
ZAPREMNINA	13,5 m ³	10,5 m ³	12,8 m ³
SNAGA	390KW	316KW	294KW

Odabir kamiona kiperera se temelji na usporedbi cijene stroja i ukupne zapremnine. Za dodatnu usporedbu se koristi i ukupna snaga stroja. Iz navedene tablice se zaključuje da najbolji omjer cijene i zapremnine ima „MERCEDES 3344“. Zbog toga je odabran kamion „MERCEDES 3344“ za odvoz materijala sa gradilišta. Na grafu 3.2.5. su prikazane cijene i zapremnine kamiona kiperera.

Graf 3.2.5.: cijene i zapremnine kamiona kiperu.



Na slici 3.2.5. je prikazan odabrani kamion.



Slika 3.2.5.: MERCEDES 3344 [26]

3.2.6. Karakteristike stroja i odabir utovarivača

Humus, to jest iskopani materijal potrebno je utovariti u kamione kipere kako bi se odvezao sa gradilišta. Za utovar materijala koristi se utovarivač. U ponudi imamo dva utovarivača:

- CAT 903D,
- CASE 221F.

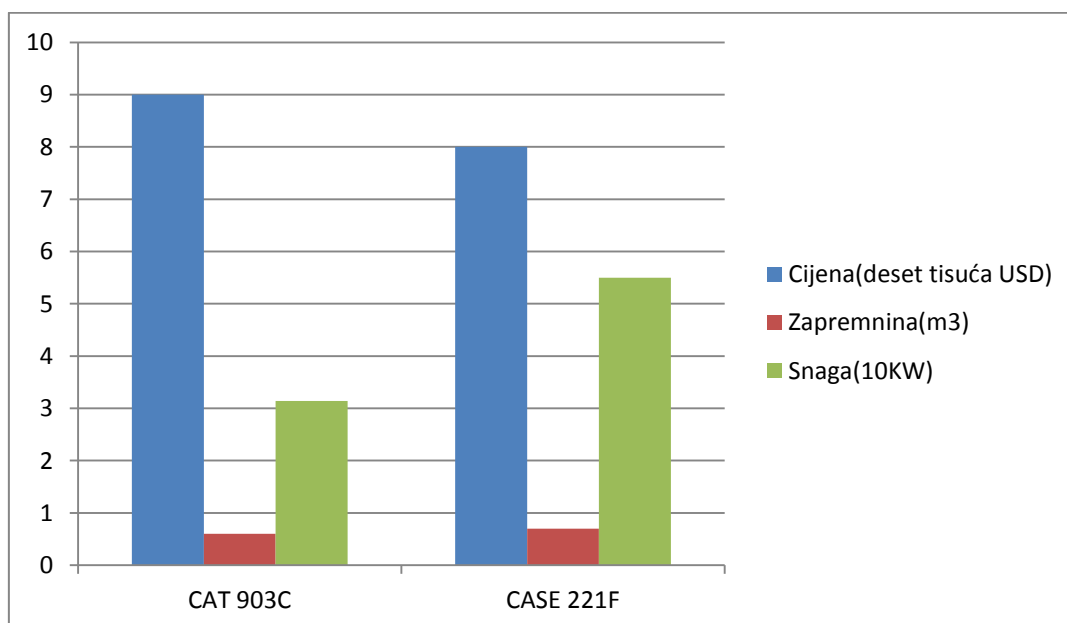
U tablici 3.2.6. su prikazane karakteristike utovarivača.

Tablica 3.2.6.: Karakteristike utovarivača [13,14,15,16]

IME	CAT 903C	CASE 221F
CIJENA	90 000 USD	80 000 USD
ZAPREMNINA	0.6 m ³	0.7 m ³
SNAGA	31.4 KW	55 KW

Odabir utovarivača se temelji na omjeru bitnih karakteristika utovarivača, zapremnine, snage i cijene strojeva. Iz tablice 3.2.6. se vidi da utovarivač „CASE 221F“ ima: veću zapremninu, veću snagu motora i nižu cijenu. Zbog toga se za radove utovara materijala u kamione kipere odabire „CASE 221F“. Na grafu 3.2.6. su prikazani odnosi karakteristika i cijena utovarivača.

Graf 3.2.6.: karakteristike i cijene utovarivača.



Na slici 3.2.6. je prikazan odabrani utovarivač.



Slika 3.2.6.: CASE 221F [27]

3.2.7. Potrebno vrijeme za odvoz humusa

Ukupna količina humusa koje treba odvesti je $Q_{u,uklanjanje} = 20\ 610\text{m}^3$. Odabran je kamion kiper „MERCEDES 3344“ i utovarivač „CASE 221F“. Vremena, koeficijenti, udaljenost deponija, brzine kamiona i trajanje ciklusa utovarivača su procijenjene.

Učink utovarivača se računa prema formuli:

$$U_{p,utovar} = q \cdot (3600/T_c) \cdot K_p \cdot K_r \cdot K_v \quad (6)$$

K_v - koeficijent vremena - odabran $K_v = 0.9$

K_p - koeficijent punjenja - odabran $K_p = 1.1$

K_r - koeficijent rastresitosti - odabran $K_r = 0.85$

$T_{c,utovarivač}$ - trajanje ciklusa utovarivača - $T_c = 30$ sek

q - zapremnina utovarivača

Prema (6) , učinak utovarivača „CASE 221F“ je:

$$U_{p, \text{utovar}} = 70.7 \text{ m}^3/\text{h}$$

Vrijeme punjenja jednog kamiona kiperu „MERCEDES 3344“ je jednako:

$$T_{u, \text{kamion}} = Q_{\text{kamion}} / U_{p, \text{utovar}} \quad (7)$$

Q_{kamion} - zapremnina kamiona kiperu je jednaka umnošku zapremnine kamiona i koeficijenta punjenja i rastresitosti.

$$Q_{\text{kamion}} = q_{\text{kamion}} * K_p * K_r = 12.63 \text{ m}^3$$

Prema (7):

$$T_{u, \text{kamion}} = 0.18 \text{ h} \approx 650 \text{ s}$$

Q_{kamion} - zapremnina kamiona - 12.63 m³

W- snaga, 324 kW

V₁- brzina punog kamiona - v = 40 km/h

V₂- brzina praznog kamiona - v = 60 km/h.

T_{u, kamion} - vrijeme utovara kamiona - 650 s.

T_o- trajanje okreta - 55 s.

T_i- vrijeme istovara - 30 s.

T_{m1}- vrijeme manevra gradilište - 30 s.

T_{m2}- vrijeme manevra punionica - 30 s.

T_p- vrijeme puta= 3600s x (20km / 40km/h + 20km / 60km/h) = 3000 s.

T_r - vrijeme rezerve - 60 s.

Trajanje ciklusa kamiona kiperu se računa prema formuli :

$$T_{c, \text{kamion}} = T_{u, \text{kamion}} + T_{m1} + T_i + T_{m2} + T_p + T_o + T_r \quad (8)$$

Prema (8) :

$$T_{c, \text{kamion}} = 3855 \text{ s}$$

Broj kamiona kiperu potrebnih za kontinuirani rad se računa po formuli:

$$N_{\text{kamiona}} = (T_{c, \text{kamion}} / T_{u, \text{kamion}}) \quad (9)$$

Prema (9):

$$N_{\text{kamiona}} = 5.93 \approx 6 \text{ kamiona}$$

Ukupna količina materijala za odvoz:

$$Q_{u, \text{uklanjanje}} = 20\,610 \text{ m}^3.$$

Broj tura kamiona kiper se računa prema formuli:

$$N_{\text{tura}} = Q_u / Q_{\text{kamion}} \quad (10)$$

Prema (10):

$$N_{\text{tura}} = 1632$$

Trajanje odvoza humusa se računa prema formuli :

$$T_{\text{odvoza}} = N_{\text{tura}} * (T_r + T_i) \quad (11)$$

Prema (11):

$$T_{\text{tura}} = 40.8 \text{ h}$$

3.3. Zbijanje tla

Nakon uklanjanja humusa potrebno je zbiti tlo na terenu namijenjenom za uzletno-sletnu stazu i ramena.

3.3.1. Količina radova

Zbijanje tla se izvodi nad djelom uzletno-sletne staze i ramena. Površine uzletno-sletne staze i ramena su prethodno izračunate.

Površina uzletno-sletne staze je:

$$P_{us} = 46\,200 \text{ m}^2$$

Površina ramena prema ramena je :

$$P_r = 46\,200 \text{ m}^2$$

Ukupna površina radova je jednaka zbroju površina uzletno-sletne staze i ramena:

$$P_{u, \text{zbijanje}} = P_{us} + P_r = 46\,200 \text{ m}^2 + 46\,200 \text{ m}^2 = 92\,400 \text{ m}^2$$

d_{sloj} - debljina sloja - 0.15 m

Ukupna količina radova je jednaka umnošku površine radova i visine sloja zemlje:

$$Q_{u, \text{zbijanje}} = P_{u, \text{zbijanje}} * d_{\text{sloj}, s} = 92\,400 \text{ m}^2 * 0,15 \text{ m} = 13\,860 \text{ m}^3$$

3.3.2. Karakteristike valjka

Za nabijanje tla se koristi valjak. Cijene valjaka su dobivene procjenom na temelju burze strojeva, a radni učinci preuzeti sa stranica proizvođača. U ponudi se nalaze dva valjka:

- VOLVO SD160B,
- CAT CP563E.

U tablici 3.3.2. se nalaze karakteristike navedenih valjaka.

Tablica 3.3.2: Karakteristike valjka [17,18,19,20]

IME	VOLVO SD160B	CAT CP563E
CIJENA	150 000 USD	250 000 USD
KORISNA ŠIRINA	2.134 m	2,44 m
BRZINA	5,3 km/h	5,4 km/h

3.3.3. Proračun učinka stroja i odabir valjka

Teorijski učinak rada valjka se računa prema izrazu:

$$U_{t, \text{valjka}} = (v_{\text{valjak}} * d_{\text{sloj}} * b_{\text{valjak}} / n_{\text{valjak}}) \text{ (m}^3/\text{sat)} \quad (12)$$

b_{valjak} - korisna širina valjka (zadano u tablici 3.3.2.)

n_{valjak} - broj prijelaza po jednom traku - 10

d_{sloj} - debljina sloja zemlje - 15 cm

v_{valjak} - brzina valjka (zadano u tablici 3.3.2.)

VOLVO SD160B

Prema (12) teorijski učinak valjka iznosi:

$$U_{t, \text{valjka}} = 47 \text{ m}^3/\text{h}.$$

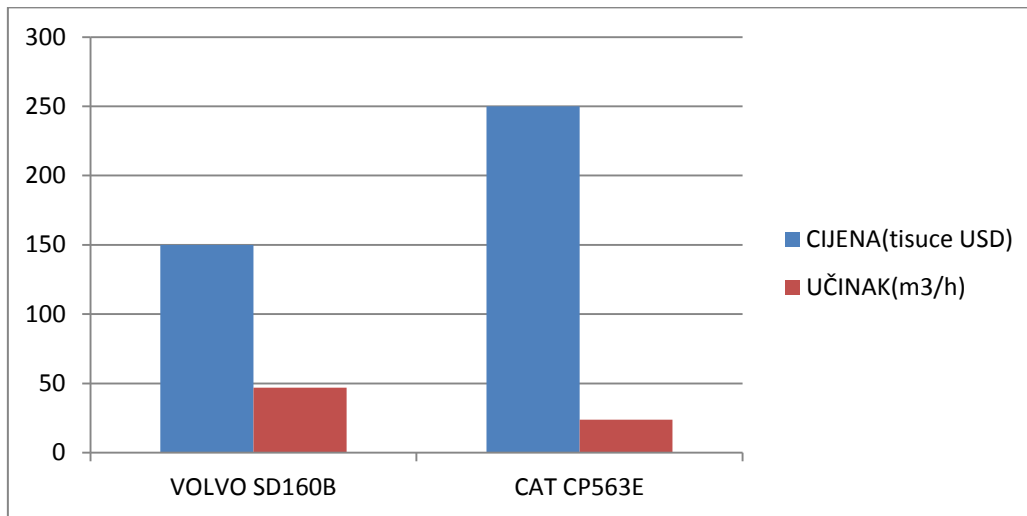
CAT CP563E

Prema (12) teorijski učinak valjka iznosi:

$$U_{t, \text{valjka}} = 54,9 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Na grafu 3.3.3. su prikazani cijene i učinci navedenih valjaka.

Graf 3.3.3.: cijene i učinci valjaka



Iz grafa se zaključuje da bolji omjer cijene i učinka ima VOLVO SD160B.

Planski učinak odabranog stroja računa se prema izrazu:

$$U_{p, \text{valjka}} = U_{t, \text{valjka}} * K_v$$

(13)

$U_{p, \text{valjka}}$ - Planski učinak stroja

$U_{t, \text{valjka}}$ - Teorijski učinak stroja

K_v - koeficijent vremena - 0.9

Prema izrazu (13) planski učinak valjka iznosi:

$$U_{p, \text{valjka}} = 42,3 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Na slici 3.3.3. je prikazan odabrani valjak.



Slika 3.3.3.: VOLVO SD160B [17]

3.3.4. Potrebno vrijeme za zbijanje tla

Ukupna količina tla koje je potrebno zbiti je: $Q_{u,zbijanje} = 13\,860\text{ m}^3$. Za zbijanje tla odabran je valjak „VOLVO SD160B“, planskog učinka: $U_{p,valjak} = 42,3\text{ m}^3/\text{h}$. Trajanje radova se računa prema izrazu:

$$T_{zbijanje} = Q_{u,zbijanje} / U_{p,valjak} \quad (14)$$

Trajanje radova zbijanja tla korištenjem jednog valjka prema izrazu (14) je:

$$T_{zbijanje} = 327.7\text{ h.}$$

Zbog zadanog roka trajanja radova od 35 dana, ali i usklađivanja sa radom buldozera za potrebe zbijanja tla se koriste dva valjka „VOLVO SD160B“. Korištenjem dva valjka vrijeme trajanja radova zbijanja tla se umanjuje za dva puta pa tako trajanje radova je jednako $T_{zbijanje} = 163.8\text{ h}$.

3.4. Nanošenje šljunka

Šljunak, to jest nosivi sloj zastora od graduiranog drobljenog kamenog materijala se nanosi nad područje uzletno-sletne staze i ramena u sloju od:

$d_{\text{šljunak}} = 18$ centimetara. Nanošenje šljunka se sastoji od dovoza materijala kamionima kiperima s skladišta udaljenog 20 kilometara i razastiranja šljunka buldožerima.

3.4.1. Količina radova

Šljunak se nanosi nad zbijenim tlom te su površine radova za nanošenje šljunka jednake površini radova za zbijanje tla.

$$P_{u,\text{zbijanje}} = P_{u,\text{nasipanje}} = 92\,400 \text{ m}^2$$

Ukupna količina radova je jednaka umnošku površine radova i visine sloja šljunka:

$$Q_{u,\text{nasipanje}} = P_{u,\text{nasipanje}} * d_{\text{šljunak}} = 16\,632 \text{ m}^3.$$

3.4.2. Karakteristike kamiona kiper

Za dovoz šljunka se koristi isti stroj prethodno odabran za odvoz materijala sa gradilišta, to jest „MERCEDES 3344“ sa svim karakteristikama već navedenim.

3.4.3. Potrebno vrijeme za dovoz šljunka i broj strojeva

Ukupna količina šljunka koje treba dovesti je $Q_{u,\text{nasipanje}} = 16\,632 \text{ m}^3$. Odabran je kamion kiper „MERCEDES 3344“. Vremena, koeficijenti, udaljenost gradilišta i brzine kamiona su procijenjene.

K_v - koeficijent vremena - odabran $K_v = 0.9$

K_p - koeficijent punjenja - odabran $K_p = 1.1$

K_r - koeficijent rastresitosti - odabran $K_r = 0.85$

Q_{kamion} - zapremnina kamiona - 12.63 m^3

W - snaga - 324 kW

V_1 - brzina punog kamiona - 40 km/h

V_2 - brzina praznog kamiona - 60 km/h .

$T_{u,\text{kamion}}$ - vrijeme utovara kamiona - 300 s .

T_o - trajanje okreta - 55 s .

T_i - vrijeme istovara - 30 s .

T_{m1} - vrijeme manevra gradilište - 30 s .

T_{m2} - vrijeme manevra punionica - 30 s.

T_p - vrijeme puta = $3600s \times (20km / 40km/h + 20km / 60km/h) = 3000 s$.

T_r - vrijeme rezerve - 60 s.

Prema (8) :

$T_{c,kamion} = 3505 \text{ sek}$

Prema (9):

$N_{kamiona} = 11.68 \approx 12 \text{ kamiona}$

Ukupna količina materijala za dovoz:

$Q_u = 16\,632 \text{ m}^3$.

Prema (10):

$N_{tura} = 1317$

Prema (11):

$T_{tura} = 33.0 \text{ h}$

3.4.4. Razastiranje šljunka

Za razastiranje šljunka koristimo prethodno odabran buldožer „CRAWLER SD16“, planskog učinka: $U_{p,buldozer} = 20.1 \text{ m}^3/h$. Za razastiranje šljunka se koriste 4 buldozera. Trajanje radova razastiranja šljunka se računa prema izrazu:

$$T_{razastiranje} = Q_{u,nasipanje} / (n_{buldozer} \times U_{p,buldozer}) \quad (15)$$

n - broj buldozera

Prema (15):

$T_{razastiranje} = 206.9 \text{ h}$.

3.5. Zbijanje šljunka

Nakon nanošenja, šljunak se zbija valjkom „VOLVO SD160B“ (slika 3.3.3), planskog učinka $U_{p,valjak} = 42,3 \text{ m}^3/h$. Za zbijanje se koriste 2 valjka.

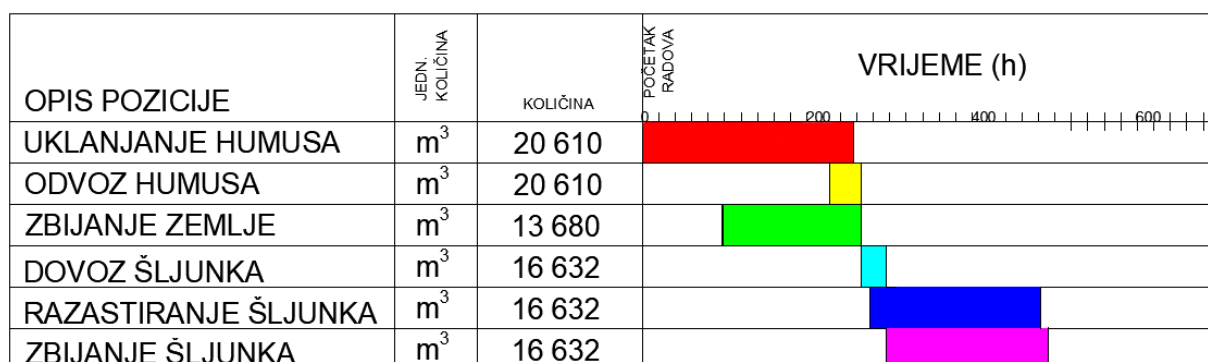
3.5.1. Vrijeme radova

Prema (14):

$T_{zbijanje} = 196.6 \text{ h.}$

3.6. Tehnika planiranja zemljanih radova

Aktivnosti koje spadaju pod zemljane radove su : uklanjanje humusa, odvoz humusa, nabijanje zemlje, dovoz šljunka i nabijanje šljunka. Navedeni raspored i trajanje aktivnosti prikazani su gantogramom na slici: 3.6.



Slika 3.6.: gantogram zemljanih radova

Prva aktivnost na gradilištu je uklanjanje humusa. Aktivnost traje 253.6 sata.

Nakon 96 sata započinje zbijanje sloja zemlje nad kojom je prethodno uklonjen humus. Navedena aktivnost traje 168.3 sata. Poslije 223 sata od početka gradnje, dolaze utovarivači i kamioni kiperi te započinju na odvozu uklonjenoga humusa sa gradilišta na udaljeni deponij koji traje 40.8 sata. 265 sati nakon početka radova, par sati nakon završetka odvoza humusa sa gradilišta, započinje dovoz šljunka. Navedena aktivnost traje 33 sati. Razastiranje dovezenog šljunka započinje 275 sata nakon početka radova, a zbijanje šljunka 295 sata nakon početka radova. Razastiranje šljunka traje 206.9 sati, dok zbijanje šljunka traje 196.6 sati. Kraj zemljanih radova je 491.6 sati, to jest 20 dana i 12 sati nakon početka radova na aerodromu „Sinj“.

4. Betonski radovi

Nakon završetka zemljanih radova potrebno je ugraditi sloj betona od 25 centimetara nad područjem uzletno-sletne staze i ramena. Betoniranje će se vršiti paralelno s obje strane gradilišta korištenjem pumpa za beton i automješalica.

4.1. Količina radova

Površine uzletno-sletne staze i ramena su prethodno izračunate.

Površina uzletno-sletne staze je:

$$P_{us} = 46\,200 \text{ m}^2$$

Površina ramena je :

$$P_r = 46\,200 \text{ m}^2$$

Ukupna površina radova je jednaka zbroju površina uzletno-sletne staze i ramena:

$$P_{u,betoniranje} = P_{us} + P_r = 46\,200 \text{ m}^2 + 46\,200 \text{ m}^2 = 92\,400 \text{ m}^2$$

$d_{sloj,b}$ - debljina sloja betona - 0.25m

Ukupna količina radova je jednaka umnošku površine radova i visine sloja zemlje:

$$Q_{u,betoniranje} = P_{u,betoniranje} * d_{sloj,b} = 92\,400 \text{ m}^2 * 0,25 \text{ m} = 23\,100 \text{ m}^3$$

4.2. Karakteristike strojeva i odabir automješalice i pumpe

Za betoniranje ramena i uzletno-sletne staze koriste se automješalice i pumpe za beton. Zbog ukupne širine uzletno-sletne staze i ramena od 60 metara, odabrana pumpa za beton nužno mora imati kran veći od 30 metara kako bilo moguće izvesti radove. U ponudi imamo dvije automješalice i dvije pumpe za beton.

Dvije automješalice:

- MAN TGS 32.420,
- DAF ATI 85 360.

U tablici 4.2. su prikazane karakteristike navedenih automješalica.

Tablica 4.2: Karakteristike automješalica [21,22]

IME	MAN TGS 32.400	DB AROCS 3240
CIJENA	115 000 USD	120 000 USD
ZAPREMNINA	10.9 m ³	10.67 m ³

Dvije pumpe za beton:

- MERCEDES - ACTROS 2636,
- MERCEDES ACTROS 41.41.

U tablici 4.3. su prikazane karakteristike navedenih pumpi za beton.

Tablica 4.3.: Karakteristike pumpa za beton [23,24]

IME	MERCEDES 2636	MERCEDES 41.41
CIJENA	220 000 USD	420 000 USD
SNAGA	165 KW	300 KW
KRAN	34 m	50 m

Za navedene radove su odabrani strojevi : „MAN TGS 32.400“ i „MERCEDES 2636“. Navedena automješalica je odabrana zbog manje cijene, a veće zapremnine bubnja. Pumpa za beton „MERCEDES 41.41“ ima veći kran i veću snagu, ali košta skoro duplo više te veličina krana nije dovoljna da se betoniranje izvrši samo sa jedne strane piste. Zbog toga je odabrana pumpa za beton „MERCEDES 2636“. Na radovima će biti angažirane dvije pumpe za beton koje će paralelno sa obje strana piste izvoditi radove.

Na slici 4.2.1. i slici 4.2.2. su prikazani odabrani strojevi.



Slika 4.2.1: MERCEDES 2636 [23]



Slika 4.2.2.: MAN TGS 32.400 [22]

4.3. Trajanje radova

Ukupna količina betona koje treba ugraditi je $Q_{u,betoniranje} = 23\ 100\ m^3$. Odabrani su automješalica „MAN TGS 32.400“ i pumpa za beton „MERCEDES 2636“. Udaljenost betonare od gradilišta je 25 kilometara. Vremena, brzine kamiona i radni učinak pumpe za beton su procijenjene. Radovi su podijeljeni jednako na dvije pumpe za beton, to jest svaka od pumpi za beton treba ugraditi jednaku količinu betona - $Q_{u,pumpa} = 11\ 550\ m^3$ te svaku grupu čini jednaki broj istih strojeva to jest jedna pumpa za beton zajedno sa odabranim brojem automješalica čini jednu grupu. Ukupno dvije grupe rade na ugradnji betona.

$Q_{automješalica}$ - zapremnina kamiona - $10.9\ m^3$

U_{pumpa} - radni učinak pumpe za beton, odabran - $60\ m^3/h$

V_1 - brzina punog kamiona - $50\ km/h$

V_2 - brzina praznog kamiona - $60\ km/h$.

$T_{u,kamion}$ - vrijeme utovara kamiona - $500\ s$.

T_o - trajanje okreta - $60\ s$.

T_i - vrijeme istovara je jednak zapremnini kamiona kroz radni učinak pumpe

$T_i = Q_{automješalica} / U_{pumpa} = 654\ s$.

T_{m1} - vrijeme manevra gradilište - $30\ s$.

T_{m2} - vrijeme manevra betonara - $30\ s$.

T_p - vrijeme puta= $3600s \times (25km / 50km/h + 25km / 60km/h) = 3300\ s$.

T_r - vrijeme rezerve - $150\ s$.

Trajanje ciklusa automješalice se računa prema formuli :

$$T_{c,automješalica} = T_{u,automješalica} + T_{m1} + T_i + T_{m2} + T_p + T_o + T_r \quad (16)$$

Prema (16) :

$$T_{c,kamion} = 4724\ s.$$

Broj automješalica potrebnih za kontinuirani rad se računa po formuli:

$$N_{automješalica} = (T_{c,automješalica} / T_{u,automješalica}) \quad (17)$$

Prema (17):

$$N_{kamiona} = 9.5 \approx 10\ automješalica.$$

Ukupna količina materijala :

$$Q_u = 11\,550 \text{ m}^3.$$

Broj tura automješalica se računa prema formuli:

$$N_{\text{tura}} = Q_{u,\text{betoniranje}} / Q_{\text{automješalica}} \quad (18)$$

Prema (18):

$$N_{\text{tura}} = 1060$$

Trajanje betoniranja se računa prema formuli :

$$T_{\text{betoniranja}} = N_{\text{tura}} * (T_r + T_i) \quad (19)$$

Prema (19):

$$T_{\text{tura}} = 237 \text{ h}$$

Radna grupa se sastoji od 10 automješalica i 1 pumpe za beton.

5. Zaključak

Cjelokupni radovi na gradilištu aerodroma „Sinj“ su podijeljeni u dvije faze:

- Prva faza - zemljani radovi,
- Druga faza - betonski radovi.

Odabir vrste strojeva je temeljen na omjeru cijena i bitnih karakteristika stroja, a količina strojeva na izvršenju zadanih radova u okviru vremenskoga roka od 35 dana. Prva faza radova, to jest zemljani radovi, se sastoje od uklanjanja humusa, odvoza humusa sa gradilišta, zbijanje sloja zemlje, dovoza i razastiranja sloja šljunka te zbijanja sloja šljunka. Za izvršenje radova proračunom je dobiven sljedeći broj strojeva:

- 4 buldozera,
- 1 utovarivač,
- 2 valjka,
- 12 kamiona kiperera.

Druga faza radova, betonski radovi, se sastoje od dovoza i ugradnje betona nad područjem uzletno-sletne staze i ramena. Za izvršenje radova proračunom je dobiven sljedeći broj strojeva:

- 20 automješalica,
- 2 pumpe za beton.

S ovakvom vrstom i količinom odabranih strojeva osiguran je kontinuirani rad bez zastoja te izvršenje svih radova 728.6 sati, to jest 30 dan poslije početka radova , što je 5 dana ranije od zadanoga vremenskoga roka.

6. Literatura

1. http://www.mppi.hr/UserDocsImages/nn%2064_2010%20PRV.AERODROMI.pdf (24.04.2019.)
2. <https://www.executivejetmanagement.com/private-jet-charter/aircraft-options/midsize-cabin-jets/> (18.05.2019.)
3. <https://meadhunt.com/client/puwea/Master%20Plan%20Phase%20I/PUW.Chapter%203.pdf> (18.05.2019.)
4. <file:///D:/Users/Korisnik/Downloads/Irena-Ištoka-Otković-a3-uzletno-sletna-staza-14-03-2017-14-29.pdf> (20.05.2019.)
5. Geoprojekt d.d. Split, „Istražni radovi u svrhu određivanja nosivosti i stanja operativnih površina ZL Split“, Split, 2019.god
6. <https://evangelchina.en.made-in-china.com/product/gqhnHmaCYXre/China-220HP-Shantui-Bulldozer-Machinery-SD22-SD32-Bull-Dozer-Parts-Similar-to-Cat-D6r.html> (20.05.2019.)
7. <https://oriemac.en.made-in-china.com/product/dKCJkhvUwBVe/China-Shantui-Hot-160HP-Mini-Crawler-Dozer-Price-SD16-Bulldozer.html> (21.05.2019.)
8. <http://s7d2.scene7.com/is/content/Caterpillar/C574378> (21.05.2019.)
9. <https://trademachines.com/lots/5b7801131f8c1ad3a41b9fd7> (21.05.2019.)
10. <https://www.njuskalo.hr/kamioni-kiperi/volvo-fm-400-oglas-26787595> (10.6.2019.)
11. <https://www.njuskalo.hr/kamioni-kiperi/man-tga-c-26.430-oglas-28697932> (10.6.2019.)
12. <https://www.njuskalo.hr/kamioni-kiperi/mercedes-oglas-28920067> (10.6.2019.)
13. <https://www.ritchiespecs.com/model/caterpillar-903c-wheel-loader> (21.08.2019.)
14. <https://www.marketbook.biz/listings/construction-equipment/for-sale/list/category/1060/wheelloaders?Manu=caterpillar&Mdltxt=903d&mdlX=Containers&MDLGrp=903&SortOrder=2&scf=False> (21.08.2019.)

15. <https://www.casece.com/northamerica/en-us/products/wheel-loaders/compact-wheel-loaders/models/221f> (21.08.2019.)
16. <https://www.marketbook.biz/listings/construction-equipment/for-sale/list/?Manu=CASE&Mdltxt=221F&lp=MAT> (21.08.2019.)
17. <https://www.volvoce.com/africa/en-za/products/compactors/sd160b/> (20.06.2019.)
18. <https://www.machinerytrader.com/listings/construction-equipment/for-sale/list/manufacture/volvo/model-group/sd160> 20.06.2019 (20.06.2019.)
19. <https://www.ritchiespecs.com/model/caterpillar-cp563-vibratory-compact> (20.06.2019.)
20. <https://www.marketbook.biz/listings/construction-equipment/for-sale/list/?Manu=CATERPILLAR&Mdltxt=CP-563E&lp=MAT> (20.06.2019.)
21. <https://www.njuskalo.hr/kamioni-mikseri/db-arocs-3240-b-8x4-garancija-oglas-28726206> (30.08.2019.)
22. <https://www.njuskalo.hr/kamioni-mikseri/man-tgs-32.420-8x4-oglas-28732580> (30.08.2019.)
23. <https://www.njuskalo.hr/kamioni-mikseri/mercedes-benz-actros-2636-6x4-betonpumpa-schwing-34x-zajam-zamjene-oglas-28995439> (30.08.2019.)
24. <https://www.njuskalo.hr/kamioni-mikseri/mercedes-actros-41.41-beton-pumpa-50-metara-oglas-27721991> (30.08.2019.)
25. https://www.google.com/search?q=crawler+sd+16+dozer&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwIU_vLvrq3kAhVri8MKHdQoBvwQ_AUIESqB&cshid=1567263501198110&biw=1536&bih=706#imgrc=NxIXqDntA_FbrM: (31.08.2019.)
26. https://www.google.com/search?q=mercedes+3344&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjr7P_ta3kAhVCI4sKHV6eCT4Q_AUIESqB&biw=1536&bih=706&dpr=1.25#imgrc=_jm0BAwMXukZ2M: (31.08.2019.)

27. [https://www.google.com/search?q=case+221+f&source=lnms&tbm=isch&sa=X](https://www.google.com/search?q=case+221+f&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiC2PWftq3kAhVr-)
[&ved=0ahUKEwiC2PWftq3kAhVr-](https://www.google.com/search?q=case+221+f&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiC2PWftq3kAhVr-)

[ioKHT0NBZoQ_AUIESgB&biw=1536&bih=706#imgrc=jDqcrjf-jX6rFM:](https://www.google.com/search?q=case+221+f&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiC2PWftq3kAhVr-ioKHT0NBZoQ_AUIESgB&biw=1536&bih=706#imgrc=jDqcrjf-jX6rFM:)

(31.08.2019.)