Usklađivanje rada strojeva prilikom izgradnje vjetroelektrane

Babić, Marija

Undergraduate thesis / Završni rad

2018

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:123:196139

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**



Repository / Repozitorij:

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

zir.nsk.hr

UNIVERSITY OF SPLIT

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U SPLITU

FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

ZAVRŠNI RAD

Marija Babić

Split, 2018.

SVEUČILIŠTE U SPLITU

FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

Marija Babić

Usklađivanje rada strojeva prilikom izgradnje vjetroelektrane

Završni rad

Split, 2018.

SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

Split, Matice hrvatske 15

STUDIJ:	**STRUČNI STUDIJ GRAĐEVINARSTVA**
KANDIDAT:	**Marija Babić**
BROJ INDEKSA:	**1711**
KATEDRA:	**Katedra za organizaciju i ekonomiku građenja**
PREDMET:	**Tehnologija građenja**

ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD

Tema: Izbor i usklađivanje rada strojeva za dio radova izgradnje vjetroelektrane

Opis zadatka: Studentica će na temelju teorijskog znanja prezentirati hipotetski slučaj izgradnje vjetroelektrane te za odabrane radove odabrati i uskladiti rad strojeva.

U Splitu, 12. ožujka 2018.

Voditeljica Završnog rada:

Prof.dr.sc. Snježana Knezić



Usklađivanje rada strojeva prilikom izgradnje vjetroelektrane

Sažetak:

U ovom završnom radu rješava se problem usklađivanja rada strojeva za odabrane aktivnosti izgradnje vjetroelektrane. Cilj je postizanje što veće učinkovitosti uz zadovoljavajuću kvalitetu.

Ključne riječi:

Građevinski strojevi, usklađivanje rada strojeva, vjetrenjače, tehnologija građenja

Harmonization of selected machinery for construction of a wind turbine power plant

Abstract:

This final paper is dealing with the problem of harmonizing the work of machines for selected activities of the construction of a wind power plant. The goal is to achieve greater efficiency with satisfying quality.

Keywords:

Construction machinery, machinery harmonisation, windmill, building technology

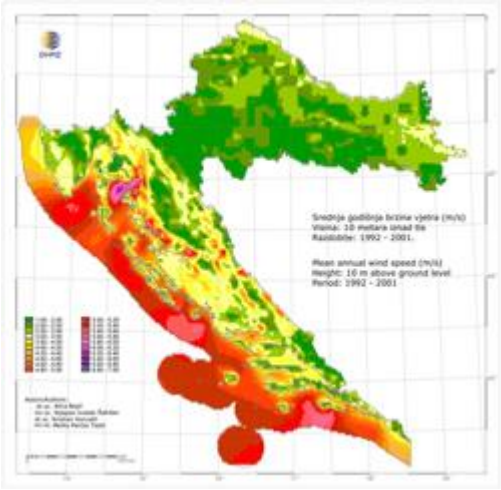
Sadržaj:

1. UVOD 1
2. OPIS PROJEKTA 2
3. OPIS AKTIVNOSTI 4
3.1. Izgradnja pristupne ceste 5
3.1.1. Opći podatci 5
3.1.2. Izbor strojeva za izgradnju pristupne ceste 5
3.2. Iskop temeljnih jama i odvoz materijala na deponij 8
3.2.1. Opći podatci 8
3.2.2. Izbor strojeva za iskope temeljnih jama i odvoz iskopanog materijala na deponij 8
3.3. Dovoz betona i betoniranje temelja 12
3.3.1. Opći podatci 12
3.3.2. Izbor strojeva za dovoz betona i betoniranje temelja 13
4. FAZE IZVOĐENJA RADOVA 16
4.1. Prva faza radova 17
4.2. Druga faza radova 18
4.3. Treća faza radova 19
4.4. Četvrta faza radova 20
4.5. Peta faza radova 21
4.6. Šesta faza radova 22
5. USKLAĐIVANJE RADA STROJEVA 23
5.1. Izgradnja pristupne ceste 24
5.1.1. Usklađivanje rada strojeva za izgradnju pristupne ceste duljine 5825 m 24
5.1.2. Usklađivanje rada strojeva za izgradnju pristupne ceste duljine 2175 m 26
5.2. Iskop temeljnih jama i odvoz materijala na deponij 27
5.2.1. Usklađivanje rada strojeva za iskop temeljnih jama 27
5.2.2. Usklađivanje rada strojeva za iskop temeljne jame 29
5.3. Dovoz betona i betoniranje temelja 31
5.3.1. Usklađivanje rada strojeva za dovoz i betoniranje temelja 31
5.3.2. Usklađivanje rada strojeva za dovoz i betoniranje temelja 33
6. ZAKLJUČAK 35
7. LITERATURA 36

1. Uvod

U ovom radu je prikazan hipotetski slučaj usklađivanja rada strojeva za aktivnosti izvedbe gravitacijskih temelja vjetrenjača odabranih dimenzija (radovi do trenutka transporta i montaže elemenata vjetroelektrane). U aktivnosti koje je potrebno izvesti spada izgradnja pristupne ceste, iskop temeljnih jama za temelje vjetrenjača, utovar i odvoz iskopanog materijala na deponij te dovoz betona iz obližnje betonare i betoniranje temelja vjetrenjača.

Odabrana lokacija je idealna za gradnju vjetroelektrane zbog pogodnog vjetra (atlas vjetra Hrvatske, koji je prikazan na slici 1.1. je osnova za procjenu energetskog potencijala vjetra), idealna je i zbog blizine glavnih prometnica koje igraju bitnu ulogu kod specijalnog transporta velikih elemenata vjetroelektrane te zbog ostalih čimbenika kao što su veličina lokacije, značajke terena, udaljenost lokacije od električne mreže, mogućnost lakog održavanja i nadzora nad vjetrenjačama itd. [1]

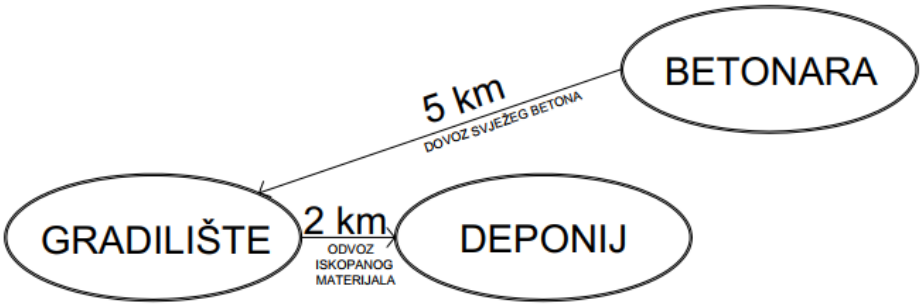


Slika 1.1. Atlas vjetra Hrvatske
[izvor: http://klima.hr/razno.php?id=priopcenja&param=pr_atlas_vjetra]

U blizini izabrane lokacije nalazi se betonara i deponij što je velika prednost za samu izvedbu građevinskih radova.

2. Opis projekta

Projekt se sastoji od izgradnje pristupne ceste do sedam pozicija odabranih za izgradnju vjetrenjača, iskopa jama za temelje vjetrenjača, odvoza iskopanog materijala na deponij koji je udaljen 2 km te dovoza betona iz betonare udaljene 5 km od gradilišta i betoniranja temelja. Na slici 2.1. shematski je prikazana lokacija gradilišta u odnosu na lokaciju betonare i deponija.

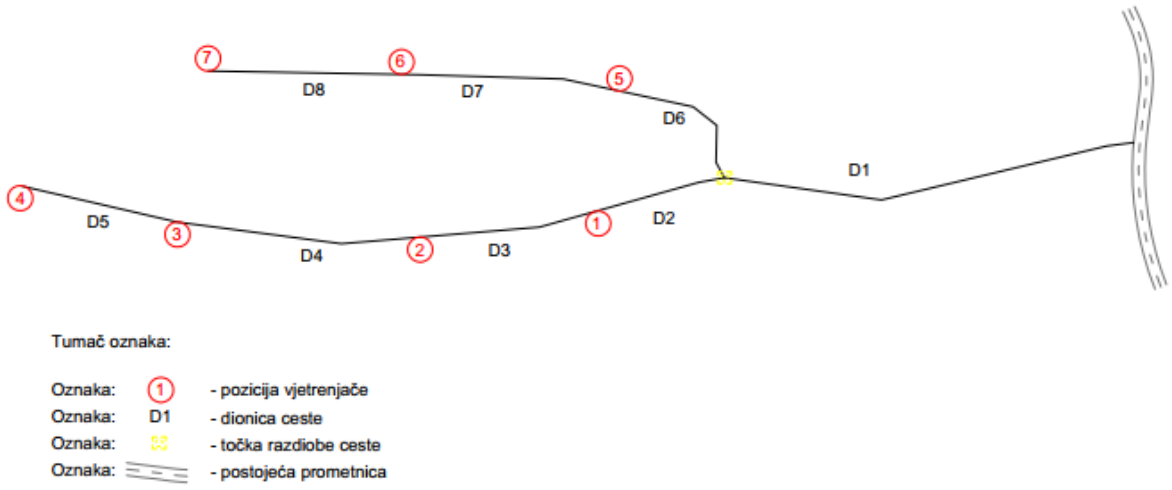


Slika 2.1. Prikaz lokacije gradilišta u odnosu na betonaru i deponij

Gradilište se sastoji od sedam pozicija (koje su unaprijed određene za postavljanje vjetrenjača) na kojima se izvode iskopi i betoniranje, sa odgovarajućom pristupnom cestom koja vodi do tih pozicija ukupne duljine 8000 m. Pristupna cesta je podijeljena na osam dionica. Podjela gradilišta na dionice i dijelove (tj. pozicije vjetrenjača) prikazana je na slici 2.2., a u tablici 2.1. ispisane su duljine dionica pristupne ceste. Ovakvom podjelom gradilišta omogućena je kampadna izvedba građevinskih radova te ušteda vremena i troškova glede izvedbe i korištenja resursa.

Tablica 2.1. Duljine dionica pristupne ceste

DIONICA D1	Od prometnice do točke razdiobe ceste	3000 m
DIONICA D2	Od točke razdiobe do pozicije prve vjetrenjače	515 m
DIONICA D3	Od pozicije prve do pozicije druge vjetrenjače	810 m
DIONICA D4	Od pozicije druge do pozicije treće vjetrenjače	870 m
DIONICA D5	Od pozicije treće do pozicije četvrte vjetrenjače	630 m
DIONICA D6	Od točke razdiobe do pozicije pete vjetrenjače	525 m
DIONICA D7	Od pozicije pete do pozicije šeste vjetrenjače	875 m
DIONICA D8	Od pozicije šeste do pozicije sedme vjetrenjače	775 m
UKUPNO	Od prometnice do krajnih pozicija (četvrte i sedme)	8000 m



Tumač oznaka:

Oznaka: (1) - pozicija vjetrenjače
Oznaka: D1 - dionica ceste
Oznaka: - točka razdiobe ceste
Oznaka: - postojeća prometnica

Slika 2.2. Prikaz pozicija vjetrenjača i dionica pristupne ceste

3. Opis aktivnosti

Tablica 3.1. Sumarni prikaz svih aktivnosti

VRSTA RADOVA	AKTIVNOST	OPIS AKTIVNOSTI	POTREBNI STROJEVI
PRIPREMNI RADOVI	**IZGRADNJA PRISTUPNE CESTE**	ČIŠĆENJE TERENA	DOZER
		NABIJANJE TLA	VALJAK
ZEMLJANI RADOVI	**ISKOP TEMELJNIH JAMA**	ISKOP U TVRDOM TLU	HIDRAULIČNI ČEKIĆ
			JARUŽALO
		UTOVAR I ODVOZ MATERIJALA NA DEPONIJ	JARUŽALO
			KAMION KIPER
BETONSKI RADOVI	**BETONIRANJE TEMELJA VJETRENJAČA**	DOVOZ BETONA	AUTOMIJEŠALICA
		BETONIRANJE	AUTOMIJEŠALICA
			PUMPA ZA BETON

U tablici 3.1. su sažete aktivnosti koje se izvode, a detaljnije su opisane u nastavku ovoga dijela skupa sa strojevima koji su potrebni za njihovo izvođenje.

3.1. Izgradnja pristupne ceste

3.1.1. Opći podatci

Pristupna cesta se izvodi kako bi se cijeli proces građenja odvijao neometano. Pristupna cesta je važna zbog dolaska građevinskih strojeva na mjesto izvođenja radova, odvoza iskopanog materijala na deponij, transporta betona do mjesta ugradnje, transporta montažnih dijelova vjetrenjača itd.
Ispitivanjem je utvrđeno da je tlo ispod pristupne ceste vrlo dobre nosivosti i nije potrebna posebna stabilizacija tla.

3.1.2. Izbor strojeva za izgradnju pristupne ceste

Potrebni strojevi za izgradnju pristupne ceste prikazani su u tablici 3.2. , a opis i karakteristike strojeva obrađeni su u nastavku.

Tablica 3.2. Strojevi za izgradnju pristupne ceste

IZGRADNJA PRISTUPNE CESTE	**DOZER**
	VALJAK

DOZER

Dozer (engl. bulldozer) je građevinski stroj za iskop zemljanog materijala u slojevima guranjem i premještanjem na određenu udaljenost, za razastiranje i grubo planiranje. Temeljni je dio stroja traktor s gusjenicama ili gumenim kotačima koji sprijeda ima nož sa sječivom, a otraga trnove (rijače). [2]

Prema položaju noža i njegovu obliku razlikuju se:

- buldožer (buldozer), stroj kojemu je nož čvrsto vezan za okvir i pomiče se okomito, tako da služi za iskop tla u slojevima i njegovo premještanje prema naprijed; rijači služe za razrahljivanje tla kako bi se lakše obavio iskop;
- anglozer, stroj kojemu se nož može zaokretati oko okomite osi i tako bočno gurati iskopani materijal; pogodan je za iskope u zasjeku;
- tildozer, stroj kojemu se nož zaokreće oko okomite i vodoravne osi, tako da može obavljati sve vrste radova guranjem; pogodan je za iskope u tvrdim zemljanim materijalima. [2]

Za čišćenje terena pri izgradnji pristupne ceste odabran je buldozer CAT D6T koji je prikazan na slici 3.1. sa pripadajućim karakteristikama prikazanim u tablici 3.3.



Slika 3.1. Buldozer Cat D6T
[Izvor: https://www.cat.com/en_US/products/new/equipment/dozers/medium-dozers/1000028472.html]

Tablica 3.3. Karakteristike buldozera CAT D6T

Neto snaga	**161 kW**
Visina noža	**1407 mm**
Širina noža	**3562 mm**
Kapacitet noža	**3.5 m³**

VALJAK

Valjak (engl. roller) je građevinski stroj za zbijanje tla, kamenoga materijala, ili materijala stabiliziranih nekim vezivom (krupnozrnatih betona, asfaltnih mješavina). Zbijanjem se skraćuje vrijeme slijeganja, te povećava nosivost nasutih slojeva ili prirodnoga tla, npr. cestovnoga zastora, nasipa, nasutih brana i sl. [3]
Valjak može biti vučeni ili samokretni, imati jedan, dva ili više glatkih čeličnih cilindara (cestovni valjak), nazubljenih cilindara (jež), ili nizova pneumatika, odnosno imati pneumatike s navučenim nazubljenim plaštevima (kompaktor). Zbijanje se provodi samo kretanjem valjka (valjanjem), ili uz vibriranje, kada se predviđena zbijenost postiže regulacijom amplitude (odskoka) valjka, broja vibracija i broja prijelaza. [3]

Na slici 3.2. prikazana je podjela valjaka ovisno o materijalu koji se zbija. Valjak koji zadovoljava potrebe izgradnje pristupne ceste (u ovom slučaju) spada u četvrtu kategoriju – (vibro) glatki.
Na slici 3.3. prikazan je odabrani valjak sa svojim karakteristikama koje su navedene u tablici 3.4.

Vrsta gradiva / stroj	Organski materijal (humus)	Sitnizrni zemljani materijali (tla)			Pijesci – prirodni i drobljeni			sipine – šljunci – drobljenci – (dobro minirana stijena)		
		prašina	glina	kredna tla	glinoviti pjesci	čisti loše graduirani pijesci	čisti dobro graduirani pijesci	loše graduirani šljunci ili ostali	dobro graduirani šljunci ili ostali	vrlo krupni komadi šljunaka ili ostalo
1. statički glatki valjak		moguća uporaba za svakodnevno zatvaranje i glađenje nakon glavnog zbijanja				ne-učinkovit	nikako ili slabo učinkovit	razmjerno učinkovit	nikako ili slabo učinkovit	ne-učinkovit
2. valjak-(vibro) jež	moguća uporaba	dobro prilagođen i učinkovit		razmjerno ili slabo učinkoviti	prilagđen, razmjerno učinkovit	neučinkovit odnosno neuporabljiv		slabo učinkovit	slabo prilagodljiv	ne-uporabljiv
3. valjak-gumenjak	moguća uporaba	vrlo uporabljiv odnosno dobro prilagodljiv				razmjerno učinkovit	dobro prilagodljiv			ne-učinkovit
4. valjak-(vibro) glatki		moguća uporaba za svakodnevno zatvaranje i glađenje nakon glavnog zbijanja				dobro do prilično dobro prilagodljiv		razmjerno učinkovit	dobro prilagodljiv	kad je težak vrlo je učinkovit
5. vibro-ploča		izbjegavati uporabu			moguća uporaba	dobro do prilično dobro prilagodljiva		razmjerno učinkovita	dobro prilagodljiva	teška vrlo učinkovita
6. skakav. (žaba) (udar)		moguća uporaba		izbjegavati uporabu	moguća uporaba	ne-učinkovit	prilično dobro prilagodljiv	slabo prilagodljiv	prilično prilagodljiv	



Slika 3.2. Odabir vrste valjka ovisno o materijalu koji se zbija
[Izvor: https://www.grad.unizg.hr/_download/repository/d-izborgradevinskihstrojeva.pdf]



Slika 3.3. Valjak HAMM H 11i
[Izvor: http://www.rotech.hr/144/novi-valjak-hamm-h-11i-isporucen-tvrtki-vodogradnja-rijeka-doo.html]

Tablica 3.4. Karakteristike stroja HAMM H 11i

Radna težina	**11 535 kg**
Snaga	**105 kW**
Širina	**2140 mm**

3.2. Iskop temeljnih jama i odvoz materijala na deponij

3.2.1. Opći podatci

Georadarskim snimanjem ispod pozicije temelja utvrđeno je da se tlo sastoji od kamenog materijala (klasa materijala VI.; kategorija tla A). Na temelju tih podataka izabrana je potrebna mehanizacija za iskop temeljnih jama. Podjela tla prema kategorijama i klasi materijala prikazana je na slici 3.4.
Iskopani materijal se odvozi na deponij koji je udaljen 2 km od gradilišta.

klasa materijala	kategorija	opis	povećanje volumena	prepoznavanje
I.	C	pjeskoviti površinski slojevi tla humunizirano tlo s korijenjem trave kotlovska šljaka zemlja nasuta bez zbijanja nasipi humuniziranog zemljanog materijala	1,15	- može se kopati lopatom bez pomoći noge - iskop u zasjeku stoji pod kutem od 45°
II.				
III.		humunizirani slojevi tla s korijenjem šiblja zemlja s pijeskom stabilizirani zemljani nasipi mehanički ili eksplozivom razorena tla viših kategorija zemlja s do 30% kamena do 90 mm promjera	1,25	- može se kopati lopatom uz pomoć noge - iskop u zasjeku stoji pod kutem od 70°
IV.	B	tvrdo zbijena isušena zemlja zemljani materijal s 30% do 50% kamena od 100 do 200 mm promjera trošni i raspucali kameni materijali laporovita suha tla očvrsle žbuke i asfalti tla s korijenjem visokog drveća	1,35	- ručno se može kopati pomoću pijuka i lopate - strojno se može kopati tek nakon djelomičnog razaranja i rastresanja mehaničkim čekićem ili eksplozivom - u zasjeku stoji pod kutem od 80° do 90°
V.		tla s 50% do 70% nevezanog kamena go 500 mm promjera raspucale stijene sa zemljanim materijalom tvrdi lapor čvrsti beton MB 20	1,50	- ručno se može razarati pomoću klina i teškog čekića - strojno se može kopati tek nakon razaranja i rastresanja mehaničkim čekićem ili eksplozivom - u zasjeku stoji pod kutem od 90°
VI.	A	puni, jedri, neispucani kameni materijali beton čvrstoće do MB 30 površinski slojevi smrznute zemlje	1,60	- ne može se kopati pomoću ručnih alata - strojno se može kopati tek nakon razaranja i rastresanja mehaničkim čekićem ili eksplozivom
VII.		eruptivne stijene mulj – mješavina vode, zemlje i kamena tekuće ili plastične konzistencije s kamenom promjera do 300 mm	1,60	- ne može se kopati i razarati pomoću ručnih alata - strojno se može kopati tek nakon razaranja i rastresanja mehaničkim čekićem ili eksplozivom - mulj se zbog krupnih komada kamena ili ljepljivosti ne može kopati i vaditi pumpama

Slika 3.4. Kategorizacija tla prema načinu iskopa
[Izvor: http://www.gfos.unios.hr/portal/images/stories/studij/strucni/tehnologija-i-strojevi-za-gradjenje/tehgra.pdf]

3.2.2. Izbor strojeva za iskope temeljnih jama i odvoz iskopanog materijala na deponij

Potrebni strojevi za iskop temeljnih jama vjetrenjača i odvoz materijala prikazani su u tablici 3.5. , a opis i karakteristike strojeva obrađeni su u nastavku.

Tablica 3.5. Strojevi za iskop temeljnih jama i odvoz materijala na deponij

ISKOP TEMELJNIH JAMA (sa odvozom materijala na deponij)	**HIDRAULIČNI ČEKIĆ**
	JARUŽALO SA DUBINSKOM LOPATOM
	KAMION KIPER

HIDRAULIČNI ČEKIĆ

Hidraulični čekić (engl. hydraulic hammer) je uređaj koji se montira na jaružala sa hidrauličnim pogonom.
Osnovna funkcija hidrauličnog čekića je koncentrirati veliku udarnu energiju u relativno malom i što lakšem mehanizmu u svrhu razbijanja tvrdih stijena. [4]

Na slici 3.5. prikazan je odabrani Bat hidraulični čekić, a njegove karakteristike se nalaze u tablici 3.6.



Slika 3.5. Bat hidraulični čekić
[Izvor: http://www.balavto.com.hr/prodajni-program/hidraulicni-cekici/srednji]

Tablica 3.6. Karakteristike Bat hidrauličnog čekića

Model	**BAT 360**
Težina	**2700 kg**
Snaga udarca	**10897 J**
Broj udaraca/minuti	**270 – 470 bpm**
Težina jaružala	**38-42 t**
Učinak	**10 m³/h**

JARUŽALO SA DUBINSKOM LOPATOM

Jaružalo (engl. dredge) je građevinski stroj koji se koristi za iskope, prebacivanje i utovar različitih vrsta materijala. To su također univerzalni građevinski strojevi koji se rabe kao radna podvozja i strojevi za pogon ostale tehnološke opreme za potrebe gradnje. [5]

Za potrebe iskopa temeljnih jama vjetrenjača odabrano je jaružalo Hidromek 370 LC prikazano na slici 3.6. sa karakteristikama navedenim u tablici 3.7.



Slika 3.6. Hidromek 370 LC Jaružalo sa dubinskom lopatom
[Izvor: http://www.2ab.pt/data/documents/HMK370LC_HD.pdf]

Tablica 3.7. Karakteristike jaružala Hidromek 370 LC

Maksimalna snaga	**199,32 kW**
Kapacitet lopate	**2,0 m³**
Maksimalna brzina vožnje	**4,7 km/h**
Radna težina	**38 350 kg**

KAMION KIPER

Kamion kiper (engl. tipper truck, tipping lorry) je cestovno motorno vozilo koje služi prijevozu tereta. Opremljen je uređajem za samoistovar teretnoga sanduka iskretanjem (“kiper“). [6]

Odabrani kamion kiper koji je potreban kod iskopa temeljnih jama prikazan je na slici 3.7. a njegove karakteristike su nabrojane u tablici 3.8.



Slika 3.7. Kamion kiper Mercedes Benz Actros 4141
[Izvor: https://www.njuskalo.hr/kamioni-kiperi/mercedes-benz-actros-4141-kiper-503-oglas-2160500]

Tablica 3.8. Karakteristike kamiona kipera MERCEDES BENZ ACTROS 4141

Nosivost	**25220 kg**
Snaga motora	**300 kW**
Zapremnina koša	**16,8 m³**
Maksimalna brzina punog kamiona	**40 km/h**
Maksimalna brzina praznog kamiona	**60 km/h**

3.3. Dovoz betona i betoniranje temelja

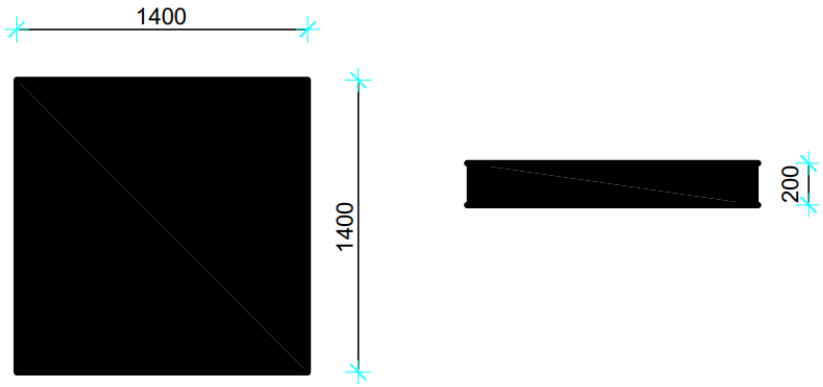
3.3.1. Opći podatci

Veliku pažnju prilikom izvođenja radova treba posvetiti gravitacijskim temeljima koji se izvode bez korištenja oplate, odnosno direktnim lijevanjem betona u građevinsku jamu čime se postiže direktna veza između betona i stijene. Betoniranje temelja se izvodi u jednoj operaciji bez prekida (da bi se izbjegle „hladne spojnice“ koje mogu nastati prilikom betoniranja u slojevima). Betonira se sa tri vrste betona (tablica 3.9.), ukupnog volumena betona 2744 m³. Osim samoga načina betoniranja, vrlo važna je njega i zaštita betona u ranom razdoblju nakon ugradnje kako bi se skupljanje betona svelo na minimum te postigla dovoljna površinska čvrstoća i trajnost temelja. [7]

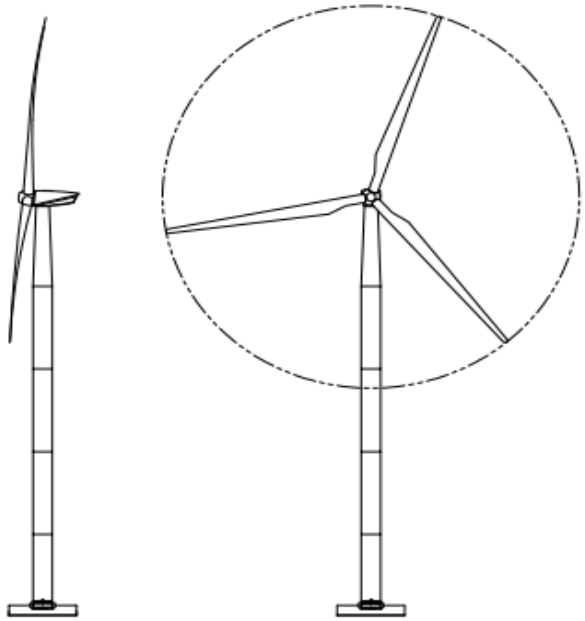
Tablica 3.9. Vrste betona koje se koriste za betoniranje temelja vjetrenjača [7]

C 45/55	Jezgra temelja
C 30/37; XF4	Vrh temelja
C 30/37	Ispuna oko jezgre

Oblik temelja je kvadratičan, tlocrtne površine 14 m x 14 m i visine temelja od 2 m.
Dimenzije temelja prikazane su na slici 3.8., a veličina temelja u odnosu na visinu vjetrenjače shematski je prikazana na slici 3.9. Volumen temelja (betona) za jednu vjetrenjaču iznosi 392 m³. Betonara koja je udaljena 5 km od gradilišta proizvodi beton tražene kvalitete.



Slika 3.8. Dimenzije temelja vjetrenjače (cm)



Slika 3.9. Prikaz veličine temelja u odnosu na ukupnu visinu konstrukcije

3.3.2. Izbor strojeva za dovoz betona i betoniranje temelja

Potrebni strojevi za dovoz betona i betoniranje temeljnih jama vjetrenjača prikazani su u tablici 3.10., a opis i karakteristike strojeva obrađeni su u nastavku.

Tablica 3.10. Strojevi za dovoz betona i betoniranje temelja

DOVOZ BETONA I BETONIRANJE TEMELJA VJETRENJAČA	**AUTOMIJEŠALICA**
	PUMPA ZA BETON

AUTOMIJEŠALICA

Automiješalica, pretovarni silos za beton (engl. truck mixer, transit mixer), je tipično građevinsko transportno sredstvo za autoprijevoz svježeg betona između tvornica betona i gradilišta. [8]
Na slici 3.10. prikazana je odabrana automiješalica za transport betona od betonare do gradilišta, a njene karakteristike nalaze se u tablici 3.11.



Slika 3.10. Automiješalica Scania R420 Stetter
[Izvor: https://www.njuskalo.hr/kamioni-mikseri/scania-r420-stetter-9m3-oglas-25368729]

Tablica 3.11. Karakteristike automiješalice Scania R420 Stetter

Snaga motora	**310 kW**
Radni obujam	**1234 cm³**
Zapremnina	**9 m³**
Maksimalna brzina punog vozila	**35 km/h**
Maksimalna brzina praznog vozila	**60 km/h**

PUMPA ZA BETON

Betonske pumpe (engl. concrete pump) mogu biti stabilne ili pokretne na vozilu. Betonska pumpa na vozilu ima sklopivu teleskopsku ruku što joj omogućuje fleksibilnu ugradnju betona na raznim mjestima na objektu, u horizontalnom smjeru, u visinu i dubinu. [9]

Na slici 3.11. te u tablici 3.12. prikazana je odabrana betonska pumpa i njezine karakteristike.



Slika 3.11. Pumpa za beton Mercedes-Benz Actros 2641
[Izvor: https://autoline.hr/-/pumpe-za-beton/MERCEDES-BENZ-Actros-2641-Putzmeister-36m-German-pump--18050917194357469400]

Tablica 3.12. Karakteristike pumpe za beton Mercedes-Benz Actros 2641

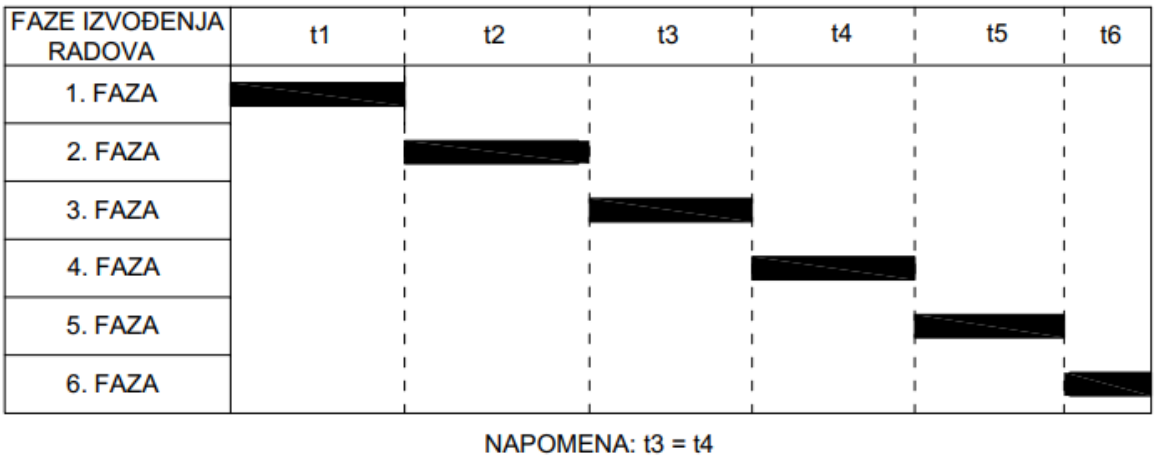
Visina podizanja betona	**36 m**
Snaga motora	**301 kW**
Učinak pumpe	**160 m³/h**

4. Faze izvođenja radova

Ukupni radovi su podijeljeni na šest faza koje se vremenski nastavljaju jedna na drugu, odnosno svaka sljedeća faza ne počinje prije nego se prethodna završi. Aktivnosti unutar svake faze počinju istovremeno, a prikazane su na slici 4.1. Podjela posla na faze omogućava uštedu novca i vremena potrebnog za izvođenje radova. Svaka od faza ima različito vrijeme trajanja (t) kao što je prikazano na slici 4.2. Faze (aktivnosti) su detaljnije opisane u nastavku ovog dijela.



Slika 4.1. Prikaz faza radova i aktivnosti unutar faza



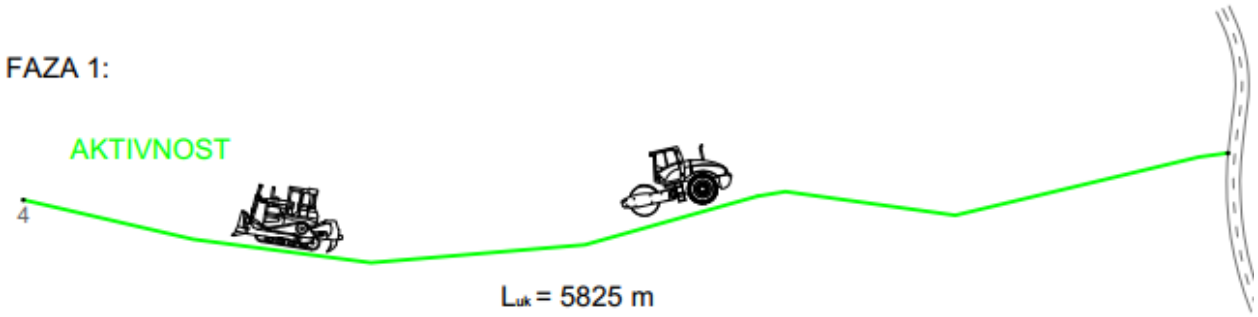
Slika 4.2. Prikaz vremenskoga slijeda faza radova

4.1. Prva faza radova

U prvu fazu radova spada aktivnost izgradnje i stabilizacije pristupne ceste od glavne prometnice do odabrane pozicije za četvrtu vjetrenjaču (slika 4.3.). Ukupna duljina pristupne ceste koja se gradi u ovoj fazi iznosi 5825 m. Cesta se izvodi u širini 6 m, a debljina sloja koji se skida je 0.20 m. Ukupna količina radova za ovu aktivnost iznosi 6990 m³.
Strojevi koji su potrebni u prvoj fazi radova navedeni su u tablici 4.1., a shematski su prikazani i na slici 4.3.

Tablica 4.1. Prikaz aktivnosti i potrebnih strojeva u prvoj fazi radova

1. FAZA	**AKTIVNOST:** IZGRADNJA PRISTUPNE CESTE	BULDOZER
		VALJAK



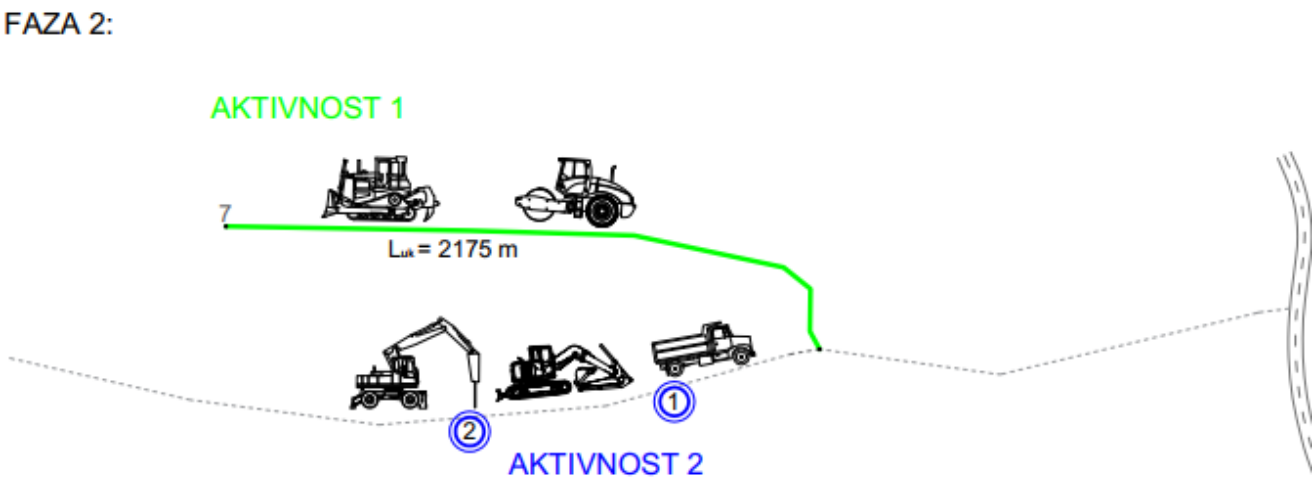
Slika 4.3. Shematski prikaz prve faze radova

4.2. Druga faza radova

Nakon završetka prve faze kreće druga faza radova u kojoj se izvode aktivnosti iskopa temeljnih jama za prvu i drugu vjetrenjaču (ukupnog volumena iskopa 784 m³) te nastavak izgradnje pristupne ceste od točke razdiobe ceste do pozicije sedme vjetrenjače. Ukupna duljina ceste koja se gradi u ovoj fazi je 2175 m, širine 6 m i debljine sloja koji se skida od 0.20 m. Ukupna količina radova za aktivnost izgradnje ceste iznosi 2610 m³. Aktivnosti i strojevi koji se koriste u ovoj fazi prikazani su na slici 4.4. i u tablici 4.2. Obe aktivnosti kreću istovremeno.

Tablica 4.2. Prikaz aktivnosti i potrebnih strojeva u drugoj fazi radova

2. FAZA	**AKTIVNOST 1:** IZGRADNJA PRISTUPNE CESTE	BULDOZER
		VALJAK
	AKTIVNOST 2: ISKOP TEMELJNIH JAMA	HIDRAULIČNI ČEKIĆ
		JARUŽALO SA DUBINSKOM LOPATOM
		KAMION KIPER



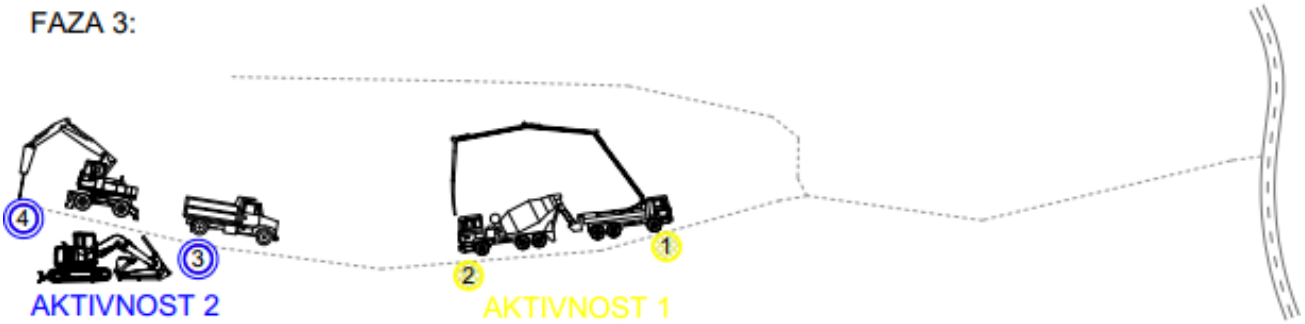
Slika 4.4. Shematski prikaz druge faze radova

4.3. Treća faza radova

Nakon završetka druge faze kreće treća faza radova u kojoj se izvode aktivnosti dovoza betona i betoniranja temelja prve i druge vjetrenjače (potrebni volumen betona 784 m³) te iskop temeljnih jama za treću i četvrtu vjetrenjaču (ukupni volumen iskopa iznosi 784 m³). Aktivnosti i strojevi koji se koriste u ovoj fazi prikazani su na slici 4.5. i tablici 4.3. Obe aktivnosti kreću istovremeno.

Tablica 4.3. Prikaz aktivnosti i potrebnih strojeva u trećoj fazi radova

3. FAZA	**AKTIVNOST 1:** DOVOZ BETONA I BETONIRANJE	AUTOMIJEŠALICA
		PUMPA ZA BETON
	AKTIVNOST 2: ISKOP TEMELJNIH JAMA	HIDRAULIČNI ČEKIĆ
		JARUŽALO SA DUBINSKOM LOPATOM
		KAMION KIPER



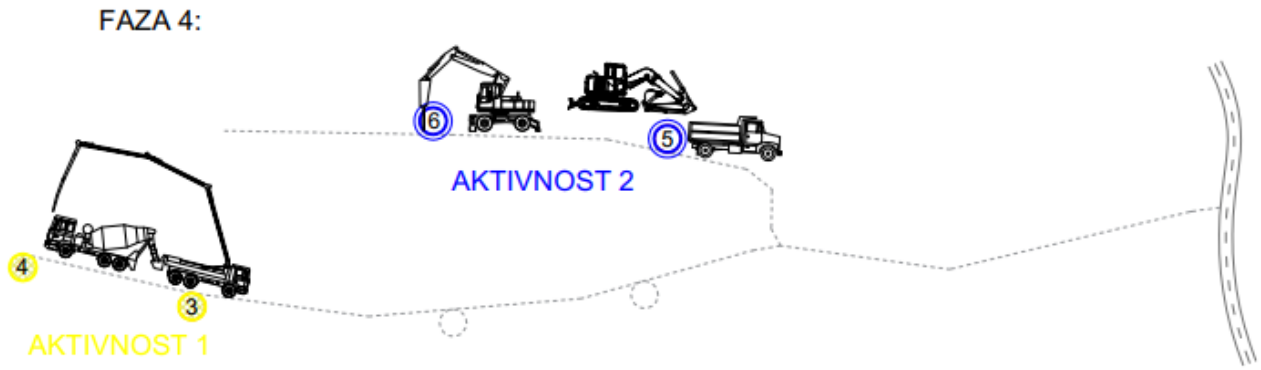
Slika 4.5. Shematski prikaz treće faze radova

4.4. Četvrta faza radova

Nakon završetka treće kreće četvrta faza radova u kojoj se izvode aktivnosti dovoza betona i betoniranja temelja treće i četvrte vjetrenjače (potrebni volumen betona 784 m³) te iskop temeljnih jama za petu i šestu vjetrenjaču (ukupni volumen iskopa iznosi 784 m³). Aktivnosti i strojevi koji se koriste u ovoj fazi prikazani su na slici 4.6. i tablici 4.4. Obe aktivnosti kreću istovremeno.

Tablica 4.4. Prikaz aktivnosti i potrebnih strojeva u četvrtoj fazi radova

4. FAZA	**AKTIVNOST 1:** DOVOZ BETONA I BETONIRANJE	AUTOMIJEŠALICA
		PUMPA ZA BETON
	AKTIVNOST 2: ISKOP TEMELJNIH JAMA	HIDRAULIČNI ČEKIĆ
		JARUŽALO SA DUBINSKOM LOPATOM
		KAMION KIPER



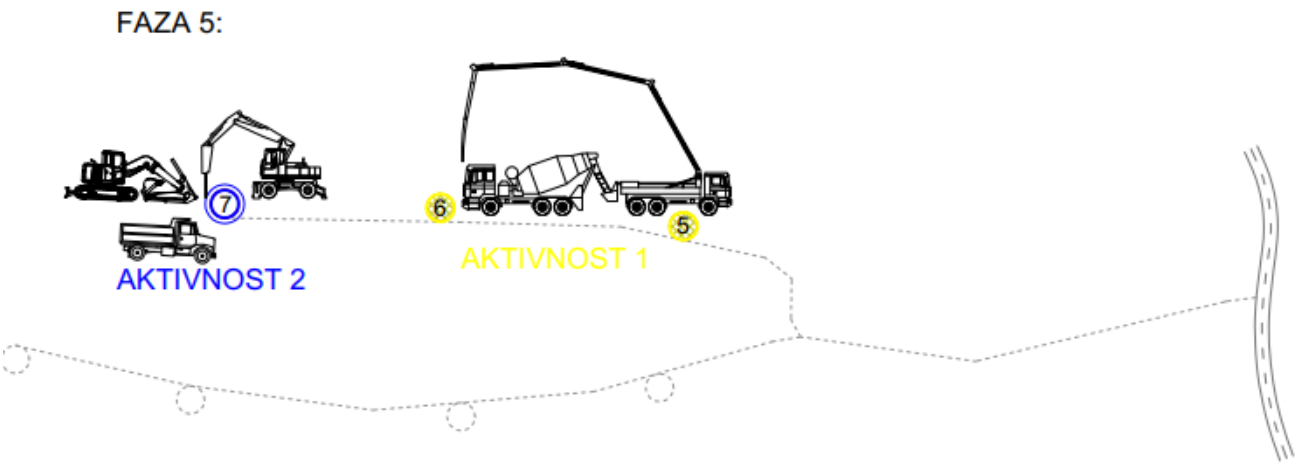
Slika 4.6. Shematski prikaz četvrte faze radova

4.5. Peta faza radova

Nakon završetka četvrte kreće peta faza radova u kojoj se izvode aktivnosti dovoza betona i betoniranja temelja pete i šeste vjetrenjače (potrebni volumen betona 784 m³) te iskop temeljne jame za sedmu vjetrenjaču (ukupni volumen iskopa iznosi 392 m³). Aktivnosti i strojevi koji se koriste u ovoj fazi prikazani su na slici 4.7. i tablici 4.5. Obe aktivnosti kreću istovremeno.

Tablica 4.5. Prikaz aktivnosti i potrebnih strojeva u petoj fazi radova

5. FAZA	**AKTIVNOST 1:** DOVOZ BETONA I BETONIRANJE	AUTOMIJEŠALICA
		PUMPA ZA BETON
	AKTIVNOST 2: ISKOP TEMELJNE JAME	HIDRAULIČNI ČEKIĆ
		JARUŽALO SA DUBINSKOM LOPATOM
		KAMION KIPER



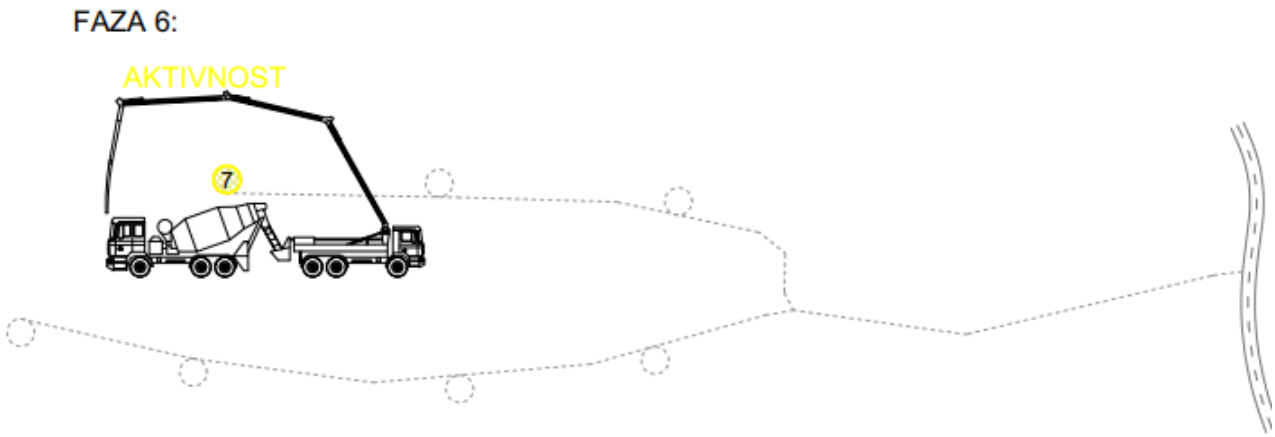
Slika 4.7. Shematski prikaz pete faze radova

4.6. Šesta faza radova

Nakon završetka pete kreće šesta faza radova u kojoj se izvodi aktivnost dovoza betona i betoniranja temelja sedme vjetrenjače (potrebni volumen betona 392 m³). Aktivnosti i strojevi koji se koriste u ovoj fazi prikazani su na slici 4.8. i u tablici 4.6.

Tablica 4.6. Prikaz aktivnosti i potrebnih strojeva u šestoj fazi radova

6. FAZA	**AKTIVNOST:** DOVOZ BETONA I BETONIRANJE	AUTOMIJEŠALICA
		PUMPA ZA BETON



Slika 4.8. Shematski prikaz šeste faze radova

5. Usklađivanje rada strojeva

Da bi se projekt izgradnje vjetrenjača mogao uspješno izvršiti potrebno je uskladiti rad strojeva po aktivnostima. Aktivnosti se usklađuju sa ciljem da se prazan hod svede na minimum.
Kako se u više faza ponavljaju jednake aktivnosti po opsegu posla i vrsti strojeva potrebno je napraviti sveukupno 6 usklađivanja koja su prikazana u tablici 5.1., a u nastavku ovoga dijela i detaljnije obrađena.

Tablica 5.1. Prikaz aktivnosti za koje je potrebno napraviti usklađivanje rada strojeva

AKTIVNOST	FAZA KOJOJ AKTIVNOST PRIPADA	KOLIČINA RADOVA (m^3)	STROJEVI
5.1. IZGRADNJA PRISTUPNE CESTE	1. FAZA	6990	**BULDOZER + VALJAK**
	2. FAZA	2610	**BULDOZER + VALJAK**
5.2. ISKOP TEMELJNIH JAMA I ODVOZ MATERIJALA NA DEPONIJ	2. FAZA 3. FAZA 4. FAZA	784	**HIDRAULIČNI ČEKIĆ + JARUŽALO SA DUBINSKOM LOPATOM + KAMION KIPER**
	5 FAZA	392	**HIDRAULIČNI ČEKIĆ + JARUŽALO SA DUBINSKOM LOPATOM + KAMION KIPER**
5.3. DOVOZ BETONA I BETONIRANJE TEMELJA	3. FAZA 4. FAZA 5. FAZA	784	**AUTOMIJEŠALICA + PUMPA ZA BETON**
	6. FAZA	392	**AUTOMIJEŠALICA + PUMPA ZA BETON**

5.1. Izgradnja pristupne ceste

U ovoj aktivnosti je potrebno uskladiti rad buldozera i valjka.

5.1.1. Usklađivanje rada strojeva za izgradnju pristupne ceste duljine 5825 m (ukupna količina radova Q = 6990 m³)

Buldozer (Slika 3.1.):

- K_r (koeficijent rastresitosti tla) = 0,70
- Kv (koeficijent iskorištenosti radnog vremena) = 0,80
- K_d (koeficijent zastarjelosti) = 1,0
- d (udaljenost do deponija na koji se odvozi materijal) = 2000 m
- q (volumen lopate buldozera) = 3,5 m³
- T_i (vrijeme potrebno za iskop) = 55 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

Ciklus: $T_c = T_i+T_{tr}+T_{pov}+T_o=55+25+15+5 = 100$ s

Teorijski učinak: Ut = 3600*q/Tc = 3600*3,5/100 = 126 m³/h

Planski učinak: Up = Ut*Kr*Kv*Kd= 126*0,70*0,80*1,0 = 70,56 m³/h

Vrijeme potrebno jednom buldozeru da odradi dionicu:
T = Q/Up = 6990/70,56 = 99,06 h ≈ 12 dana

Valjak (Slika 3.3.):

- v (brzina kretanja valjka) = 5 000 m/h
- d (debljina sloja) = 0,20 m
- b (radna širina valjka) = 2,14 m
- n (broj prijelaza valjka) = 4
- š (širina prijelaza) = 1 m
- K_d (koeficijent dotrajalosti stroja) = 1,0
- Kv (koeficijent iskorištenosti radnog vremena) = 0,90

Teorijski učinak: Ut = ((v*d*b)/n) = ((5000*0,2*(2,14 – 1,0))/4) = 285 m³/h

Planski učinak: Up = Ut*K_v*K_d = 285*0,90*1,0 = 256,5 m³/h

Vrijeme potrebno jednom valjku da odradi dionicu:
$T = Q/Up = 6990/256,5 = 27,25\ h \approx 4$ dana

Zaključak: Za izvođenje aktivnosti izgradnje pristupne ceste duljine 5825 m zaključeno je da su potrebna **3 buldozera i 1 valjak** kako bi se ostvario najbolji učinak iskoristivosti radnog vremena i strojeva, uz ispunjavanje svih ugovornih obveza.

5.1.2. Usklađivanje rada strojeva za izgradnju pristupne ceste duljine 2175 m (ukupna količina radova Q = 2610 m³)

Buldozer (Slika 3.1.):

- K_r (koeficijent rastresitosti tla) = 0,70
- Kv (koeficijent iskorištenosti radnog vremena) = 0,80
- K_d (koeficijent zastarjelosti) = 1,0
- d (udaljenost do deponija na koji se odvozi materijal) = 2000 m
- q (volumen lopate buldozera) = 3,5 m³
- T_i (vrijeme potrebno za iskop) = 55 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

Ciklus: $T_c = T_i+T_{tr}+T_{pov}+T_o=55+25+15+5 = 100$ s

Teorijski učinak: $Ut = 3600*q/Tc = 3600*3,5/100 = 126$ m³/h

Planski učinak: $Up = Ut*Kr*Kv*Kd= 126*0,70*0,80*1,0 = 70,56$ m³/h

Vrijeme potrebno jednom buldozeru da odradi dionicu:
$T = Q/Up = 2610/70,56 = 36,99$ h ≈ 5 dana

Valjak (Slika 3.3.):

- v (brzina kretanja valjka) = 5 000 m/h
- d (debljina sloja) = 0,20 m
- b (radna širina valjka) = 2,14 m
- n (broj prijelaza valjka) = 4
- š (širina prijelaza) = 1 m
- K_d (koeficijent dotrajalosti stroja) = 1,0
- Kv (koeficijent iskorištenosti radnog vremena) = 0,90

Teorijski učinak: $Ut = ((v*d*b)/n) = ((5000*0,2*(2,14 – 1,0))/4) = 285$ m³/h

Planski učinak: $Up = Ut*K_v*K_d = 798*0,90*1,0 = 256,5$ m³/h

Vrijeme potrebno jednom valjku da odradi dionicu: $T = Q/Up = 2610/256,5 = 10,18$ h ≈ 2 dana

Zaključak: Za izvođenje aktivnosti izgradnje pristupne ceste duljine 3960 m zaključeno je da su potrebna **2 buldozera i 1 valjak** kako bi se ostvario najbolji učinak iskoristivosti radnog vremena i strojeva, uz ispunjavanje svih ugovornih obveza.

5.2. Iskop temeljnih jama i odvoz materijala na deponij

U ovoj aktivnosti je potrebno uskladiti rad hidrauličnog čekića, jaružala sa dubinskom lopatom i kamiona kipera.

5.2.1. Usklađivanje rada strojeva za iskop temeljnih jama (ukupnog volumena Q=784 m³) i odvoz iskopanog materijala na deponij

Hidraulični čekić (Slika 3.5.):

- Upl (učinak hidrauličnog čekića) = 10 m³/h
- Q (volumen stijene za razbijanje) = 784 m³

Vrijeme potrebno jednom hidrauličnom čekiću za razaranje stijenske mase:
T = Q/Upl = 784/10 = 78,40 h ≈ 10 dana

Jaružalo sa dubinskom lopatom (Slika 3.6.):

- q (obujam lopate jaružala) = 2,0 m³
- T_c (vrijeme trajanja okretaja pri istovaru) = 40 s
- Kp (koeficijent punjenja) = 0,80
- Kz (koeficijent za kut zaokreta lopate) = 0,98
- Kr (koeficijent rastresitosti za stijene) = 0,70
- Kv (koeficijent iskorištenosti radnog vremena) = 0,80
- K_d (koeficijent zastarjelosti) = 1,0

Teorijski učinak: Ut = 3600*q/Tc = 3600*2,0/40 = 180 m³/h

Planski učinak: Up = Ut*Kp*Kz*Kr*Kv*Kd= 180*0,80*0,98*0,70*0,80*1,0 = 79,03 m³/h

Vrijeme potrebno jednom jaružalu da obavi iskop: T = Q/Up = 784/79,03 = 9,92 h ≈ 2 dana

Kamion kiper (Slika 3.7.):

- q (volumen koša) = 16,80 m³
- v_{pun} (brzina vožnje punog kamiona) = 40 km/h
- v_{prazan} (brzina vožnje praznog kamiona) = 60 km/h
- d (udaljenost deponija od gradilišta) = 2 km
- Kd (koeficijent zastarjelosti) = 0,90

$T_{(utovar)} = q/Up = 16,80/79,03 = 765$ s

$T_{(puna+prazna\ vožnja)} = d/v_{pun} + d/v_{pra} = 2/40 + 2/60 = 0,0833$ h $= 300$ s

$T_{(istovar\ i\ manevar)} = 145$ s

Ciklus : $T_c = T_{i+m} + T_u + T_v = 145+765+300 = 1210$ s

Planski učinak : $Up = q/T_c * K_d = 3600*(16,80/1210)*0,9 = 44,99$ m³/h

Izračun broja potrebnih kamiona za sinkroniziran rad sa jaružalom:

$N_{potrebnih\ kamiona} = T_c / T_{(utovar)} = 1210/765 = 1,58$ kamiona ≈ 2 kamiona

Vrijeme potrebno jednom kamionu za prijevoz materijala:

$T = Q_{(materijala)} / Up_{(jaružala)} = 784/79,03 = 9,92$ (sati) ≈ 2 radna dana

Zaključak: Za izvođenje aktivnosti iskopa temeljnih jama ukupne količine radova 784 m³ zaključeno je da su potrebna **3 hidraulična čekića, 1 jaružalo sa dubinskom lopatom i 2 kamiona kipera** kako bi se ostvario najbolji učinak iskoristivosti radnog vremena i strojeva, uz ispunjavanje svih ugovornih obveza.

5.2.2. Usklađivanje rada strojeva za iskop temeljne jame (ukupnog volumena Q=392 m³) i odvoz iskopanog materijala na deponij

Hidraulični čekić (Slika 3.5.):

- Upl (učinak hidrauličnog čekića) = 10 m³/h
- Q (volumen stijene za razbijanje) = 392 m³

Vrijeme potrebno jednom hidrauličnom čekiću za razaranje stijenske mase:
T = Q/Upl = 392/10 = 39,20 h ≈ 5 dana

Jaružalo sa dubinskom lopatom (Slika 3.6.):

- q (obujam lopate jaružala) = 2,0 m³
- T_c (vrijeme trajanja okretaja pri istovaru) = 40 s
- Kp (koeficijent punjenja) = 0,80
- Kz (koeficijent za kut zaokreta lopate) = 0,98
- Kr (koeficijent rastresitosti za stijene) = 0,70
- Kv (koeficijent iskorištenosti radnog vremena) = 0,80
- K_d (koeficijent zastarjelosti) = 1,0

Teorijski učinak: Ut = 3600*q/Tc = 3600*2,0/40 = 180 m³/h

Planski učinak: Up = Ut*Kp*Kz*Kr*Kv*Kd= 180*0,80*0,98*0,70*0,80*1,0 = 79,03 m³/h

Vrijeme potrebno jednom jaružalu da obavi iskop: T = Q/Up = 392/79,03 = 4,96 h ≈ 1 dan

Kamion kiper (Slika 3.7.):

- q (volumen koša) = 16,80 m³
- v_{pun} (brzina vožnje punog kamiona) = 40 km/h
- v_{prazan} (brzina vožnje praznog kamiona) = 60 km/h
- d (udaljenost deponija od gradilišta) = 2 km
- Kd (koeficijent zastarjelosti) = 0,90

$T_{(utovar)}$= q/Up = 16,80/79,03= 765 s

$T_{(puna+prazna\ vožnja)}$= $d/v_{pun} + d/v_{pra}$ = 2/40 + 2/60 =0,0833 h= 300 s

$T_{(istovar\ i\ manevar)}$ = 145 s

Ciklus : $T_c = T_{i+m} + T_u + T_v = 145+765+300= 1210$ s

Planski učinak : $Up= q/T_c*K_d=3600*(16,80/1210)*0,90 = 44,99$ m³/h

Izračun broja potrebnih kamiona za sinkroniziran rad sa jaružalom:

$N_{potrebnih\ kamiona}= T_c/ T_{(utovar)}= 1210/765 = 1,58$ kamiona ≈ 2 kamiona

Vrijeme potrebno za prijevoz materijala:

$T = Q_{(materijala)} / Up_{(jaružala)} = 392/79,03 = 4,96$ (sati) ≈ 1 radni dan

Zaključak: Za izvođenje aktivnosti iskopa temeljnih jama ukupne količine radova 392 m³ zaključeno je da su potrebna **2 hidraulična čekića, 1 jaružalo sa dubinskom lopatom i 2 kamiona kipera** kako bi se ostvario najbolji učinak iskoristivosti radnog vremena i strojeva, uz ispunjavanje svih ugovornih obveza.

5.3. Dovoz betona i betoniranje temelja

U ovoj aktivnosti je potrebno uskladiti rad automiješalice i pumpe za beton.

5.3.1. Usklađivanje rada strojeva za dovoz i betoniranje temelja (potrebna količina betona Q = 784 m³)

Pumpa za beton (Slika 3.11.):

- U_t (teorijski učinak pumpe) = 160 m³/h
- Kv (koeficijent iskorištenosti radnog vremena) = 0,80
- Proizvodni kapacitet betonare = 25 m³/h

Planski učinak: Up = Ut* Kv= 160*0,80 = 128,0 m³/h

Automiješalica (Slika 3.10.):

- $U_{betonare}$ (proizvodni kapacitet betonare) = 25 m³/h
- Q (zapremnina automiješalice) = 9 m³
- v_{pun} (brzina vožnje pune automiješalice) = 35 km/h
- v_{prazan} (brzina vožnje prazne automiješalice) = 60 km/h
- d (udaljenost betonare od gradilišta) = 5 km
- Kv (koeficijent iskorištenosti radnog vremena) = 0,95
- Kd (koeficijent zastarjelosti) = 0,90

T_u (vrijeme trajanja utovara) = $Q_{automiješaice}/U_{betonare}$ = 9/25 = 0,36 h = 1296 s
T_{m-b} (vrijeme manevra na betonari) = 90 s
T_{p+p} (vrijeme trajanja puta u oba smjera) = $d/v_{pun} + d/v_{pra}$ = (5/35 + 5/60) = 0,226 h = 815 s
T_{m-g} (vrijeme manevra na gradilištu) = 90 s
T_i (vrijeme trajanja istovara) = $Q_{automiješaice}/U_{crpke}$ = 9/128 = 0,070 h = 253 s
ΔT (rezervno vrijeme) = 360 s

Ciklus: $T_c = T_u+T_{m-b}+T_{p+p}+ T_{m-g}+ T_i+ \Delta T$ = 1296+90+815+90+253+360 = 2904 s

Teorijski učinak: Ut = 3600*q/Tc = 3600*9,0/2904 = 11,16 m³/h

Planski učinak: Up = Ut* Kv*Kd= 11,16*0,95*0,90 = 9,54 m³/h

Potreban broj automiješalica za sinkroniziran rad sa betonskom pumpom: $N = Tc/(Ti + \Delta T) = 2904/(253+360) = 4,74 \approx 5$ automiješalica

Vrijeme betoniranja (za jednu betonsku pumpu): $Q_{betona}/U_{crpke} = 784/128 = 6,13$ h ≈ 1 dan

Zaključak: Za izvođenje aktivnosti betoniranja temelja vjetrenjača ukupne količine radova 784 m³ zaključeno je da je potrebno **5 automiješalica i 1 pumpa za beton** kako bi se betoniranje temelja izvelo bez prekida betoniranja (glavna ugovorna obveza).

5.3.2. Usklađivanje rada strojeva za dovoz i betoniranje temelja (potrebna količina betona Q = 392 m³)

Pumpa za beton (Slika 3.11.):

- U_t (teorijski učinak pumpe) = 160 m³/h
- Kv (koeficijent iskorištenosti radnog vremena) = 0,80
- Proizvodni kapacitet betonare = 25 m³/h

Planski učinak: $U_p = U_t * K_v = 160*0,80 = 128,0$ m³/h

Automiješalica (Slika 3.10.):

- $U_{betonare}$ (proizvodni kapacitet betonare) = 25 m³/h
- Q (zapremnina automiješalice) = 9 m³
- v_{pun} (brzina vožnje pune automiješalice) = 35 km/h
- v_{prazan} (brzina vožnje prazne automiješalice) = 60 km/h
- d (udaljenost betonare od gradilišta) = 5 km
- Kv (koeficijent iskorištenosti radnog vremena) = 0,95
- K_d (koeficijent zastarjelosti) = 0,90

T_u (vrijeme trajanja utovara) = $Q_{automiješaice}/U_{betonare}$ = 9/25 = 0,36 h = 1296 s
T_{m-b} (vrijeme manevra na betonari) = 90 s
T_{p+p} (vrijeme trajanja puta u oba smjera) = $d/v_{pun} + d/v_{pra}$ = (5/35 + 5/60) = 0,226 h = 815 s
T_{m-g} (vrijeme manevra na gradilištu) = 90 s
T_i (vrijeme trajanja istovara) = $Q_{automiješaice}/U_{crpke}$ = 9/128 = 0,070 h = 253 s
ΔT (rezervno vrijeme) = 360 s

Ciklus: $T_c = T_u+T_{m-b}+T_{p+p}+ T_{m-g}+ T_i+ \Delta T = 1296+90+815+90+253+360 = 2904$ s

Teorijski učinak: $U_t = 3600*q/T_c = 3600*9,0/2904 = 11,16$ m³/h

Planski učinak: $U_p = U_t * K_v*K_d = 11,16*0,95*0,90 = 9,54$ m³/h

Potreban broj automiješalica za sinkroniziran rad sa betonskom pumpom: $N = Tc/(Ti + \Delta T) = 2904/(253+360) = 4,74 \approx 5$ automiješalica

Vrijeme betoniranja (za jednu betonsku pumpu): $Q_{betona}/U_{crpke} = 392/128 = 3,06$ h ≈ 1 dan

Zaključak: Za izvođenje aktivnosti betoniranja temelja vjetrenjače ukupne količine radova 392 m³ zaključeno je da je potrebno **5 automiješalica i 1 pumpa za beton** kako bi se betoniranje temelja izvelo bez prekida betoniranja (glavna ugovorna obveza).

6. Zaključak

Proračunom je dobiveno da su u prvoj fazi radova za izgradnju pristupne ceste potrebna 3 buldozera i 1 valjak. U drugoj fazi radova za izgradnju pristupne ceste potrebna su 2 buldozera i 1 valjak, a za iskope temeljnih jama 1. i 2. vjetrenjače te odvoz iskopanog materijala na deponij potrebna su 3 hidraulična čekića, 1 jaružalo sa dubinskom lopatom i 2 kamiona kipera.
U trećoj (i četvrtoj) fazi za iskope temeljnih jama 3. i 4. (odnosno 5. i 6.) vjetrenjače te odvoz iskopanog materijala na deponij potrebna su također 3 hidraulična čekića, 1 jaružalo sa dubinskom lopatom i 2 kamiona kipera, a za dovoz betona iz betonare i betoniranje temelja 1. i 2. (odnosno 3. i 4.) vjetrenjače koristi se 5 automiješalica i 1 pumpa za beton.
U petoj fazi za dovoz betona iz betonare i betoniranje temelja 5. i 6. vjetrenjače potrebno je također 5 automiješalica i 1 pumpa za beton, dok su za iskop temeljne jame 7. vjetrenjače i odvoz iskopanog materijala na deponij potrebna 2 hidraulična čekića, 1 jaružalo sa dubinskom lopatom i 2 kamiona kipera.
U šestoj fazi radova za dovoz betona iz betonare i betoniranje temelja 7. vjetrenjače potrebno je 5 automiješalica i 1 pumpa za beton. Sumaran prikaz svih strojeva po fazama je izveden u tablici 6.1.
Broj strojeva koji se koristi za pojedine aktivnosti odabran je tako da se zadovolje svi ekonomski i vremenski uvjeti gradnje te da se ispoštuju sve ugovorne obveze.

Tablica 6.1. Sumaran prikaz broja potrebnih strojeva po fazama radova

POTREBNI STROJEVI	1. FAZA	2. FAZA	3. FAZA	4. FAZA	5. FAZA	6. FAZA
BULDOZER	**3**	**2**				
VALJAK	**1**	**1**				
HIDRAULIČNI ČEKIĆ		**3**	**3**	**3**	**2**	
JARUŽALO SA DUBINSKOM LOPATOM		**1**	**1**	**1**	**1**	
KAMION KIPER		**2**	**2**	**2**	**2**	
AUTOMIJEŠALICA			**5**	**5**	**5**	**5**
PUMPA ZA BETON			**1**	**1**	**1**	**1**

7. Literatura

[1] https://hr.wikipedia.org/wiki/Vjetroelektrana

(zadnji pristup: lipanj 2018.)

[2] http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=16085

(zadnji pristup: srpanj 2018.)

[3] http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=63797

(zadnji pristup: srpanj 2018.)

[4] http://wtgrupa.com/ponuda/hidraulicni-cekici

(zadnji pristup: srpanj 2018.)

[5] http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=5232

(zadnji pristup: srpanj 2018.)

[6] http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=30103

(zadnji pristup: srpanj 2018.)

[7] http://www.gradimo.hr/clanak/vjetroelektrana-vratarusa-krivi-put-hrvatska/85212

(zadnji pristup: srpanj 2018.)

[8] http://www.gradnja.org/gradevinski-strojevi/leksikon-strojeva/350-automjealica.html

(zadnji pristup: srpanj 2018.)

[9] https://www.grad.unizg.hr/_download/repository/6_TGV_beton1.pdf

(zadnji pristup: srpanj 2018.)