

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:123:196139>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-26**



Repository / Repozitorij:

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



UNIVERSITY OF SPLIT



SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I
GEODEZIJE

ZAVRŠNI RAD

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

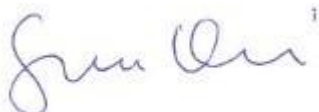
Tema: Izbor i usklađivanje rada strojeva za dio radova izgradnje vjetroelektrane

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

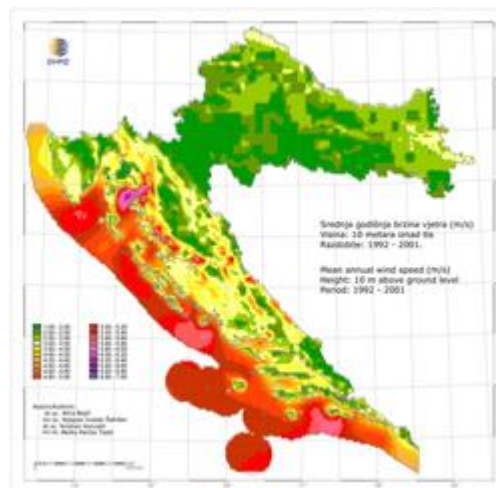
Sadržaj:

| | |
|---|----|
| 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. Dovož 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. Dovož 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]



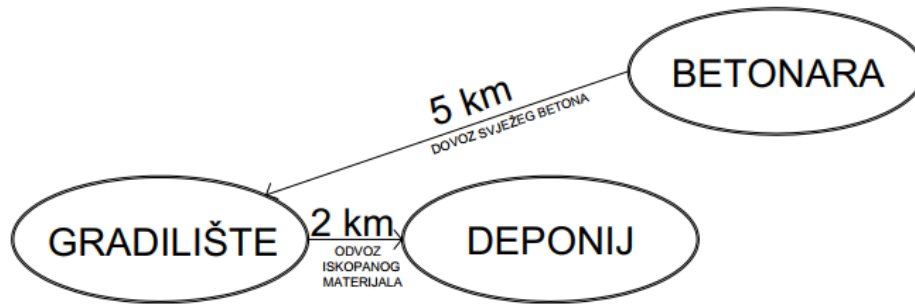
Slika 1.1. Atlas vjetra Hrvatske

[izvor: http://klima.hr/razno.php?id=priopcenja¶m=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.

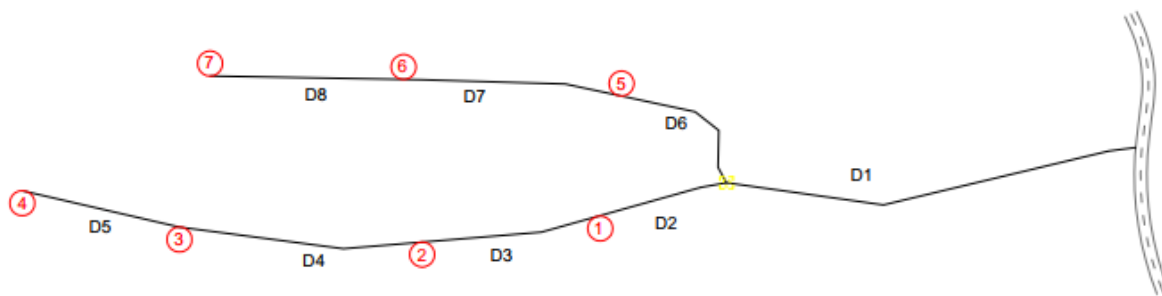


Slika 2.1. Prikaz lokacije gradilišta u odnosu na betonaru i deponij

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 krajnjih 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 | Organski materijal (humus) | Sitnizni zemljani materijali (tla) | | | Pjesci – prirodni i drobljeni | | | sipine – šljunci – drobljenci – (dobro minirana stijena) | | |
|---------------------------|----------------------------|--|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--|-------------------------------------|--|
| | | prašina | glina | kredna tla | glinoviti pijesci | 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 gladenje 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 | prilagođen, 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 gladenje 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-isporecen-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 | 1,15 | - može se kopati lopatom bez pomoći noge - iskop u zasjeku stoji pod kutem od 45° |
| II. | | kotlovska šljaka zemlja nasuta bez zbijanja nasipi humuniziranog zemljanog materijala | | |
| 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 | | |
| IV. | B | tvrdno zbijena isušena zemlja zemljani materijal s 30% do 50% kamena od 100 do 200 mm promjera trošni i raspucali kameni materijali laporovita suha tla očvrstle 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 |
| Učinek | 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 kiperu 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. Dvoz betona i betoniranje temelja

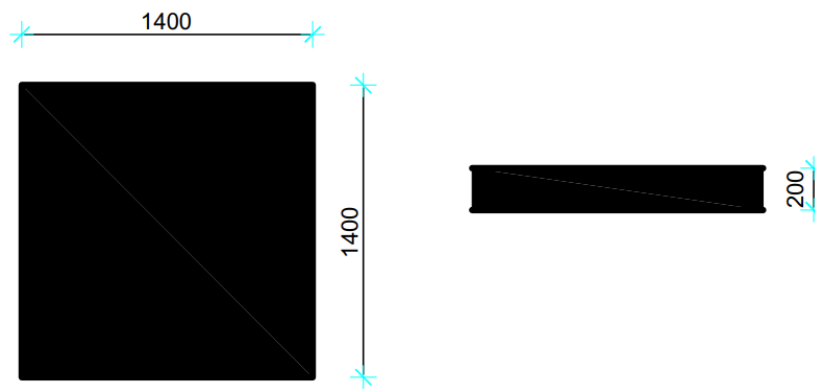
3.3.1. Opći podatci

Veliku pažnju prilikom izvođenja radova treba posvetiti gravitacijskim temeljima koji se izvode bez korištenja oplata, 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]

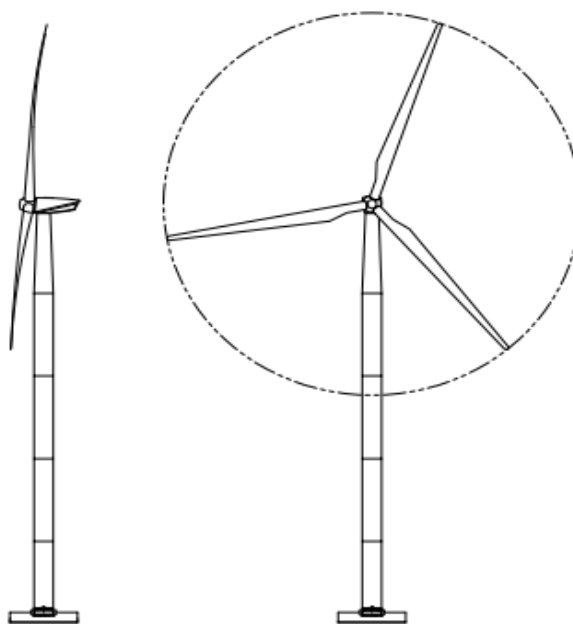
Tablica 3.9. Vrste betona koje se koriste za betoniranje temelja vjetrenjača [7]

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

Oblik temelja je kvadratičan, tlocrtna površina 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

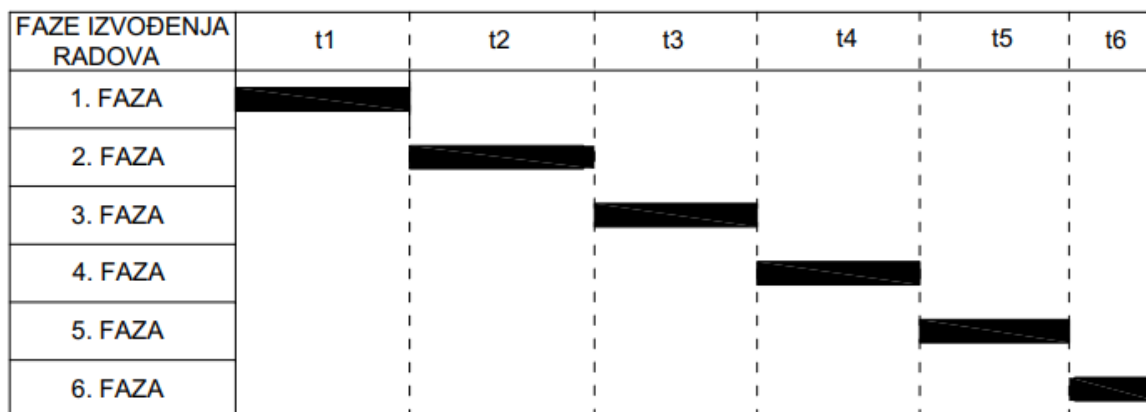
| | |
|-------------------------|----------------------------|
| Visina podizanja betona | 36 m |
| Snaga motora | 301 kW |
| Učinak pumpe | 160 m³/h |

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



NAPOMENA: t3 = t4

Slika 4.2. Prikaz vremenskoga slijeda faza radova

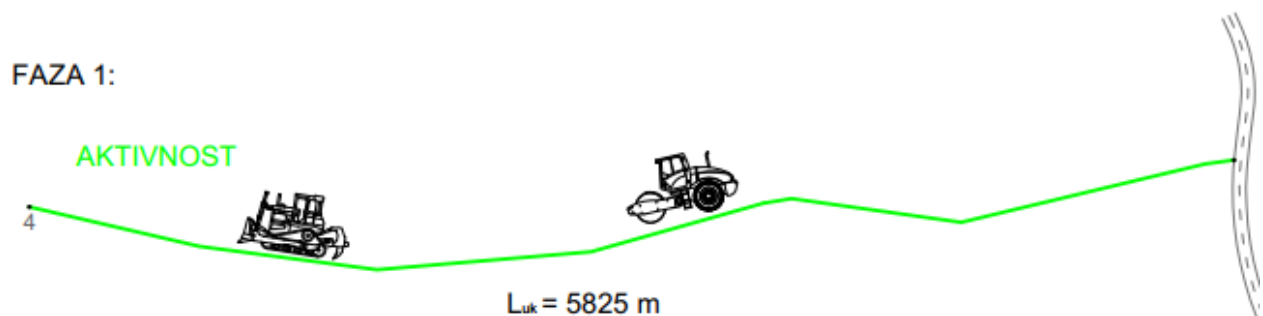
4.1. Prva faza radova

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

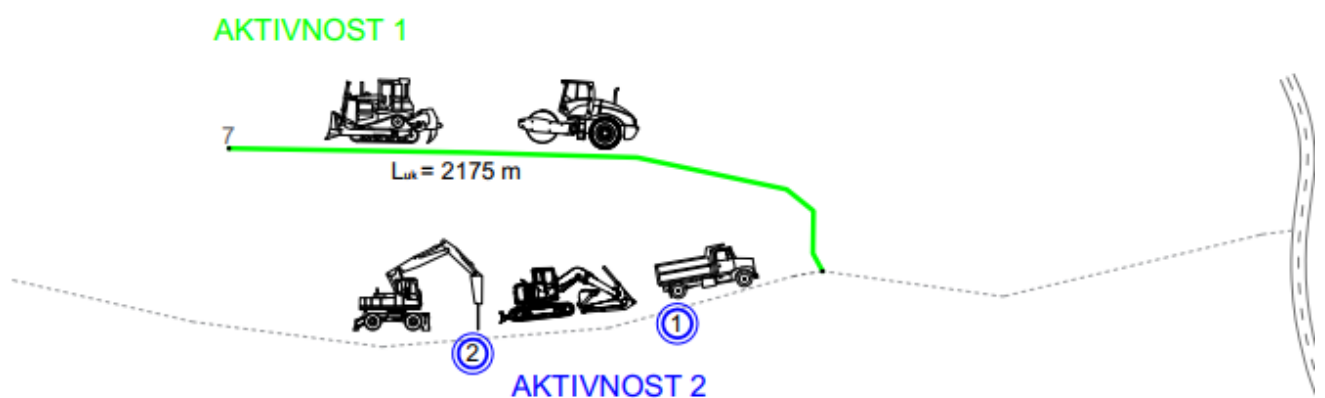
4.2. Druga faza radova

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 |

FAZA 2:



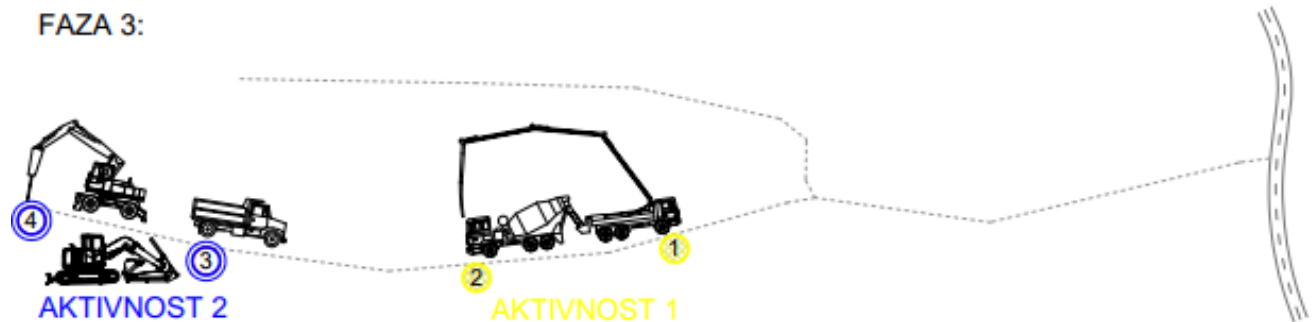
Slika 4.4. Shematski prikaz druge faze radova

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 |
| | AKTIVNOST 1: DOVOZ BETONA I BETONIRANJE | PUMPA ZA BETON |
| | AKTIVNOST 2: ISKOP TEMELJNIH JAMA | HIDRAULIČNI ČEKIĆ |
| | AKTIVNOST 2: ISKOP TEMELJNIH JAMA | JARUŽALO SA DUBINSKOM LOPATOM |
| | AKTIVNOST 2: ISKOP TEMELJNIH JAMA | 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 |
| | AKTIVNOST 1: DOVOZ BETONA I BETONIRANJE | PUMPA ZA BETON |
| | AKTIVNOST 2: ISKOP TEMELJNIH JAMA | HIDRAULIČNI ČEKIĆ |
| | AKTIVNOST 2: ISKOP TEMELJNIH JAMA | JARUŽALO SA DUBINSKOM LOPATOM |
| | AKTIVNOST 2: ISKOP TEMELJNIH JAMA | KAMION KIPER |



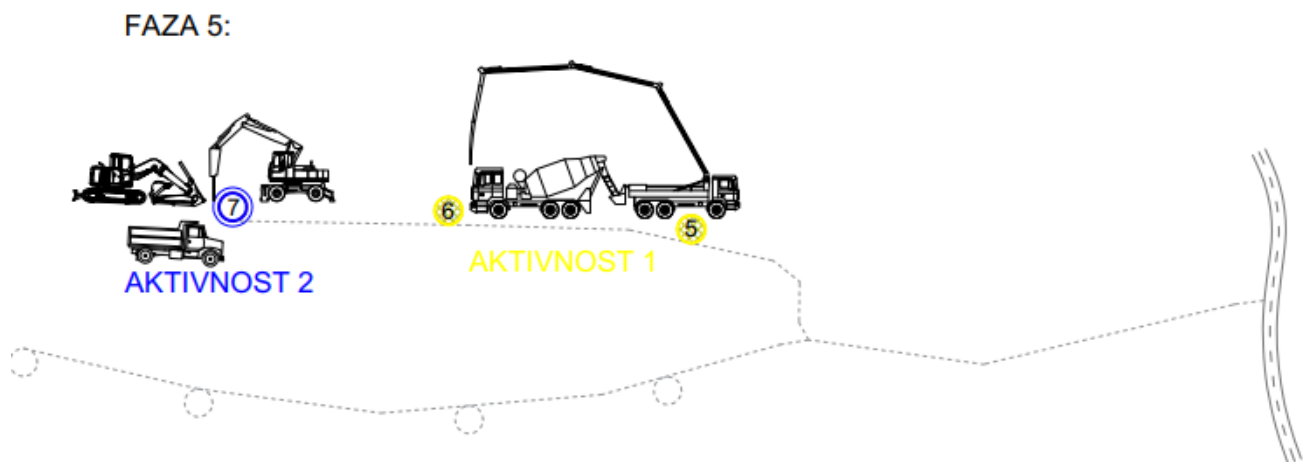
Slika 4.6. Shematski prikaz četvrte faze radova

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 |
| | AKTIVNOST 1: DOVOZ BETONA I BETONIRANJE | PUMPA ZA BETON |
| | AKTIVNOST 2: ISKOP TEMELJNE JAME | HIDRAULIČNI ČEKIĆ |
| | AKTIVNOST 2: ISKOP TEMELJNE JAME | JARUŽALO SA DUBINSKOM LOPATOM |
| | AKTIVNOST 2: ISKOP TEMELJNE JAME | KAMION KIPER |



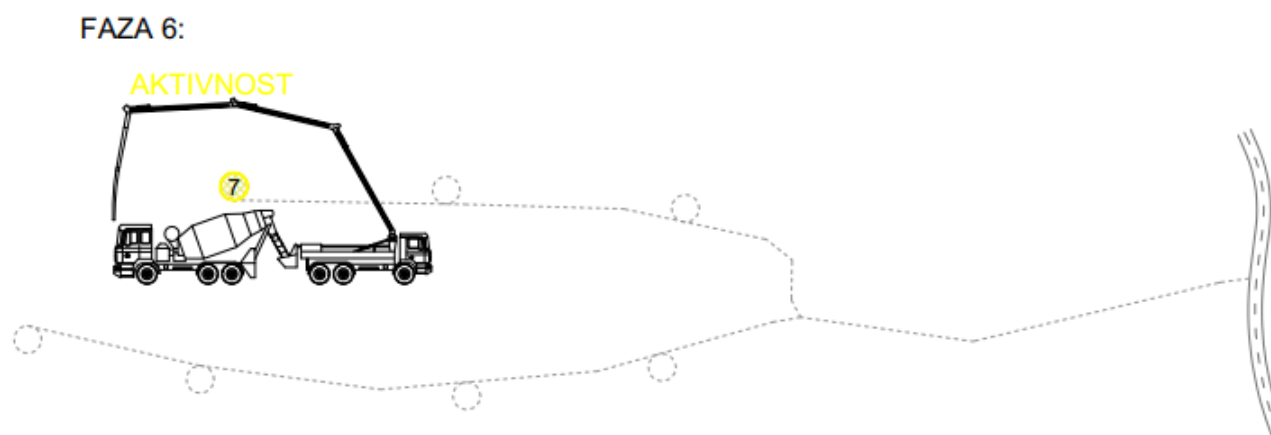
Slika 4.7. Shematski prikaz pete faze radova

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 $Q = 6990 \text{ m}^3$)

Buldozer (Slika 3.1.):

- K_r (koeficijent rastresitosti tla) = 0,70
- K_v (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) = $3,5 \text{ m}^3$
- 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: $T_c = T_i + T_{tr} + T_{pov} + T_o = 55 + 25 + 15 + 5 = 100 \text{ s}$

Teorijski učinak: $U_t = 3600 \cdot q / T_c = 3600 \cdot 3,5 / 100 = 126 \text{ m}^3/\text{h}$

Planski učinak: $U_p = U_t \cdot K_r \cdot K_v \cdot K_d = 126 \cdot 0,70 \cdot 0,80 \cdot 1,0 = 70,56 \text{ m}^3/\text{h}$

Vrijeme potrebno jednom buldozeru da odradi dionicu:

$T = Q / U_p = 6990 / 70,56 = 99,06 \text{ h} \approx 12 \text{ dana}$

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
- \check{s} (širina prijelaza) = 1 m
- K_d (koeficijent dotrajalosti stroja) = 1,0
- K_v (koeficijent iskorištenosti radnog vremena) = 0,90

Teorijski učinak: $U_t = ((v \cdot d \cdot b) / n) = ((5000 \cdot 0,2 \cdot (2,14 - 1,0)) / 4) = 285 \text{ m}^3/\text{h}$

Planski učinak: $U_p = U_t \cdot K_v \cdot K_d = 285 \cdot 0,90 \cdot 1,0 = 256,5 \text{ m}^3/\text{h}$

Vrijeme potrebno jednom valjku da odradi dionicu:

$$T = Q/U_p = 6990/256,5 = 27,25 \text{ h} \approx 4 \text{ dana}$$

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 $Q = 2610 \text{ m}^3$)

Buldozer (Slika 3.1.):

- K_r (koeficijent rastresitosti tla) = 0,70
- K_v (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) = $3,5 \text{ m}^3$
- 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: $T_c = T_i + T_{tr} + T_{pov} + T_o = 55 + 25 + 15 + 5 = 100 \text{ s}$

Teorijski učinak: $U_t = 3600 * q / T_c = 3600 * 3,5 / 100 = 126 \text{ m}^3/\text{h}$

Planski učinak: $U_p = U_t * K_r * K_v * K_d = 126 * 0,70 * 0,80 * 1,0 = 70,56 \text{ m}^3/\text{h}$

Vrijeme potrebno jednom buldozeru da odradi dionicu:

$T = Q / U_p = 2610 / 70,56 = 36,99 \text{ h} \approx 5 \text{ dana}$

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
- \check{s} (širina prijelaza) = 1 m
- K_d (koeficijent dotrajnosti stroja) = 1,0
- K_v (koeficijent iskorištenosti radnog vremena) = 0,90

Teorijski učinak: $U_t = ((v * d * b) / n) = ((5000 * 0,2 * (2,14 - 1,0)) / 4) = 285 \text{ m}^3/\text{h}$

Planski učinak: $U_p = U_t * K_v * K_d = 285 * 0,90 * 1,0 = 256,5 \text{ m}^3/\text{h}$

Vrijeme potrebno jednom valjku da odradi dionicu: $T = Q / U_p = 2610 / 256,5 = 10,18 \text{ h} \approx 2 \text{ dana}$

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 kiperu.

5.2.1. Usklađivanje rada strojeva za iskop temeljnih jama (ukupnog volumena $Q=784 \text{ m}^3$) i odvoz iskopanog materijala na deponij

Hidraulični čekić (Slika 3.5.):

- U_{pl} (učinak hidrauličnog čekića) = $10 \text{ m}^3/\text{h}$
- Q (volumen stijene za razbijanje) = 784 m^3

Vrijeme potrebno jednom hidrauličnom čekiću za razaranje stijenske mase:

$$T = Q/U_{pl} = 784/10 = 78,40 \text{ h} \approx 10 \text{ dana}$$

Jaružalo sa dubinskom lopatom (Slika 3.6.):

- q (obujam lopate jaružala) = $2,0 \text{ m}^3$
- T_c (vrijeme trajanja okretaja pri istovaru) = 40 s
- K_p (koeficijent punjenja) = $0,80$
- K_z (koeficijent za kut zaokreta lopate) = $0,98$
- K_r (koeficijent rastresitosti za stijene) = $0,70$
- K_v (koeficijent iskorištenosti radnog vremena) = $0,80$
- K_d (koeficijent zastarjelosti) = $1,0$

Teorijski učinak: $U_t = 3600 \cdot q/T_c = 3600 \cdot 2,0/40 = 180 \text{ m}^3/\text{h}$

Planski učinak: $U_p = U_t \cdot K_p \cdot K_z \cdot K_r \cdot K_v \cdot K_d = 180 \cdot 0,80 \cdot 0,98 \cdot 0,70 \cdot 0,80 \cdot 1,0 = 79,03 \text{ m}^3/\text{h}$

Vrijeme potrebno jednom jaružalu da obavi iskop: $T = Q/U_p = 784/79,03 = 9,92 \text{ h} \approx 2 \text{ dana}$

Kamion kiper (Slika 3.7.):

- q (volumen koša) = $16,80 \text{ m}^3$
- 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
- K_d (koeficijent zastarjelosti) = $0,90$

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

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

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

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

$$\text{Planski učinak : } U_p = q/T_c * K_d = 3600 * (16,80/1210) * 0,9 = 44,99 \text{ m}^3/\text{h}$$

Izračun broja potrebnih kamiona za sinkroniziran rad sa jaružalom:

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

Vrijeme potrebno jednom kamionu za prijevoz materijala:

$$T = Q_{(\text{materijala})} / U_p_{(\text{jaružala})} = 784/79,03 = 9,92 \text{ (sati)} \approx 2 \text{ radna dana}$$

Zaključak: Za izvođenje aktivnosti iskopa temeljnih jama ukupne količine radova 784 m^3 zaključeno je da su potrebna **3 hidraulična čekića, 1 jaružalo sa dubinskom lopatom i 2 kamiona kiperi** 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 $Q=392 \text{ m}^3$) i odvoz iskopanog materijala na deponij

Hidraulični čekić (Slika 3.5.):

- U_{pl} (učinak hidrauličnog čekića) = $10 \text{ m}^3/\text{h}$
- Q (volumen stijene za razbijanje) = 392 m^3

Vrijeme potrebno jednom hidrauličnom čekiću za razaranje stijenske mase:

$$T = Q/U_{pl} = 392/10 = 39,20 \text{ h} \approx 5 \text{ dana}$$

Jaružalo sa dubinskom lopatom (Slika 3.6.):

- q (obujam lopate jaružala) = $2,0 \text{ m}^3$
- T_c (vrijeme trajanja okretaja pri istovaru) = 40 s
- K_p (koeficijent punjenja) = $0,80$
- K_z (koeficijent za kut zaokreta lopate) = $0,98$
- K_r (koeficijent rastresitosti za stijene) = $0,70$
- K_v (koeficijent iskorištenosti radnog vremena) = $0,80$
- K_d (koeficijent zastarjelosti) = $1,0$

Teorijski učinak: $U_t = 3600 \cdot q / T_c = 3600 \cdot 2,0 / 40 = 180 \text{ m}^3/\text{h}$

Planski učinak: $U_p = U_t \cdot K_p \cdot K_z \cdot K_r \cdot K_v \cdot K_d = 180 \cdot 0,80 \cdot 0,98 \cdot 0,70 \cdot 0,80 \cdot 1,0 = 79,03 \text{ m}^3/\text{h}$

Vrijeme potrebno jednom jaružalu da obavi iskop: $T = Q/U_p = 392/79,03 = 4,96 \text{ h} \approx 1 \text{ dan}$

Kamion kiper (Slika 3.7.):

- q (volumen koša) = $16,80 \text{ m}^3$
- 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
- K_d (koeficijent zastarjelosti) = $0,90$

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

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

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

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

$$\text{Planski učinak : } U_p = q/T_c * K_d = 3600 * (16,80/1210) * 0,90 = 44,99 \text{ m}^3/\text{h}$$

Izračun broja potrebnih kamiona za sinkroniziran rad sa jaružalom:

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

Vrijeme potrebno za prijevoz materijala:

$$T = Q_{(\text{materijala})} / U_p_{(\text{jaružala})} = 392/79,03 = 4,96 \text{ (sati)} \approx 1 \text{ radni dan}$$

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 kiper** 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 $Q = 784 \text{ m}^3$)

Pumpa za beton (Slika 3.11.):

- U_t (teorijski učinak pumpe) = $160 \text{ m}^3/\text{h}$
- K_v (koeficijent iskorištenosti radnog vremena) = $0,80$
- Proizvodni kapacitet betonare = $25 \text{ m}^3/\text{h}$

Planski učinak: $U_p = U_t \cdot K_v = 160 \cdot 0,80 = 128,0 \text{ m}^3/\text{h}$

Automiješalica (Slika 3.10.):

- U_{betonare} (proizvodni kapacitet betonare) = $25 \text{ m}^3/\text{h}$
- Q (zapremnina automiješalice) = 9 m^3
- 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
- K_v (koeficijent iskorištenosti radnog vremena) = $0,95$
- K_d (koeficijent zastarjelosti) = $0,90$

T_u (vrijeme trajanja utovara) = $Q_{\text{automiješalice}}/U_{\text{betonare}} = 9/25 = 0,36 \text{ h} = 1296 \text{ s}$

T_{m-b} (vrijeme manevra na betonari) = 90 s

T_{p+p} (vrijeme trajanja puta u oba smjera) = $d/v_{\text{pun}} + d/v_{\text{pra}} = (5/35 + 5/60) = 0,226 \text{ h} = 815 \text{ s}$

T_{m-g} (vrijeme manevra na gradilištu) = 90 s

T_i (vrijeme trajanja istovara) = $Q_{\text{automiješalice}}/U_{\text{crpke}} = 9/128 = 0,070 \text{ h} = 253 \text{ s}$

ΔT (rezervno vrijeme) = 360 s

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

Teorijski učinak: $U_t = 3600 \cdot q / T_c = 3600 \cdot 9,0 / 2904 = 11,16 \text{ m}^3/\text{h}$

Planski učinak: $U_p = U_t \cdot K_v \cdot K_d = 11,16 \cdot 0,95 \cdot 0,90 = 9,54 \text{ m}^3/\text{h}$

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

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

Zaključak: Za izvođenje aktivnosti betoniranja temelja vjetrenjača ukupne količine radova 784 m^3 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 $Q = 392 \text{ m}^3$)

Pumpa za beton (Slika 3.11.):

- U_t (teorijski učinak pumpe) = $160 \text{ m}^3/\text{h}$
- K_v (koeficijent iskorištenosti radnog vremena) = $0,80$
- Proizvodni kapacitet betonare = $25 \text{ m}^3/\text{h}$

Planski učinak: $U_p = U_t * K_v = 160 * 0,80 = 128,0 \text{ m}^3/\text{h}$

Automiješalica (Slika 3.10.):

- U_{betonare} (proizvodni kapacitet betonare) = $25 \text{ m}^3/\text{h}$
- Q (zapremnina automiješalice) = 9 m^3
- 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
- K_v (koeficijent iskorištenosti radnog vremena) = $0,95$
- K_d (koeficijent zastarjelosti) = $0,90$

T_u (vrijeme trajanja utovara) = $Q_{\text{automiješalice}}/U_{\text{betonare}} = 9/25 = 0,36 \text{ h} = 1296 \text{ s}$

T_{m-b} (vrijeme manevra na betonari) = 90 s

T_{p+p} (vrijeme trajanja puta u oba smjera) = $d/v_{\text{pun}} + d/v_{\text{pra}} = (5/35 + 5/60) = 0,226 \text{ h} = 815 \text{ s}$

T_{m-g} (vrijeme manevra na gradilištu) = 90 s

T_i (vrijeme trajanja istovara) = $Q_{\text{automiješalice}}/U_{\text{crpke}} = 9/128 = 0,070 \text{ h} = 253 \text{ s}$

ΔT (rezervno vrijeme) = 360 s

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

Teorijski učinak: $U_t = 3600 * q / T_c = 3600 * 9,0 / 2904 = 11,16 \text{ m}^3/\text{h}$

Planski učinak: $U_p = U_t * K_v * K_d = 11,16 * 0,95 * 0,90 = 9,54 \text{ m}^3/\text{h}$

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

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

Zaključak: Za izvođenje aktivnosti betoniranja temelja vjetrenjače ukupne količine radova 392 m^3 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 kiperi.

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 kiperi, 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 kiperi.

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.)