

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

*Janova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si*



Visokošolski program Gradbeništvo,
Smer operativno gradbeništvo

Kandidat:

Grega Bajželj

Analiza rentabilnosti uporabe mobilne betonarne

Diplomska naloga št.: 338

Mentor:

izr. prof. dr. Jana Šelih

Somentor:

viš. pred. dr. Aleksander Srdić

Ljubljana, 22. 6. 2009

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisan **GREGA BAJŽELJ** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom: »**ANALIZA RENTABILNOSTI UPORABE MOBILNE BETONARNE**«.

Izjavljam, da se odpovedujem vsem materialnim pravicam iz dela za potrebe elektronske separatoteke FGG.

Ljubljana, 01.06.2009

ZAHVALA

Za pomoč pri nastajanju diplomske naloge se iskreno zahvaljujem mentorici doc. dr. Jana Šelih, univ. dipl. inž.grad. in somentorju asist. dr. Aleksander Srđić, univ. dipl. inž.grad..

Zahvalil bi se tudi svoji družini, ki me je podpirala ter stala ob strani ves čas mojega študija.

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 666.97:691.23.003(043.2)
Avtor: Grega Bajželj
Mentor: doc. dr. Jana Šelih, univ. dipl. inž. grad.
Somentor: asist. dr. Aleksander Srdić, univ. dipl. inž. grad.
Naslov: Analiza rentabilnosti uporabe mobilne betonarne
Obseg in oprema: 72 str., 17 pregl., 18 sl.
Ključne besede: beton, transport betona, betonarna, rentabilnost mobilne betonarne,

Izvleček:

Diplomsko delo obravnava pripravo betona v mobilni in stacionarni betonarni, transport betona ter primerjavo med stroški priprave betona v mobilni in stacionarni betonarni. Predstavljen je tudi potek priprave betona v mobilni in stacionarni betonarni. V nadaljevanju sem opravil tudi analizo rentabilnosti mobilne betonarne, ki temelji na primerjavi stroškov priprave betona v mobilni ter stroški priprave v stacionarni betonarni. V to analizo je vključenih 21 različnih gradbišč po Sloveniji. Za vsako gradbišče sem nato izračunal faktor F_b , ki je definiran, kot razmerje med stroški priprave betona v stacionarni betonarni in stroški priprave v mobilni betonarni. S tem faktorjem, pri izbiri betonarne, že upoštevamo faktor oddaljenosti od stacionarne betonarne, količino vgrajenega betona ter čas obratovanja gradbišča. Priloga diplomski nalogi je tudi program, ki na osnovi podatkov, ki jih vnesemo, izračuna faktor F_b . Analiza je pokazala, da je postavitvev mobilne betonarne rentabilna v primeru, če je čas obratovanja gradbišča daljši od 6 mesecev, količina vgrajenega betona večja od 10000 m^3 in oddaljenost običajno večja od 40 km. Pri sami izbiri pa ni dovolj, da upoštevamo samo faktor F_b , temveč tudi ostale faktorje, ki vplivajo na to odločitev.

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDC: 666.97:691.23.003(043.2)
Author: Grega Bajželj
Supervisor: Assist. dr. Jana Šelih, univ. dipl. ing. grad.
Co-supervisor: Assist. dr. Aleksander Srđić, univ. dipl. ing. grad.
Title: Mobile concrete factory profiability analysis
Notes: 72 p., 17 tab., 18 fig.
Key words: concrete, concrete transport, betonarna, the viability of mobile concrete factory

Abstract:

Diploma task deals with the preparation of concrete in the mobile and stationary concrete factory, transport of concrete and the comparison between the cost of preparation of concrete in the mobile and stationary concrete factory. Represented is the way of preparation of concrete in the mobile and stationary concrete factory. I conducted an analysis of the viability of mobile concrete factory, based on a comparison of the cost of preparation of concrete in the mobile and the cost of preparing in the stationary concrete factory. The analysis involved 21 different sites in Slovenia. For each construction site, I then calculated the factor F_b , which is defined as the ratio between the cost of preparation of concrete in the stationary concrete factory and the cost of making in the mobile concrete factory. With this factor in the choice of concrete factory, already taking into account the factor of distance from the stationary concrete factory, the amount of installed concrete, and the amount of built-times of the construction site. Annex to diploma task is a program that is based on the data to be entered, calculated factor F_b . The analysis showed that the mobile concrete factory is viable in the case where the times of the site is longer than 6 months, the quantity of installed concrete is more than 10,000 m³ and when the distance is usually greater than 40 km. In the selection is not enough only to consider the factor F_b , but also other factors that affect this decision.

KAZALO VSEBINE

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | UVOD | 1 |
| 1.1 | Opis problema | 1 |
| 1.2 | Namen diplomske naloge | 1 |
| 1.3 | Metoda dela | 1 |
| 2 | KRATKA ZGODOVINA BETONA | 2 |
| 2.1 | Beton - splošno | 2 |
| 2.2 | Rimski beton..... | 2 |
| 2.3 | Beton danes | 3 |
| 3 | BETON | 4 |
| 3.1 | Sestava betona | 5 |
| 3.1.1 | Vezivo | 5 |
| 3.1.2 | Mineralni agregat..... | 6 |
| 3.1.3 | Voda | 7 |
| 3.1.4 | Dodatki | 7 |
| 3.1.4.1 | <i>Mineralni dodatki</i> | <i>8</i> |
| 3.1.4.2 | <i>Kemijski dodatki</i> | <i>8</i> |
| 3.1.5 | Vrste betona..... | 8 |
| 4 | TRANSPORT SESTAVIN BETONA | 9 |
| 4.1 | Transport agregata | 9 |
| 4.1.1 | 2 – osni prekucnik..... | 9 |
| 4.1.2 | 3 – osni prekucnik..... | 10 |
| 4.1.3 | 4 – osni prekucnik..... | 10 |
| 4.1.4 | 5 – osni prekucnik..... | 10 |
| 4.1.5 | Vlačilci z prekucnimi prikolicami | 10 |
| 4.2 | Transport cementa | 11 |
| 4.3 | Transport vode..... | 11 |
| 5 | TRANSPORT BETONA | 11 |
| 5.1 | Avtobetonski mešalci - mikserji | 12 |
| 5.2 | Prekucniki - silobusi | 14 |
| 5.3 | Enotirni transporterji..... | 15 |
| 5.4 | Samohodni distributorji betona..... | 15 |
| 5.5 | Črpalke za beton | 16 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 6 | BETONARNE | 16 |
| 6.1 | Sestavni deli betonarne..... | 17 |
| 6.1.1 | Silos za agregat in cement..... | 17 |
| 6.1.1.1 | <i>Silos za agregat.....</i> | <i>17</i> |
| 6.1.1.2 | <i>Silos za cement.....</i> | <i>18</i> |
| 6.1.2 | Rezervoarji za vodo in aditive/dodatke | 18 |
| 6.1.2.1 | <i>Rezervoarji za vodo.....</i> | <i>18</i> |
| 6.1.2.2 | <i>Rezervoarji za aditive</i> | <i>18</i> |
| 6.1.3 | Dozatorji za kameni agregat, cement in vodo | 19 |
| 6.1.4 | Silos doziranih komponent..... | 20 |
| 6.1.5 | Ciklični ali kontinuirani mešalci | 20 |
| 6.1.5.1 | <i>Ciklični mešalci.....</i> | <i>21</i> |
| 6.1.5.1.1 | <i>Gravitacijski mešalci za pripravo sveže betonske mešanice</i> | <i>21</i> |
| 6.1.5.1.2 | <i>Mešalci s prisiljenim načinom mešanja sveže betonske mešanice</i> | <i>22</i> |
| 6.1.5.1.3 | <i>Vibracijski mešalci za pripravo sveže betonske mešanice.....</i> | <i>24</i> |
| 6.1.5.2 | <i>Kontinuirni mešalci za pripravo sveže betonske mešanice.....</i> | <i>24</i> |
| 6.1.5.2.1 | <i>Kontinuirni mešalci za pripravo sveže betonske mešanice z cilindričnimi bobni.....</i> | <i>25</i> |
| 6.1.5.2.2 | <i>Kontinuirni mešalci za pripravo sveže betonske mešanice z polcilindričnimi koritastimi bobni</i> | <i>25</i> |
| 6.1.6 | Silos pripravljene betonske mešanice..... | 26 |
| 6.1.7 | Transportni trakovi..... | 26 |
| 6.1.8 | Elevatorji | 26 |
| 6.1.9 | Pogonski mehanizem..... | 27 |
| 6.1.10 | Komandni pult za upravljanje | 27 |
| 6.2 | Vertikalne betonarne | 27 |
| 6.3 | Horizontalne betonarne | 28 |
| 6.4 | Primerjava sestavnih delov horizontalne in vertikalne betonarne | 29 |
| 7 | IZRAČUN RENTABILNOSTI MOBILNE BETONARNE NA OSNOVI PRAKTIČNIH PODATKOV IZ GRADBIŠČ V PODJETJU SCT | 31 |
| 7.1 | Betonarne | 32 |
| 7.1.1 | Stacionarna betonarna | 32 |
| 7.1.2 | Večja mobilna betonarna..... | 34 |
| 7.1.3 | Mobilna betonarna | 35 |
| 7.2 | Način določitve vseh stroškov, ki so vezani na pripravo betona..... | 37 |
| 7.2.1 | Določitev stroškov za stacionarno betonarno..... | 37 |
| 7.2.1.1 | <i>Strošek sestavin in priprave betona</i> | <i>38</i> |
| 7.2.1.2 | <i>Strošek avtobetonskega mešalca – mikserja</i> | <i>39</i> |
| 7.2.1.2.1 | <i>Določitev praktične kapacitete cikličnega mešalnika</i> | <i>39</i> |

| | | |
|------------------|--|-----------|
| 7.2.1.2.2 | Določitev praktične kapacitete avtobetonskega mešalca..... | 40 |
| 7.2.2 | Določitev stroškov za mobilno betonarno | 41 |
| 7.2.2.1 | Strošek najemnine betonarne..... | 42 |
| 7.2.2.2 | Strošek montaže in demontaže betonarne | 42 |
| 7.2.2.3 | Strošek obratovanja betonarne | 44 |
| 7.2.2.4 | Strošek prevoza betonarne..... | 44 |
| 7.2.2.5 | Strošek transporta in nabavne cene sestavin | 45 |
| 7.2.2.5.1 | Agregat | 45 |
| 7.2.2.5.2 | Cement..... | 46 |
| 7.2.2.5.3 | Dodatki | 46 |
| 7.2.2.5.4 | Voda..... | 47 |
| 7.2.2.6 | Strošek energije | 48 |
| 7.2.2.7 | Strošek vzdrževanja betonarne | 49 |
| 7.2.2.8 | Strošek prvega zagona betonarne in preizkušanja proizvodov | 49 |
| 7.3 | Plan betoniranja | 50 |
| 7.4 | Prikaz stroškov po posameznih gradbiščih | 51 |
| 7.4.1 | Stacionarna betonarna..... | 51 |
| 7.4.2 | Mobilna betonarna | 55 |
| 7.5 | Določitev faktorja F_b in pregled vrednosti faktorja po gradbiščih..... | 58 |
| 7.5.1 | Faktor F_b | 58 |
| 7.5.2 | Pregled vrednosti faktorja F_b po gradbiščih..... | 59 |
| 7.5.3 | Grafični prikaz celotnih stroškov priprave betona in faktorja F_b po gradbiščih za primer postavitve mobilne betonarne..... | 60 |
| 7.6 | Faktorji na katerih temelji določitev rentabilnosti mobilne betonarne | 62 |
| 7.6.1 | Količina vgrajenega betona | 62 |
| 7.6.2 | Oddaljenost stacionarne betonarne | 63 |
| 7.6.3 | Zmogljivost in lastnosti mobilne betonarne..... | 64 |
| 7.6.4 | Prostorske razmere | 64 |
| 7.6.5 | Ostali pogoji | 65 |
| 7.6.6 | F_b – Faktor primerjave med stroški priprave betona v mobilni in stacionarni betonarni..... | 65 |
| 8 | PROGRAM ZA IZRAČUN RENTABILNOSTI MOBILNE BETONARNE..... | 65 |
| 8.1 | Predstavitev programa | 65 |
| 8.2 | Praktični primer | 66 |
| 9 | ZAKLJUČEK | 70 |
| VIRI..... | | 72 |

KAZALO SLIK

| | |
|--|----|
| Slika 1: Avtobetonski mešalec | 13 |
| Slika 2: Mešalec s prisiljenim načinom delovanja | 23 |
| Slika 3: Struktura cene m ³ betona..... | 32 |
| Slika 4: Stacionarna betonarna | 34 |
| Slika 5: Večja mobilna betonarna..... | 35 |
| Slika 6: Mobilna betonarna | 36 |
| Slika 7: Shema mobilne betonarne | 37 |
| Slika 8: Pregled stroškov priprave in transporta betona v stacionarni betonarni | 55 |
| Slika 9: Pregled stroškov priprave v mobilni betonarni | 58 |
| Slika 10: Primerjava stroškov priprave betona v mobilni in stacionarni betonarni po gradbiščih..... | 61 |
| Slika 11: Vrednosti faktorja F_b po posameznih gradbiščih..... | 62 |
| Slika 12: Količina vgrajenega betona..... | 64 |
| Slika 13: Oddaljenost gradbišč od stacionarne betonarne | 65 |
| Slika 14: Program ARMB, Podatki | 67 |
| Slika 15: Program ARMB, Sestavine | 68 |
| Slika 16: Program ARMB, Najemnina, upravljanje, energija | 68 |
| Slika 17: Program ARMB, Stacionarna betonarna..... | 69 |
| Slika 18: Program ARMB, Primerjava..... | 70 |

KAZALO PREGLEDNIC

| | |
|--|----|
| Preglednica 1: Primerjava sestavnih delov horizontalne in vertikalne betonarne | 29 |
| Preglednica 2: Tehnični podatki stacionarne betonarne | 34 |
| Preglednica 3: Tehnični podatki večje mobilne betonarne | 35 |
| Preglednica 4: Cenik betonov [€/m^3] | 39 |
| Preglednica 4: Tehnični podatki mobilne betonarne | 36 |
| Preglednica 5: Strošek delovne sile za postavitve večje mobilne betonarne [€]: | 44 |
| Preglednica 6: Strošek pripravljavnih del, ki so potrebne za postavitve večje mobilne | 44 |
| Preglednica 7: Strošek delovne sile za postavitve mobilne betonarne [€]: | 44 |
| Preglednica 8: Strošek pripravljavnih del, ki so potrebni za postavitve mobilne | 44 |
| Preglednica 9: Izračun stroška obratovanja betonarne | 45 |
| Preglednica 10: Nabavna vrednost agregata | 46 |
| Preglednica 11: Prostorninske teže materiala | 47 |
| Preglednica 12: Nabavna vrednost cementa | 47 |
| Preglednica 13: Nabavne cene dodatkov | 47 |
| Preglednica 14: Oddaljenost gradbišč od stacionarne betonarne | 52 |
| Preglednica 15: Tehnični podatki mešalnikov | 53 |
| Preglednica 16: Izračun stroška upravljanja betonarne in najemnina mehanizacije | 57 |
| Preglednica 17: Prikaz vrednosti faktorja F_b | 60 |

1 Uvod

1.1 Opis problema

V današnjih časih, ko je finančna kriza zajela že večino gospodarskih panog, tudi gradbeništvo, moramo pripisati velik pomen predvsem ekonomičnosti gradnje. Več kot 50 odstotkov vseh gradbenih objektov je izdelanih iz betona, zato je potrebno, da se stroški m^3 vgrajenega betona kar najbolj zmanjšajo. Ob tem pa se seveda kakovost betona, kljub nižjim stroškom izdelave ne sme spremeniti. Ena od postavk, ki jih lahko stroškovno optimiziramo, je lokacija proizvodnega obrata betona, ki postane zlasti pomembna pri gradnji večjih armiranobetonskih objektov.

1.2 Namen diplomske naloge

Namen diplomske naloge je izvesti študijo upravičenosti oz. analizo proizvodnih in transportnih stroškov, na podlagi katere lahko sprejmemo racionalno odločitev o postavitvi mobilne betonarne na gradbišču. Odločitev je pomembna zlasti pri večjih projektih, kjer je količina vgrajenega betona zelo velika.

Na osnovi analize različnih faktorjev, kot so količina vgrajenega betona, lokacija gradbišča, oddaljenost osnovnih virov, strošek postavitve mobilne betonarne, strošek proizvodnje v mobilni betonarni in cena m^3 kupljenega betona, želimo znižati ceno m^3 vgrajenega betona in posledično pripomoči k večji uspešnosti projekta s tem pa tudi, zaradi nižje cene izvajanja betonskih del, k večji konkurenčnosti podjetja.

1.3 Metoda dela

V nalogi bom uporabljal različne metode dela. V začetnem delu bom na podlagi razpoložljive literature predstavil posamezne tipe betonarn in gradbene mehanizacije za transport betona. V nadaljevanju bom identificiral postavke, ki vplivajo na končno ceno vgrajenega betona ter izdelal program za izračun cene m^3 betona za posamezno vrsto betonarne, na osnovi katerega je možno sprejeti odločitev o postavitvi mobilne betonarne.

2 Kratka zgodovina betona

2.1 Beton - splošno

Obstaja posredna povezava med razvojem populacije in razvojem urbanizma. V zadnjih sto letih se je svetovna človeška populacija povečala iz 1,5 na 6 milijard in od tega blizu 3 milijarde ljudi živi v mestih ali tik ob njih. Zelo zanimiv je podatek da sedemnajst od dvajsetih velemest, vsak z več kot 10 milijoni prebivalci, stoji na območjih, kjer se nahajajo ogromne količine materiala, ki so potrebne za izgradnjo stanovanjskih objektov, tovarn, trgovskih središč, javnih vodovodov, kanalizacije, jezov, cest, mostov, tunelov in druge infrastrukture. Prevladujoč material teh objektov pa je seveda beton. Pod besedo beton, govorimo o cement betonu, se pravi betonu pri katerem se za vezivo uporablja portland cement. Poznamo tudi druge vrste betona (asfalt beton, mavčni beton, polimerni beton idr.). Glede na količine vgrajenega materiala je beton danes v gradbeništvu najbolj uporabljen gradbeni material. (Vir 7)

2.2 Rimski beton

V zgodovini rimskega imperija je bilo prevladujoče vezivo za zidne konstrukcije apno, ki je zračno vezivo, kar pomeni, da v vodi (v vlagi, na dežju) ni obstojno. Zidne konstrukcije so bile zato z zunanje strani zgrajene iz trdnega kamna in prekrite s streho, ali pa so bile obsojene na prehitro propad. Rimljani so apneni malti začeli dodajati pucolan in zdrobljeno staro opeko. S tem so vnesli substance, ki so silikatne narave - malta je dobila hidravlične lastnosti. Ob dobri tehnologiji vgradnje je ta malta dejansko postala beton.

Recept za izdelavo rimskega betona je: voda + pesek + apno + pucolan + zdrobljena opeka.

Dobro so poznali tudi škodljive primesi (humus) in posebne lastnosti različnih vrst peska. Z razvojem graditeljstva so prišli do tehnologije vlivanja enovite mase v leseni opaž in dosegli marke do MB 40 in vrednosti za poroznost, granulometrijski sestav in vpojnost vode, ki ustrezajo današnjim normativom.

Na tej tehnologiji temeljijo rimski oboki, kupole in prostorske kompozicije. Rimski beton (opus cementium) je tudi temelj stoletnega obstoja imperija. Teh zgradb ni podrl čas, podrli so jih kasnejši graditelji, ki so jim služile kot kamnolomi.

Pisanih virov o graditeljstvu Rimljanov je malo. Zgodovina modernega betona kot nadaljevanje rimske tehnologije se začne leta 1414, ko so v nekem švicarskem samostanu našli opis rimskega betona in različnih pucolanskih zemelj. Leta 1486 pa so že tudi pri gradnji podpornika mostu Notre Dame v Parizu uporabili pucolansko malto. Za velika obrežna dela na Nizozemskem so kasneje uporabljali renski tras. Uporaba betona se je uveljavila za gradnjo dokov, temeljev, valobranov. Na svetovni razstavi v Parizu (1854) so razstavili čoln iz armiranega betona, kasneje (1867) so prav tam razstavili armirana korita za rože, posode, cevi, železniške pragove. V sedemdesetih letih 19. stoletja so v New Yorku zgradili veliko rezidenčno zgradbo s strukturnimi elementi iz armiranega betona, vendar je bil to še 15 let osamljen fenomen. Kasneje pa sta se razvoj in uporaba armiranega betona razmahnila vse do današnjih razsežnosti (vir 4).

2.3 Beton danes

Gradnja mnogoetažnih zgradb s številnimi ponavljajočimi se elementi je pripeljala do prefabrikacije betonskih elementov. Zlasti gradnja stanovanj po drugi svetovni vojni je pospešila razvoj težkih elementov (plošče, stene), ki se betonirajo na tleh in s hidravličnimi dvigali dvignejo do etaže.

Prefabrikacija (ki poteka v tovarni) omogoča doseganje zelo majhnih toleranc, omogoča uporabo parjenega betona, prednapenjanje in skrbno nadzorovanje postopkov. V Sovjetski zvezi so vpeljali masovno poenoteno produkcijo, ki so jo izvajali v velikem merilu s celostenskimi elementi ali, volumni, v katere so že vgrajene različne instalacije. Večni problem teh zgradb je bilo stikovanje konstrukcijskih prefabrikatov (stebrov, nosilcev, plošč, fasade). Ti detajli morajo biti strokovno obdelani in skrbno izvedeni

Danes je tudi pri nas za nekatere elemente (stenski paneli, stebri, nosilci, okna, ograje, cevi, tlakovci ...) povsem uveljavljena prefabrikacija.

Tehnologija betona je po drugi svetovni vojni zelo napredovala. Izboljšale so se recepture in s tem se je dosegla mnogo večja trdnost. S posebnimi oblikami armature se je povečala sprijemnost betona in železa, kar je zmanjšalo pojavljanje razpok v kompozitu betona. Tako se je do skrajnosti izrabila nosilnost železa.

Ravno tako se je pri gradnji objektov, ki niso zgrajeni iz prefabriciranih elementov, predvsem pospešila priprava in vgradnja betona. Novejše naprave in sodobnejše tehnologije, ki se uporabljajo pri pripravi betona, so predvsem skrajšale čas priprave betona in povečale njegovo kvaliteto. Uporabljajo se tudi nove naprave za transport in vgrajevane betona. Uveljavile pa so se tudi nove vrste cementov, agregatov in dodatkov betonu (vir 4).

3 Beton

Beseda beton izhaja iz latinske besede concretus, kar pomeni rasti. Beton je umetna mešanica veziva (cement), grobega in finega agregata (pesek, prod, gramoz) in vode. Poleg teh osnovnih sestavin lahko vsebuje tudi kemijske in/ali mineralne dodatke. Beton je v mnogih pogledih izjemen material. Od vseh materialov je najbolj ekološki in zaradi relativno nizke cene in mnogih možnosti, ki jih ponuja, v svetu tudi najširše in najbolj intenzivno uporabljen. Preprosto vgrajevanje v objekte in konstrukcijske elemente, fleksibilnost - možnost oblikovanja v izdelke najrazličnejših oblik, odpornost proti mehanskim poškodbam in prepričanje o njegovi večnosti in trajnosti; s temi lastnostmi si je beton med materiali že pred desetletji pridobil glavno vlogo pri uporabi za gradnjo zahtevnih industrijskih objektov, visokih poslovnih in stanovanjskih zgradb, mostov ter drugih infrastrukturnih in energetskih objektov.

3.1 Sestava betona

Beton je keramičen kompozitni material, pri katerem je mineralni agregat polnilo v matrici cementnega kamna. Cementna pasta nastane z mešanjem cementa, vode in različnih dodatkov, s katerimi se regulirajo lastnosti betona. S procesom hidratacije in strjevanja cementna pasta preide v cementni kamen otrdelega betona. Poleg mineralnih betonov se v gradbeništvu uporabljajo tudi betoni z organsko, bitumensko matrico, ki so po sestavi keramično-polimerni kompoziti. V diplomski nalogi se bom omejil na cement beton.

Cementna pasta, ki s strjevanjem preide v cementni kamen, tvori 25 do 40% celotne prostornine betona. Agregat tvori večino betonske mase in je zato njegov izbor ključnega pomena za kakovost in lastnosti betona. Drugi, zelo pomemben parameter pa je kakovost cementne paste. Le ta je odvisna od cementa, vode in posebnih dodatkov.

Osnovne sestavine betona (agregat, cement, zrak, voda, dodatki) se morajo pazljivo zmešati v homogeno celoto. Zelo pomembno je zaporedje dodajanja posameznih sestavin, se pravi kdaj se doda voda v suho mešanico agregata in cementa ter kolikšna je hitrost obračanja bobna mešalca. Pomembna je količina mešanice glede na kapaciteto mešalca, čas polnjenja glede na čas mešanja, oblika ter stanje bobna in njegovih lopatic. Bobni dobrih mešalcev omogočajo izmenjavo materiala z enega na drugi konec bobna s kotaljenjem, pregibanjem in gnetenjem. Dodatki betonu se v večini primerov dodajajo v obliki vodne raztopine.

3.1.1 Vezivo

Danes v gradbeništvu poznamo zračna (apno, mavec), hidravlična (cement) in polimerna ogljikovodikova veziva (bitumen). V diplomski nalogi sem se omejil samo na cement beton, se pravi na beton kateremu je osnovno vezivo cement.

Cement je silikatni hidravlično vezivo, ki po reakciji z vodo (hidratacija) veže in se strdi. Pri tem iz židke cementne paste nastane trd in trden cementni kamen, ki je sestavljen pretežno iz kalcijevih silikat hidratov, ki tudi v vodi ohrani stabilnost in trdnost.

Med pripravo sveže betonske mešanice je naloga cementne paste, ki skupaj z najmanjšimi delci mineralnega agregata (mivko) tvori cementni kamen, da zagotovi betonu njegovo plastičnost in kohezijo. Običajna količina cementa v betonu znaša od 200 do 400 kg/m³, kar je približno 7-14 % prostorninske mase betona.

Poudariti je treba tudi, da se vsaka vrsta cementa obravnava kot samostojen element transportiranja, deponiranja in manipulacije. Dopustno ni nikakršno mešanje cementov različnih tipov ali proizvajalcev, razen če s predhodnimi preiskavami ni drugače dokazano.

Enaka zahteva velja tudi pri betoniranju posameznih konstrukcijskih elementov. Cementni beton iz različnih proizvodnih enot mora biti pri istočasnem betoniranju istega konstrukcijskega elementa pripravljen iz iste vrste cementa istega proizvajalca.

3.1.2 Mineralni agregat

Tehnični kamen se pridobiva kot stranski produkt v kamnolomih, kjer pridobivajo bloke za nadaljnjo obdelavo, v kamnolomih tehničnega kamna in v gramoznih izkopih v aluvialnih dolinah. Tehnični kamen se uporablja pri gradnji prometnic in kot osnovna surovina za izdelavo betonov. Mineralni agregat kot osnova za beton se razlikuje po načinu pridobivanja:

- lomljenec, ki nastane z drobljenjem večjih kosov kamna, ima ostre robove in pogosto manj trdna zrna zaradi notranjih razpok, ki nastanejo med procesom drobljenja;
- gramoz, ki je aluvialnega izvora, ima oble robove in je raznolike mineralne sestave (v odvisnosti od izvora rečnih nanosov).

Na splošno lahko agregate definiramo kot čist, trd in inerten material, ki ga vgrajujemo v betonske mešanice. Njihova vloga v betonu je sledeča:

- znižujejo ceno betona, saj so razmeroma poceni; postopek pridobivanja namreč ni drag - obsega izkop, pranje in sejanje ter transport do mesta uporabe,
- ustrezno sestavljeni po frakcijah ustvarjajo kohezivni beton, ki ga je v svežem stanju lahko obdelovati,
- znižujejo hidratacijsko temperaturo betona, ker so običajno kemično inertni in delujejo kot odvajalci toplote, ki nastaja pri hidrataciji cementa,

- zmanjšujejo krčenje betona, saj na večino agregatov voda ne deluje, in zato lahko omejujejo krčenje cementne paste med hidratacijo.

Mineralni agregat ne sme vsebovati škodljivih sestavin v takšni količini, da bi lahko škodovale vezanju, strjevanju in obstojnosti betona ali povzročile korozijo armature. Skupna sestava zrnivosti mineralnega agregata, ki je odvisna od zahtev po kakovosti, načina in pogojev za transport, od načina vgrajevanja in sredstev za vgrajevanje ter drugih vplivnih faktorjev, mora biti določena s preiskavo.

3.1.3 Voda

Voda je osnovni tehnološki element, brez katerega ne bi prišlo do preoblikovanja cementnega prahu v cementno pasto, torej je osnova za kemijske, fizikalne in mineraloške pretvorbe cementa v betonsko vezivo ter skupaj s cementom določa obdelovalnost svežih betonov. Na splošno velja, da je pitna voda že primerna za pripravo betonske mešanice.

Pri uporabi morske vode za izdelavo betona je treba biti pozoren na velike količine mineralov, ki jih vsebuje, zaradi česar je le pogojno uporabna za nearmirane betone nižjih trdnosti. Zgornja meja prisotnosti soli v vodi za pripravo armiranega betona je 5 g/l, morska voda pa jo vsebuje okoli sedemkrat več.

Zelo pozorni pa moramo biti tudi pri morebitni uporabi prečiščenih odpadnih industrijskih vod. Čvrsti delci se lahko odstranijo v kakovostnih usedalnikih, več težav povzročajo različne snovi, raztopljene v vodi. Zato je pred morebitno uporabo takšne vode potrebna ne le kemična analiza, temveč tudi primerjalna preiskava vpliva vode na trdnost cementnega kamna.

3.1.4 Dodatki

Dodatek betonu je po definiciji material, ki je različen od vode, agregata in hidravličnega cementa. Betonski mešanici se v majhnih količinah doda, kot sestavina pred mešanjem ali med njim, da se izboljšajo oziroma dosežejo določene lastnosti svežega ali strjenega betona. Dodatki, ki jih večinoma dodajamo vodi za pripravo betona, vplivajo na časovni potek vezanja in strjevanja cementne paste, zmanjšanja potrebe po vodi, poboljšanje obdelovalnosti

betona, vgradnjo zračnih mehurčkov in ustvarjanje zaprte poroznosti betona in reguliranje ostalih lastnosti betona. V splošnem ločimo dve vrsti dodatkov betonu, in sicer mineralne in kemijske dodatke.

3.1.4.1 Mineralni dodatki

Običajno so to materiali v prašnati obliki, ki imajo finejšo strukturo od cementa in močno vplivajo na lastnosti svežega betona. To se kasneje pokaže tudi v izboljšanih lastnostih strjenega betona. Pri nas se največ uporabljata dva mineralna dodatka betonu, in sicer elektrofiltrski pepel in mikrosilika (kremenica). Oba se lahko dodajata tudi pri proizvodnji cementa.

3.1.4.2 Kemijski dodatki

Kemijski dodatki so anorganski ali organski materiali v trdnem ali tekočem stanju, ki se dodajajo betonski mešanici, in sicer v večini primerov ne več kot 5 % na težo cementa.

Kemijski dodatki betonu so razvrščeni v naslednje osnovne skupine glede na željene specifične lastnosti betona:

- plastifikatorji in superplastifikatorji (povečanje plastičnosti),
- aeranti (povečanje odpornosti proti zmrzovanju/odtaljevanju v prisotnosti soli),
- pospeševala vezanja so dodatki (pospeševanje hidratacije, skrajševanje dolžine nege betona),
- zavlačevala vezanja so dodatki (upočasnitev vezanja cementa) in
- gostila so dodatki (povečanje vodotesnosti)

3.1.5 Vrste betona

Glede na nameravano uporabo poznamo več vrst betonov, od katerih najpogosteje srečamo:

- konstrukcijske betone visoke gostote,
- konstrukcijske betone visoke trdnosti,
- konstrukcijske betone nizke gostote in običajne trdnosti,
- konstrukcijske betone nizke gostote in nizke ter srednje trdnosti,
- konstrukcijske betone zgodnje visoke trdnosti,
- masivne betone,

- valjane betone,
- zemljo-cementne betone,
- brizgane betone (torkretni betoni),
- betoni s kompenziranim krčenjem (neskrčljivi in nabrekajoči betoni),
- porozne betone ,
- bele in barvane betone,
- polimer-portland cementne betone,
- vlaknasto armirane betone.

V nalogi se bom osredotočil na konstrukcijske betone (Vir 3).

4 Transport sestavin betona

V gradbeništvu poznamo zelo veliko različnih transportnih sredstev. Seveda je transportno sredstvo odvisno od vrste transportiranega materiala. V tem poglavju pa se bom posvetil sredstvom transporta s katerimi se prevažajo vse sestavine, ki so potrebne za izdelavo sveže betonske mešanice. Pri izbiri mehanizacije je potrebno upoštevati, da gre bolj ali manj za zunanje prevoze materiala, zato moramo izbrati takšno mehanizacijo, ki je namenjena cestnemu prevozu.

Glede na vrsto materiala za potrebe priprave sveže betonske mešanice ločimo:

- transport agregat,
- transport cementa in
- transport vode.

4.1 Transport agregata

Vrste transportne mehanizacije, ki je namenjena transportu materiala v razsutem stanju:

4.1.1 2 – osni prekucnik

Namenjeni so izključno za režijska dela za potrebe na gradbišču. Omogočajo vzvratno in bočno odlaganje materiala. Nosilnost takšnih dvo – osnih prekucnikov je manjša od 10 t.

4.1.2 3 – osni prekucnik

Namenjeni so prevozu material v razsutem stanju. Lahko so opremljeni z zabojniki, ki omogočajo samo vzvratno odlaganje materiala ali pa z zabojniki, ki omogočajo vzvratno in bočno odlaganje materiala. Nosilnost tro – osnih prekucnikov je do 26 t. Za prevoze na daljših razdaljah po javnih cestah je k tro – osnim prekucnikom možno pripeti še tandem prikolice. Te prav tako omogočajo vzvratno in bočno odlaganje materiala. Tako se skupna dovoljena masa poveča na 40t. Takšen način transporta je eden najpogostejših pri transportu agregata za beton.

4.1.3 4 – osni prekucnik

Vozila so primerna za transport materiala, kjer je zahtevnejša konfiguracija terena, še posebej v primeru, ko del poti poteka po javni cesti del pa po gradbišču. Omogočajo vzvratno in bočno odlaganje materiala. Nosilnost takšnih vozil je 26 t. Največja skupna dovoljena masa pa 41 t.

4.1.4 5 – osni prekucnik

Po nosilnosti in uporabnosti predstavlja resno alternativo vlačilec in tandem priklopnikom. Zelo uporaben je v primeru bolj zahtevnega terena, kjer vlačilec in tandem priklopnik nista primerna. Potrebe po višjih kapacitetah in mobilnosti narekujejo njegovo vsestransko uporabnost v prihodnosti.

4.1.5 Vlačilci z prekucnimi prikolicami

Namenjeni so prevozu razsutega materiala na daljših razdaljah, zlasti po javnih cestah. Največja skupna dovoljena masa znaša 40 t, njihova nosilnost pa je 26 t. Odlaganje materiala je možno vzvratno ali bočno, odvisno od izvedbe prikolice. Obstajajo 2 – osni in pa 3 – osni vlačilci. 3 – osni imajo dve pogonski osi, kar še posebno pride do izraza na zahtevnejših vrstah podlage. Problem vlačilcev z prikolicami pa je v tem, da potrebujejo precej manevrskega prostora. Ta način transporta agregata je za betonarno verjetno najpogostejši.

4.2 Transport cementa

Poznamo več različnih načinov prevoza cementa. Najpogostejši način je prav gotovo prevoz s kamioni ali vlačilci. Med enim in drugim načinom prevoza v osnovi ni bistvene razlike, le prikolica je zasnovana nekoliko drugače. V obeh primerih gre za posebne cisterne, ki so namenjene prav za prevoz cementa. Te cisterne so običajno jeklene in opremljene s kompresorji, ki v cisterni ustvarijo nadtlak za transport cementa po ceveh, vse do silosa. Cisterne na kamionih so prostornine od 3 do 15 m³, cisterne na polpriklopnikih pa 15 do 30 m³. Poleg omenjenega načina transporta pa velja omeniti še transport z vagoni, kjer je oblika vagona podobna obliki cisterne kamiona in pa transport po cevovodih. Običajno pa pogoji niso primerni za takšna načina transporta.

4.3 Transport vode

Vozila namenjena prevozu vode so opremljena z večprekatno cisterno. To so lahko kamioni s cisterno, prikolice ali pa polpriklopniki. Opremljene so tudi z ustrezno črpalko za prečrpavanje vode. Prostornina cisterne znaša od 5000 do 40000 l.

5 Transport betona

Pri gradnji različnih objektov, kjer se uporabljajo betoni, moramo biti zelo pozorni na pravilen način transporta le tega. Priporočljivo je, da je čas transporta betona čim krajši. Zelo pomembno je, da v času transporta ne pride do pojava segregacije. Pomembno je tudi, da čas nalaganja in transporta do mesta vgrajevanja ne presega časa tehnološkega vezanja betonske mešanice. Ta čas znaša približno 1 uro.

Transport lahko razdelimo na notranji in zunanji. Pri notranjem imamo v mislih transport, ki poteka znotraj gradbišča. Običajno gre za krajše razdalje, vendar je ponavadi konfiguracija terena po kateri poteka transport nekoliko bolj zahtevna. Za razliko od notranjega transporta poteka zunanji transport tudi po cestah izven gradbišča. Razdalje takšnega transporta so bistveno daljše, tako kot tudi časa samega transporta.

Poznamo več različnih transportnih sredstev. V diplomski nalogi se bom omejil predvsem na zunanji transport betona, saj bodo pri praktičnih primerih oddaljenosti od gradbišča večje. Posledično pa se višajo tudi stroški prevoza, ki so ključnega pomena pri določanju rentabilnosti uporabe betona iz stacionarne betonarne.

5.1 Avtobetonski mešalci - mikserji

Avtobetonski mešalci opravljajo pravzaprav dve nalogi. In sicer mešanje s katerim pripravljajo svežo betonsko mešanico ter transport betonske mešanice. Pripravljajo in transportirajo lahko betonske mešanice pri katerih čas nalaganja in transporta ne presega časa tehnološkega vezanja betonske mešanice.

Avtobetonski mešalec je pravzaprav ciklusni gravitacijski mešalec na kolesih. V notranjosti bobna je pritrjena spirala posebne oblike. Sama zasnova bobna je takšna, da omogoča nemoten transport vseh sestavin. Lahkotno mešanje betonske mešanice poteka celoten čas transporta in tako preprečuje pojav segregacije.

Glavni deli avtobetonskih mešalcev so:

- mobilno ogrodje,
- boben z spiralo,
- rezervoar za vodo,
- nakladalni lijak,
- izstrosni lijak,
- pogonski mehanizem in
- upravljalna kabina.

Avtobetonski mešalci so lahko glede na ogrodje samostojni, priklopniki ali polpriklopniki. Naloga ogrodja je, da prevzame vse obremenitve z betonsko mešanico napolnjenega bobna, polnih rezervoarjev za vodo, nakladalnika in izstrosnika, pogonskega, prenosnega mehanizma, kabine in preostalih obtežb ter jih prenese preko koles na podlago. Od velikosti obtežbe je odvisna velikost ogrodja in pa število osi s kolesi. Glede na to so lahko šasije opremljene z dvema (bobni manjših prostornin), tremi (bobni večjih prostornin) in štirimi osmi.

V bobnih avtobetonskih mešalcev so pritrjene spirale, višine od 20 do 40 cm. Bobni so največkrat hruškaste ali pa valjasto-konusno zasekane oblike. Prostornina zanaša od 3.0 do 21.0 m³, medtem ko znaša delovna prostornina od 2.0 do 16.0 m³. Običajno so postavljeni na šasijo pod kotom 7-9°. Barva in zasnova bobna je v veliki meri odvisna od temperaturnih razmer na področju uporabe avtobetonskih mešalcev. Tako so na primer v delovnem okolju z dokaj visoko temperaturo bobni pobarvani z svetlobno odbojno barvo, v delovnem okolju kjer pa je temperatura nizka, pa so zgrajeni iz dvojne pločevine (sendvič), katere namen je da preprečuje izgube začetne toplote betonske mešanice. Motorji, ki vrtijo bobne so hidravlični, njihova moč pa je odvisna od velikosti bobna.

Nakladanje v boben poteka preko nakladalnega lijaka, ki je pritrjen pri odprtini bobna.



Slika 1: Avtobetonski mešalec

Rezervoarji za vodo so narejeni iz lahke pločevine, so valjaste oblike in prostornine 400-600 litrov. Opremljeni so s črpalko za polnjenje in praznjenje rezervoarja. Iztrosni lijak je iz pločevine in je pritrjen na šasijo avtobetonskega mešalca tako, da je iztros mogoč na obe strani.

Pogonski mehanizem avtobetonskih mešalcev je lahko eno ali večmotorni. V primeru enega motorja se premikanje avtobetonskega mešalca in pa vrtenje bobna izvaja z enim motorjem, preko mehanskega prenosa. Kadar pa za premikanje služi en motor, za vrtenje bobna pa drug motor, govorimo o večmotornem pogonu. Moč osnovnih pogonskih motorjev se giblje od 35-325 kW.

Kabina avtobetonskega mešalca je opremljena z sodobnimi napravami za čim lažje upravljanje mešalca. Pri avtobetonskih mešalcih, ki so opremljeni z dodatnimi napravami (črpalke ...), pa upravljanje le teh največkrat poteka preko daljinskega vodenja.

Kot že omenjeno poznamo tudi avtobetonske mešalce, ki so opremljeni z dodatnimi napravami, običajno za transport betona. Nekateri primeri dodatnih naprav: transportni trak (podaljšanje dolžine iztrosa betona), črpalke za beton (s katerimi se vrši notranji gradbiščni transport betona), šasije z montažo – demontažnimi bobni (boben, rezervoar za vodo in motor mešalca se nahajajo na premičnih šasijah tako, da je možna njihova zamenjava).

Praktični učinek avtobetonskih mešalcev je odvisen od tega ali služijo samo za transport betona ali pa za vgrajevanje in transport betona. Govorimo v mejah od 5 do 70 m³.

5.2 Prekucniki - silobusi

Za notranji in zunanji transport sveže betonske mešanice, na krajših in daljših razdaljah lahko avto-mešalce nadomestimo s kiperji, s posebno oblikovanimi koši, ki so poznani kot silobusi. Sestavljeni so iz samohodne nosilne konstrukcije, posebno oblikovanega koša, pogonskega mehanizma in kabine za upravljanje.

Praktični učinek takšnih prekucnikov – silobusov znaša od 5 do 50 m³/h, odvisno od dolžine transporta.

5.3 Enotirni transporterji

Enotirni transporterji so namenjeni notranjemu transportu sveže betonske mešanice na manjših razdaljah in višinah na gradbiščih linijske in koncentrične gradnje, še posebej pa v obratih za prefabrikacijo betonskih elementov. Sestavljeni so iz ene vlečne – pogonske na katero sta pripeti največ dve vlečeni prikolici. Vlečene prikolice so sestavljene iz prekucnih košar na šasiji s transportnim mehanizmom za gibanje po tiru. Vlečne prikolice so enake kot vlečene, le da so na prvi osi opremljene s pogonskih mehanizmom. Sestavljene so iz šasije, prekucne košare (delovni organ), pogonskega in vlečnega mehanizma in sistema za daljinsko upravljanje.

Prekucne košare so narejene iz jeklene pločevine v obliki korita, prostornine od 1 do 3 m³. Na spodnjem delu košar se nahajajo iztrosni lijaki z zapirali z ročaji. Pogon takšnih enotirnih transporterjev je elektromotorni. Gibajo se s hitrostjo od 5 do 20 km/h. Upravljanje poteka daljinsko.

Praktičen učinek enotirnih transporterjev se giblje od 5 do 20m³/h, odvisno od dolžine transporta.

5.4 Samohodni distributorji betona

Se uporabljajo za transport sveže betonske mešanice na razdaljah do 40m, višine do 25m in globine do 12m. Lahko jih uporabljamo tudi za transport zemeljskega materiala (npr. za humuziranje in zatravitev vkopov in nasipov prometnic, obrambnih nasipov itd.), prodastega ali peščenega materiala (izdelava tamponskih slojev...) ali transport kamnitega drobirja.

Sestavljeni so iz samohodne transportne šasije, vsipnega lijaka ali silosa za beton, primarnega in sekundarnega transportnega traku, stabilizatorjev, pogonskega mehanizma in upravljalne kabine.

Praktični učinek distributerjev betona se giblje v mejah od 60 do 275 m³/h.

5.5 Črpalke za beton

Zelo pomembne naprave za transport sveže betonske mešanice v okviru notranjega in zunanega transporta na horizontalnih razdaljah do 2,0 km in višine do 0,5 km so posebne naprave tako imenovane črpalke za beton. S črpalkami je možno, z ustreznim verižnim povezovanjem večjega števila črpalk, transportirati betonsko mešanico tudi na razdaljah do 30km in 3km višine. Sestavljene so iz potisnih naprav in pa cevnih vodov. Potiskanje sveže betonske mešanice v cevne vode poteka v posebnih komorah s pomočjo mehanskega, hidravličnega in pnevmatskega pogona. Pri mehanskih in hidravličnih pogonih so uporabljene batne črpalke medtem ko so pri pnevmatskih pogonih uporabljene brezbatne črpalke (nadtlak, podtlak).

Cevni vodi so izdelani iz posebnih jeklenih in aluminijastih cevni delov, ki so gibljivi v vseh smereh, tako da je z njimi možno doseči določeno mesto betoniranja.

Od številnih vrst črpalk za beton so najpomembnejše: mehanske in hidravlične batne črpalke, brezbatne črpalke z nadtlakom in podtlakom, stolpne črpalke, avtočrpalke...

6 Betonarne

Betonarna je obrat za pripravljanje betona. Lahko bi jo poimenovali tudi "tovarna betona". Sestavljena je iz številnih delov in naprav, katerim skupna naloga je priprava sveže betonske mešanice. Vsi sestavni deli so med seboj ustrezno povezani, tako da poteka proces priprave betonske mešanice tekoče, nemoteno, zelo natančno, zanesljivo in popolnoma avtomatizirano. Bistveni sestavni del je prav gotovo mešalec. Za uspešno pripravo betona pa moramo do mešalca pripeljati vse sestavine betonske mešanice in prav to zahteva kar veliko količino opreme. Takšni celoti potem lahko rečemo betonarna. Le ta je sposobna pripraviti klasične in tople betonske mešanice, kot tudi betonske mešanice z aditivi. Obstaja tudi vrsta zaporednih naprav v katerih se namesto sveže betonske mešanice pripravi samo suha mešanica komponent, dokončna priprava betonske mešanice pa se z določeno količino vode izvrši na gradbišču. Ločimo jih glede na obliko in glede na način transporta/čas postavitve.

Glede na obliko ločimo:

- vertikalne betonarne in
- horizontalne betonarne.

Glede na način transporta in čas postavitve pa ločimo:

- stacionarne betonarne,
- večje mobilne betonarne in
- mobilne betonarne.

6.1 Sestavni deli betonarne

Najpomembnejši sestavni deli betonarn so:

- silosi za agregat in cement,
- rezervoarji za vodo in aditive,
- dozatorji za kameni agregat , cement in vodo,
- silosi doziranih komponent,
- ciklični ali kontinuirani mešalci,
- silosi pripravljene betonske mešanice,
- transportni trakovi,
- elevatorji,
- pogonski mehanizem in
- komandni pult za upravljanje.

6.1.1 Silosi za agregat in cement

6.1.1.1 Silosi za agregat

Agregat je največkrat shranjen v horizontalnem silosu različnih oblik. Ta silos je lahko pokrit ali pa leži na prostem. Pri betonarnah so silosi za kameni agregat lahko v obliki zvezdastih boksov ali v boksih pravokotne oblike. Zelo pomembno je, da so posamezne frakcije med seboj ločene s pregradnimi zidovi. Ti zidovi so lahko leseni, jekleni ali betonski (liti na mestu ali prefabricirani). Velikost silosov agregata je predvsem odvisna od kapacitete betonarne in

količine priprave betona. Pri betonarnah z manjšo kapaciteto je velikost teh silosov od 800 do 2000m³, pri stacionarnih večjih betonarnah pa od 10000 do 30000m³. Silos v obliki zvezde je opremljen še s skreperjem, ki zajema agregat in ga dovaja do dozatorja, medtem ko se pri pravokotnih silosih polnjenje dozatorjev ali elevatorjev vrši s pomočjo nakladalnika.

6.1.1.2 Silosi za cement

Cement je shranjen v jeklenem silosu valjaste oblike kapacitete od 10 do 100 t. Teža cementa in silosa se preko nožnih opor prenaša na prefabricirane jeklene ali na mestu betonirane točkovne temelje. Zgornji in spodnji del silosa je oblikovan tako, da omogoča kar se da enostavno dosipavanje in iztros cementa s pomočjo polžastih transporterjev. Ti transportirajo cement iz silosa do dozatorja, ki se nahaja na nosilni konstrukciji betonarne. Polnjenje silosa se izvaja s pomočjo stisnjenega zraka in sicer tako, da se v transportnem sredstvu cementa ustvari nadtlak. Tako se cement s pomočjo zraka transportira po ceveh v silos za cement. Posebno pozornost je tu potrebno posvetiti hermetični zaprtosti silosa, da ne bi prišlo do nepotrebnega onesnaževanja okolja. Predvsem je pomembno kako iz silosa uhaja odvečen zrak. Zato so silosi opremljeni s posebnimi elektronskimi grafitnimi filtri.

6.1.2 Rezervoarji za vodo in aditive/dodatke

6.1.2.1 Rezervoarji za vodo

V večini primerov so betonarne priklopljene na vodovodno omrežje. V kolikor takšen priklop ni mogoč se voda hrani v rezervoarju za vodo. Običajno je to jeklen rezervoar prostornine 50000 do 100000 l.

6.1.2.2 Rezervoarji za aditive

Večina dodatkov betonu je danes v tekoči oz. fluidni obliki. Tako so ti dodatki shranjeni v PVC rezervoarjih. Običajna prostornina rezervoarje znaša 1000 l/dodatek. Odvisno od potreb.

6.1.3 Dozatorji za kamni agregat, cement in vodo

So enostavne naprave namenjeni za merjenje in doziranje sestavin (kamnitega agregata, cementa, vode in dodatkov). Merjenje sestavin tako lahko izvajamo težnostno, prostorninsko ali kombinirano težno-prostorninsko. Ločimo dve vrste dozatorjev:

- ciklusni način delovanja in
- kontinuiran način delovanja.

Težni so najprimernejši za uporabo, saj omogočajo najnatančnejše odmerjanje predpisanih količin agregata in cementa za določeno marko betona. Težni dozatorji so po načinu delovanja lahko dvoji: ciklusni in kontinuirni. Ciklični težni dozatorji so namenjeni za polnjenje cikličnih mešalnikov, kontinuirni pa za polnjenje kontinuirnih mešalnikov za beton, kot posamezen stroj ali v sestavi betonarne. Po obliki in zgradbi so popolnoma enaki, neodvisno ali so namenjeni za merjenje kamnitega agregata ali cementa.

Glavni sestavni deli cikličnega težnega dozatoja so:

- dozatorska košara,
- merska naprava – tehtnica in
- primerni zapiralci za polnjenje ali iztros sestavin.

Težni dozatorji s kontinuirnim načinom delovanja imajo poleg transportnega traku s tehtnico, v svoji sestavi še zapiralce silosa v katerih so sestavine katere se merijo.

Prostorninsko težni dozatorji se danes bolj ali manj uporabljajo za doziranje vode in aditivov, ne pa za agregat in cement. Sestavljeni so iz rezervoarja, dovodne in odvodne cevi in zapiralnega ventila.

Običajni dozatorji pri betonarnah so težni – za doziranje cementa in kamnitega agregata in prostorninski – za vodo in dodatke. Težni dozatorji za agregat, vodo in cement se običajno nahajajo nad mešalcem za beton.

6.1.4 Silosi doziranih komponent

So silosi v katerih se shranjujejo dozirane sestavine betona zadnjo stopnjo pred polnjenjem mešalca. So v obliki zaprtih piramidnih sodov ali posebnih prekucnih košar.

6.1.5 Ciklični ali kontinuirani mešalci

To so osnovni stroji za pripravo vseh vrst betonskih mešanic in malt. Najpomembnejši sestavni deli mešalca so:

- ogrodje,
- pogonski mehanizem,
- boben z lopaticam,
- naprava za upravljanje,
- nakladalec in
- naprava za praznjenje.

Oblika in velikost mešalca je odvisna od potrebne kapacitete mešanja betona in mobilnosti mešalca. Mobilni mešalci so ponavadi opremljeni s kolesi, kar omogoča enostaven transport. Delovni organ teh mešalcev je boben z vrtljivimi se lopaticami. Oblika teh mešalcev je različna, bobni pa so največkrat hruškaste in cilindrične oblike. Nakladalni mehanizem je prilagojen obliki bobna. Mešalci so lahko z ali brez razkladalnika. V kolikor so brez razkladalnika, takrat se iztros betonske mešanice izvrši z obračanjem bobna ali pa z posebnimi hidravličnim lijakom, s katerim se odpira in zapira dno bobna.

Poznamo ciklične in kontinuirane mešalce:

- ciklični: mešalci pripravljajo betonsko mešanico ciklično, se pravi po posameznih fazah (priprava mešalca, nakladanje sestavin, mešanje sestavin in iztros betonske mešanice)
- kontinuirani: priprava betonske mešanice poteka neprekinjeno. To pomeni, da po vnosu agregata in cementa se med mešanjem ves čas dozira voda in aditivi skozi šobe pod visokim pritiskom, sledi še iztros betonske mešanice.

Mešalci za beton pripravljajo betonsko mešanico na tri načine:

- gravitacijski (priprava betonske mešanice se vrši s pomočjo prostega pada in lopatic, ki so pritrjene na notranji strani bobna)
- prisiljeni (priprava betonske mešanice se vrši preko rotirajočih se lopatic in mirujočega bobna, preko rotirajočih se lopatic in vrtljivega bobna ali pa preko sistema lopatic v mirujočem bobnu.
- gravitacijsko-vibracijskim (priprava betonske mešanice se vrši na gravitacijski način in s pomočjo globinskih vibratorjev nameščenih v notranjosti bobna)

6.1.5.1 Ciklični mešalci

To so najbolj pogosto uporabljeni mešalci za pripravo betonske mešanice. Ti pripravo sveže betonske mešanice vršijo v bobnih in so rezultat cikličnega izvrševanja postopkov vezanih na pripravo mešalca, nalaganje sestavin, mešanje sestavin in iztros končane sveže betonske mešanice.

6.1.5.1.1 Gravitacijski mešalci za pripravo sveže betonske mešanice

Enostavnost konstrukcije, velika uporabnost v delu in sposobnost mešanja sveže betonske mešanice z bolj grobim agregatom in manjšim vodocementnim faktorjem so naredili, da imajo gravitacijski mešalci tako veliko (vlogo) pomen v gradbeništvu.

Gravitacijski mešalci so lahko samostojni ali pa v sestavu betonarn. Služijo pripravi sveže betonske mešanice vseh konsistenc za betonske elemente in konstrukcije, ki so prisotne na objektih tako visokih, nizkih gradenj kot hidroloških gradenj in za pripravo mešanic za cementno stabilizacijo v gradnji cest in železnic, na licu mesta. Priprava betonske mešanice poteka v cilindričnih, hruškastih ali dvokonusno zasekanih bobnih z mirujočimi lopaticami v njihovi notranjosti. Proces priprave sveže betonske mešanice je sestavljen iz neprekinjenega zajemanja, dviganja in prostega padanja sestavin z lopaticami v bobnih.

Velikost, oblika in nosilnost ogrodja je odvisna od teže polnih bobnov in vseh pripadajočih naprav, ki so sestavni del mešalca. V kolikor mešalce za beton uporabljamo kot posamezne stroje, potem je ogrodje mešalca opremljeno s kolesi, s pomočjo katerih se vršijo prevozi iz

gradbišča na gradbišče. Delovni organ gravitacijskih mešalcev so bobni s pritrjenimi mirujočimi lopaticami. Njihova oblika je odvisna od njihove kapacitete. Oblika bobna je lahko hruškasta (60-150 ltr.), cilindrična (150-350 ltr.), cilindrična in dvokonusno zasekana (350-1000 ltr.) in kombinirana cilindrično-dvokonusno zasekana (1000-3500 ltr.)

Nakladalni naprave mešalcev za beton so lahko v obliki nakladalnih lijakov kadar se komponente dodajajo iz silosov ali pa v obliki nakladalnih košar v katere se predhodno naloži mešanico kamnitega agregata in cementa. Dvigovanje teh košar se izvrši preko hidravličnega sistema pritrjenega na ogrodju mešalca.

Iztros betonske mešanice pa se izvaja preko iztrosnih lijakov, ki se pristavijo cilindričnem bobnu pred obračanjem bobna. Mešalci manjših kapacitet pa iztrosnih lijakov ne potrebujejo, saj se iztros betonske mešanice opravi samo z obračanjem bobna.

Za pogonski mehanizem takšnih mešalcev lahko služi elektromotor ali pa bencinski oziroma dizelski agregat. Moč teh motorjev se giblje od 15 do 30 kW.

Praktični učinek takšnih mešalcev se giblje v mejah od 5,0 do 20,0 m³/h.

6.1.5.1.2 Mešalci s prisiljenim načinom mešanja sveže betonske mešanice

Dobra lastnost mešalcev s prisiljenim načinom priprave sveže betonske mešanice je v tem, da pripravljajo visoko kvalitetno klasično svežo betonsko mešanico v vseh pogojih: tako pripravljajo tople in hladne betonske mešanice ustrezne temperature in konsistence v vseh vremenskih razmerah. Pripravljajo tudi visokokvalitetne betonske mešanice za oblikovanje elementov in konstrukcij v prefabrikaciji. Zato se danes prisilni mešalci za beton pojavljajo kot najznačilnejša vrsta mešalcev za pripravo betonske mešanice. Največkrat se uporabljajo kot sestavni element betonarn, kot posamezni stroji pa le redko. Pripravljanje sveže betonske mešanice se vrši v vertikalnih bobnih z vrtljivimi rotorji in lopaticami ali v vrtljivih vertikalnih bobnih z vrtljivimi rotorji in lopaticami. Proces priprave betona je sestavljen iz neprekinjenega vrtenja in mešanja komponent z lopaticami, ki so pritrjene na rotor, na različnih nivojih po globini vertikalnih cilindričnih bobnov.

Glavni deli prisiljenih mešalcev, če so ti kot samostojni stroji so:

- ogrodje,
- boben z rotorji in lopaticami,
- nakladalni lijak,
- iztrosni loputa in
- pogonski mehanizem.

Bobni teh mešalcev so večinoma cilindrične oblike z vertikalno osjo vrtenja. Kapacitete bobnov so lahko: mešalci majhnih prostornin od 350-750 litrov, mešalci srednjih prostornin od 750-1500 litrov, mešalci velikih prostornin od 1500-3500 litrov in mešalci zelo velikih prostornin od 3500-6000 litrov. Nakladalni mehanizem je lahko v obliki nakladalnih lijakov, nakladalnih košar na vodilih, elevatorjev ali transportnih trakov.



Slika 2: Mešalec s prisiljenim načinom delovanja

Iztros betonske mešanice poteka s pomočjo odpiranja dna, zato so takšni mešalci opremljeni s posebnimi hidravličnimi sistemi, s katerimi se zapira in odpira premični del vertikalnih bobnov.

Pogonski mehanizem teh mešalcev je elektromotorni z močjo, ki se giblje od 30-60 kW.

Praktični učinek mešalcev s prisiljenim načinom priprave sveže betonske mešanice znaša od 5.0 do 40 m³/h (zaradi večje prostornine bobnov in veliko krajšega trajanja cikla).

6.1.5.1.3 Vibracijski mešalci za pripravo sveže betonske mešanice

Kadar želimo doseči večjo homogenost in kompaktnost sveže betonske mešanice je priporočljiva uporaba vibracijskih mešalcev, ki med pripravljanjem betonske mešanice združeno uporabljajo delovanje gravitacije in vibracij.

Poleg osnovnih delov, iz katerih so sestavljeni mešalci z manjšo prostornino (od 60-150 litrov), vibracijski mešalci vsebujejo še tri igličaste vibratorje, kateri so pritrjeni na notranji strani dna bobna.

Dolžina vibracijskih igel je različna, tako da vibratorji pokrivajo celoten prostor po globini bobna. Položaj vibratorjskih igel na krožnem dnu horizontalnega bobna so simetrični in se nahajajo na tretjini tlorisa pod kotom 120 stopinj.

Proces priprave sveže betonske mešanice pri vibracijskih mešalcih se odvija v dveh stopnjah. V prvi stopnji poteka samo gravitacijsko mešanje sestavin. V drugi stopnji pa pride do dvigovanja sveže betonske mešanice in intenzivnega vibriranja.

Pogon vibracijskih mešalcev je elektromotorni z močjo motorjev od 15-30 kW.

Praktični učinek vibracijskih mešalcev za pripravo sveže betonske mešanice se giblje v mejah od 5-15 m³/h.

6.1.5.2 Kontinuirni mešalci za pripravo sveže betonske mešanice

Poleg cikličnih mešalcev, še posebno v primerih kadar so količinske potrebe sveže betonske mešanice večje, pridejo v poštev kontinuirni mešalci za beton. Ti pripravljajo betonsko mešanico neprekinjeno. Delovni organ takšnih mešalcev je podrejen kontinuirnemu načinu priprave sveže betonske mešanice in je v obliki horizontalnega cilindričnega in koritastega bobna z nepremičnimi lopaticami ali z vrtljivimi lopaticami. Mešanje in potiskanje komponent se vrši od vhodne do izhodne odprtine mešalca.

Obstajata dva osnovna tipa mešalcev: mešalci z vrtljivimi cilindričnimi in nevtljevimi polcilindričnimi koritastimi bobni.

6.1.5.2.1 Kontinuirni mešalci za pripravo sveže betonske mešanice z cilindričnimi bobni

Kontinuirne mešalce z cilindričnimi bobni se uporablja predvsem v betonarnah. Kvaliteta priprave betonske mešanice je v največji meri odvisna od stopnje polnjenja bobna in hitrosti toka sestavin v procesu priprave.

Priprava betonske mešanice poteka gravitacijsko v blago nagnjenih vrtljivih cilindričnih bobnih z nevtljevimi lopaticami. Lopatice so postavljene v notranjosti bobna na določeni razdalji. Ustrezna oblika in razpored nevtljevih lopatic poleg mešanja omogoča tudi neprestano potiskanje sestavin vzdolž rotirajočih cilindričnih bobnov. V bobne se preko nakladalnih vijakov dodajajo vse sestavine, katere se tekom pripravljanja močijo z vbrizgavanjem določene količine vode preko šob nameščenih na ceveh v osi bobna.

Iztros sveže betonske mešanice iz kontinuirnih cilindričnih mešalcev poteka preko iztrosnih lijakov na nasprotnem delu od nakladalnega lijaka. Preko iztrosnega lijaka gre pripravljena betonska mešanica v silos pripravljene betonske mešanice.

Zasnova bobnov in lopatic omogoča pripravo vlažnih in plastičnih betonov, kot tudi betonskih mešanic z drobnejšimi frakcijami kamnitega agregata.

Pogon bobnov je elektromotorni z močjo od 30-50 kW.

Praktični učinek kontinuirnih mešalcev za pripravo sveže betonske mešanice z cilindričnimi bobni se giblje od 3-25 m³/h.

6.1.5.2.2 Kontinuirni mešalci za pripravo sveže betonske mešanice z polcilindričnimi koritastimi bobni

Uporabljajo se le kot sestavni deli betonarn. Kvaliteta priprave betonske mešanice je odvisna od stopnje polnjenja in hitrosti potiskanja sestavin, tekom priprave betonske mešanice. Premikanje sestavin in sveže betonske mešanice poteka z pomočjo lopatic pritrjenih na horizontalnih vrtilih. Lopatice so oblikovane in privarjene na vrtila tako, da omogočajo učinkovito mešanje in potiskanje sestavin, vzdolž nepremičnih horizontalnih bobnov. Vnos vseh komponent poteka preko nakladalnih lijakov. Voda pa se dodaja preko šob tekom

priprave betonske mešanice. Cevi za šobami se pri teh mešalcih nahajajo nad vrtili z lopaticami, tik pod pokrovom koritastih bobnov.

Iztros betonske mešanice poteka preko iztrosnih lijakov v silose pripravljene betonske mešanice.

Zgradba koritastega bobna in lopatic na vrtilu omogoča pripravo visoko-vrednih vlažnih in plastičnih betonov iz debelejših frakcij kamnitega agregata.

Pogon vrtil z lopaticami je elektromotorni z močjo od 30-50 kW.

Praktični učinek kontinuirnih mešalcev za pripravo sveže betonske mešanice z polcilindričnimi koritastimi bobni znaša od 12-30 m³/h (Vir 1).

6.1.6 Silosi pripravljene betonske mešanice

Njihova naloga je shranjevanje sveže betonske mešanice vse do iztrosa v avtobetonske mešalce ali druga transportna sredstva. Silosi pripravljene betonske mešanice ne pridejo v poštev pri vseh betonarnah. Običajno se uporabljajo takrat, ko se pojavi potreba po skrajšanju časa, ki je potreben za polnjenje avtobetonskih mešalcev.

6.1.7 Transportni trakovi

Kot že ime pove je njihova naloga transport sestavin betona, običajno agregata. Običajno so zgrajeni iz jeklenega ohišja in opremljeni z gumijastim trakom. Obstaja veliko različnih vrst transportnih trakov in nekateri med njimi so opremljeni tudi z tehtalnim mehanizmom. Zelo različne so tudi širine trakov, ki pa so v veliki meri odvisne od hitrosti in količine transportiranega materiala.

6.1.8 Elevatorji

Je naprava za dvigovanje materiala v vertikalni smeri. Opremljen je z brezkončno verigo na kateri so pritrjeni zajemalci materiala. Naloga elevatorja je dvig materiala iz enega na drug

nivo. V betonarnah se uporabljajo predvsem za polnjenje vertikalnih silosov. Prav tako je zmogljivost elevatorja odvisna od hitrosti in količine transportiranega materiala. Običajna zmogljivost znaša od 100 do 250 m³/h.

6.1.9 Pogonski mehanizem

Betonarne so sestavljene iz velikega števila sestavnih delov. Za vsako operacijo je običajno potrebna energija. Zato so betonarne opremljene z elektromotorji, ki se napajajo iz električnega omrežja. Se pravi, večino naprav poganjajo zmogljivi elektromotorji. Ko seštejemo moč vseh porabnikov v betonarni ugotovimo, da je za obratovanje potrebno kar veliko električne energije, kar pa ni ravno ekološko. V manjši betonarni znaša samo skupna moč motorjev približno 250 kW.

6.1.10 Komandni pult za upravljanje

To je pravzaprav prostor v katerem se nahaja oprema za krmiljenje betonarne. Pri sodobnih betonarnah je to krmiljenje popolnoma avtomatizirano. Tako strojnik upravlja z vsemi operacijami betonarne preko enega računalnika. Zelo pomembno je, da ima strojnik pregled nad celotno betonarno, kar je pri večjih betonarnah skoraj nemogoče. V tem primeru pa je nujen vsaj pogled na mešalec betonske mešanice.

6.2 Vertikalne betonarne

Gradnja velikih nasipov, mostov, viaduktov in tunelov, ki v osnovi zahtevajo velike količine betona na težkem terenu, kar povzroča velike težave pri organizaciji priprave, distribuiranja in vgrajevanja sveže betonske mešanice. V takih primerih, ko primanjkuje prostora za namestitev vseh sestavnih agregatov in delov betonarne, je potrebna postavitve betonarne vertikalnega tipa. Pri takšnih betonarnah so vsi sestavni agregati in deli nameščeni na posebni stolpni konstrukciji v različnih nivojih. Ker se pri njih dviganje kamenega agregata in ostalih komponent do silosa, ki je nameščen na najvišjem nivoju stolpa, izvrši samo enkrat, govorimo o enostopenjskih betonarnah. Komponente se med pripravo betonske mešanice gibljejo s pomočjo gravitacije do vseh naprav vertikalne betonarne. Primarni transport oziroma dviganje kamenega agregata in ostalih komponent do silosa se izvaja z transportnimi trakovi ali elevatorji.

Najpomembnejši deli stolpnih betonarn so:

- silosi za cement,
- silosi za agregat,
- rezervoarji za vodo,
- dozatorji,
- silosi doziranih komponent,
- mešalci za beton,
- silosi gotove betonske mešanice in
- kabina z komandnim pultom.

Te betonarne so v večini primerov stacionarne, zgrajene iz jeklene in armirano betonske konstrukcije temeljene na posebnih pasovnih ali točkovnih temeljih.

Njihov praktični učinek se giblje od 35 do 300 m³/h.

6.3 Horizontalne betonarne

Pri izgradnji velikih gradbenih objektov linijske in koncentrične gradnje na bolj ali manj ravnem terenu se v največji meri uporabljajo horizontalne ali dvostopenjske betonarne. Dvostopenjske pravimo zato, ker je njihov notranji transport dvofazni. V prvi fazi gre za dosipavanje komponent s pomočjo gravitacije ali s pomočjo vlečenja komponent do dozatorjev, v drugi fazi pa gre za transport komponent od dozatorjev do mešalca betona z pomočjo prekucnih košar.

Najpomembnejši so sledeči sestavni deli:

- silosi za cement,
- silosi za agregat v obliki boksov,
- rezervoarji za vodo,
- dozatorji,
- skreperji,
- prekucne košare z vodili,
- mešalci za beton in

- kabina z komandnim pultom.

Horizontalne betonarne so lahko mobilne in stacionarne.

6.4 Primerjava sestavnih delov horizontalne in vertikalne betonarne

Preglednica 1: Primerjava sestavnih delov horizontalne in vertikalne betonarne

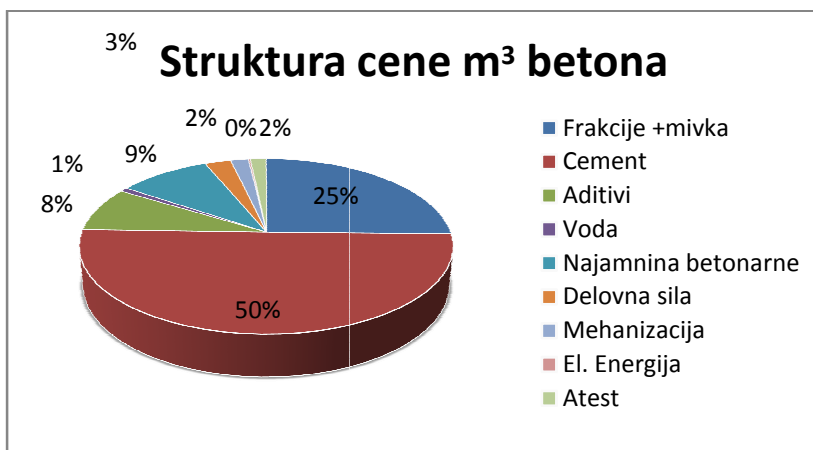
| OPREMA | HORIZONTALNA | VERTIKALNA |
|--------------------------|--|--|
| silosi za cement | Cement je shranjen v jeklenem silosu valjaste oblike kapacitete od 100 do 1000 kN. Zgornji in spodnji del silosa je oblikovan tako, da omogoča kar se da enostavno dosipavanje in izsipavanje cementa z pomočjo polžastih transporterjev. | Silosilosi za cement v sestavi vertikalnih betonarn so v obliki valja in so prav tako zgrajeni iz težke jeklene pločevine. Njihovo polnjenje in praznjenje poteka na enak način kot pri horizontalnih betonarnah. |
| silosi za agregat | Pri horizontalnih betonarnah so silosi za kameni agregat v obliki zvezdastih ali pravokotnih boksov s pregradnimi zidovi za različne frakcije. Ti zidovi so lahko leseni, jekleni ali betonski (liti na mestu ali prefabricirani). | Silosilosi za kameni agregat so zgrajeni iz težke jeklene pločevine v obliki odprtih prizem z piramidnimi zavihki in posebnim celicami za vsako frakcijo. Polnjenje silosa z agregatom poteka preko transportnih trakov in elevatorjev, kateri zajamejo agregat v posebnih silosih na tleh. |
| skreperji | Skreper je sestavljen iz vrtečega se stojala z upravljalno kabino, roke s pletenico in vlečno košaro. Njegova naloga je transportirati kameni agregat do dozatorja. Roka s pletenico lahko doseže do nekje 12 m. Skreper je postavljen oziroma pritrjen na zunanji strani zidu »zvezde« tik na dozatorjem, tako da njegovo delovno območje pokriva celotno »zvezdo«. Pri manjših talnih betonarnah skreper nadomesti lahka vlečna košara na pletenici. | Običajno ni opremljena z skreperjem. |
| dozatorji | Težni: <ul style="list-style-type: none">- za doziranje cementa in- za doziranje agregata. Prostorninski: <ul style="list-style-type: none">- za doziranje vode in- za doziranje dodatkov. Težni dozatorji za agregat se nahajajo običajno poleg mešalca in so opremljeni z tehtalnim trakom preko katerega se agregat transportira do mešalca. Dozatorji za cement ter vodo in dodatke pa so locirani tik nad mešalcem. Njihovo praznjenje poteka neposredno v mešalec. | Rezervoarji za vodo in dodatke so enaki kot pri horizontalnih betonarnah. Dozatorji vertikalnih betonarn so težni za doziranje cementa in agregata in prostorninski za vodo in dodatke. Dozatorji se nahajajo tik pod nivojem, kjer se nahajajo silosi z komponentami. Izmerjene količine agregata in cementa se iz dozatorja gravitacijsko odpremljajo do silosa doziranih komponent. Ti silosi so podobni kot silosi pri talnih betonarnah, le da so sestavljeni iz celic za posamezno vrsto frakcije. So hermetično zaprti in opremljeni z preničnimi iztrosnimi lijkami, s katerimi lahko napolnijo več mešalcev za beton. Nahajajo se na enem nivoju nižje kot dozatorji. |

| | | |
|--|--|--|
| prekucne košare z vodili | Sekundarni transport kamenega agregata od dozatorja do mešalca betona lahko poteka preko posebnih prekucnih košar ali transportnih trakov. Vodila prekucne košare so takšna, da omogočajo enostavno polnjenje košar iz težinskega dozatorja in istočasno enostavno izsipavanje transportiranega kamnitega agregata v boben mešalca za beton. | |
| mešalci za beton | Mešalci za beton so v horizontalnih betonarnah najpogosteje ciklični s prisiljenim načinom mešanja ali pa gravitacijski ciklični. | V vertikalnih betonarnah se uporabljajo mešalci vseh vrst, tako kontinuirani kot ciklusni z gravitacijskim in prisiljenim načinom dela v vseh kombinacijah, kot pri talnih betonarnah. |
| silosi pripravljene sveže betonske mešanice | Horizontalne betonarne v večini primerov niso opremljene s silosi pripravljene sveže betonske mešanice, temveč so opremljene samo z izsipnimi lijaki. | Vertikalne betonarne so v nasprotju s talnimi betonarnami zgrajene tudi iz silosov za gotovo betonsko mešanico. Ti silosi se nahajajo tik pod mešalcem za beton in so opremljeni z iztrosnimi lijaki preko katerih se polnijo bobni avtobetonskih mešalcev, košev, košar, komor... |
| kabina z komandnim pultom | Kabina s komandnim pultom in energetskega blokom je pri horizontalni betonarni postavljena na nivoju mešalcev za beton z namenom kontrole procesa priprave sveže betonske mešanice. Opremljene so z računalniki, ki upravljajo celoten proces priprave betonske mešanice. | Kabina z komandnim pultom in energetskega blokom je pri vertikalni betonarni postavljena na nivoju mešalcev za beton z namenom kontrole procesa priprave sveže betonske mešanice. Opremljene so z računalniki, ki upravljajo celoten proces priprave betonske mešanice. |
| pogon | Za pogon betonarne služi več elektromotorjev v skupni moči od 30 do 100 kW. | Pogon vertikalnih betonarn je elektromotorni z večjim številom posameznih motorjev za poganjanje posameznega sestavnega dela. Skupna moč vseh motorjev vključena v takšni betonarni se giblje od 50 do 200 kW. |

7 IZRAČUN RENTABILNOSTI MOBILNE BETONARNE NA OSNOVI PRAKTIČNIH PODATKOV IZ GRADBIŠČ V PODJETJU SCT

Danes je v gradbeništvu količina vgrajenega betona je, kot smo že spoznali, v zelo velika. To pomeni, da tudi sami stroški betonskih del, kot tudi priprave betona dosegajo velike vrednosti. Glede na današnje razmere, ki vladajo v svetu, pa bi bilo smotrno te stroške nekako optimizirati oz. zmanjšati. Tu pa moram opozoriti, da se stroški priprave in vgradnje betona lahko manjšajo, toda kvaliteta betona mora ostati nespremenjena. V diplomski nalogi bi rad optimiziral stroške priprave betona v smislu pravilne izbire betonarne, v kateri se bo pripravljval beton za določeno gradbišče.

Za začetek pa pogledjmo strukturo cene m^3 najpogosteje uporabljene betonske mešanice.



Slika 3: Struktura cene m^3 betona (Vir 9)

Iz diagrama lahko razberemo, da zanaša strošek frakcij približno četrtno celotne cene betonske mešanice, strošek cementa zanaša skoraj polovico cene, strošek vode, dodatkov in strošek priprave pa preostalo četrtno stroškov.

Vidimo tudi, da skoraj 14 % cene predstavlja najemnina betonarne, delovna sila, mehanizacija in električna energija. Prav znižanje teh stroškov in pa stroškov prevoza betona je ključnega

pomena za določitev izbire betonarne, v kateri bo potekala priprava betona, kar je tema diplomske naloge.

Analiza temelji na praktičnih podatkih o pripravljениh in vgrajenih količinah betona v podjetju SCT. Njihova stacionarna betonarna je locirana v Ljubljani, natančneje v Črnučah. Za analizo sem izbral 21 različnih gradbišč, ki so različno oddaljena od stacionarne betonarne, prav tako pa je različna količina pripravljene in vgrajene betona.

Najprej pa bom predstavil opremo in pa delovno silo, ki je vključena v analizo, s tehničnimi podatki, kot je betonarna, transportna sredstva.

7.1 Betonarne

7.1.1 Stacionarna betonarna

Leta 2006 je bila v Črnučah postavljena nova stacionarna betonarna. Kratek opis načina priprave betona. Iz vagonov in cestnih vozil gre agregat preko vsipnih jaškov do transportnega traku v ustrezen silos agregata. Skupaj imajo deset silosov za različne frakcije kapacitete $10 \times 2000 \text{ m}^3$. Agregat gre nato iz silosa po transportnih trakovih do elevatorja, kjer se vertikalno dvigne do stolpa betonarne, kjer se nahaja tehtalni trak. Cement je shranjen v silosih za cement. Polnjenje se izvaja s pomočjo stisnjene zraka, praznjenje pa preko transportnega polža v dozator cementa v stolpu betonarne. Dodatki so shranjeni v posebnem ogrevanem prostoru opremljenem z lovilci v primeru izlitja. Betonarna optimalno izpolnjuje zahteve, ki so pogoj za pripravo visokokakovostnih betonov in končnih proizvodov. Vsaka pripravljena betonska mešanica do potankosti ustreza recepturi, ne glede na število ciklov priprave posamezne betonske mešanice. Postopki, kot so mešanje, tehtanje in doziranje, so popolnoma nadzorovani in avtomatizirani.



Slika 4: Stacionarna betonarna

Preglednica 2: Tehnični podatki stacionarne betonarne

| Oprema | Deponija za agregat | Silos za agregat | Silos za cement | Shranjevanje dodatkov | Oskrba z vodo | Transportni trak | Elevator | Mešalnik | Ogrevanje | Uredalniki | Reciklaža odpadnega betona |
|---------------|----------------------|--------------------|-----------------|-------------------------|-------------------|-----------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|------------|----------------------------|
| število/način | 10 X AB POKRIT | 4 | 4 | poseben ogrevan prostor | vodovodno omrežje | 300 m ³ /h | 200m ³ /h | AMIX3-6.00B | polno zemeljski plin | DA | DA |
| kapaciteta | 2000 m ³ | 95 + 3 x 60 | 500 t | | | | | 127 m ³ /h | | | |
| skupaj | 20000 m ³ | 275 m ³ | 2000 t | | | | | 78,52 m ³ /h | | | |

7.1.2 Večja mobilna betonarna

Je zlasti primerna na gradiščih večjega obsega, kjer je potreba po zagotovitvi betona vezana na daljše časovno obdobje. Modularna zgradba sestavnih delov omogoča, da se lahko betonarna prilagodi sleherni zahtevi naročnika. Najpomembnejša lastnost pa je relativno hitra montaža in demontaža, ki traja cca 1 mesec. V sami izvedbi ni bistvenih razlik od stacionarne, le da so kapacitete posamezne opreme kot tudi silosov, nekoliko manjše.



Slika 5: Večja mobilna betonarna

Preglednica 3: Tehnični podatki večje mobilne betonarne

| Oprema | Deponija za agregat | Silos za agregat | Silos za cement | Shranjevanje dodatkov | Oskrba z vodo | Transportni trak | Elevator | Mešalnik | Ogrevanje | Uredalniki | Reciklaža odpadnega betona |
|---------------|---------------------|--------------------|-----------------|--------------------------------------|--|------------------|-----------------------|-------------------------|--------------|------------|----------------------------|
| število/način | 5 | 4 | 2 | Shranjevanje poseben ogrevan prostor | Oskrba z vodo vodovodno omrežje/ rezervoar | / | 135 m ³ /h | AMIX2-4.00B | polno | DA | NE |
| kapaciteta | 120 m ³ | 80 + 3 x 50 | 120 t | | | | | 96 m ³ /h | kurilno olje | | |
| skupaj | 600 m ³ | 230 m ³ | 240 t | | | | | 49,33 m ³ /h | | | |

7.1.3 Mobilna betonarna

Je horizontalna betonarna. Glavna lastnost betonarne je mobilnost, kar nam pove že samo ime. Vsi deli so zasnovani tako, da je montaža in demontaža izvedena zelo hitro, tako kot tudi transport sestavnih delov. Čas postavitve traja pičlih 14 dni.

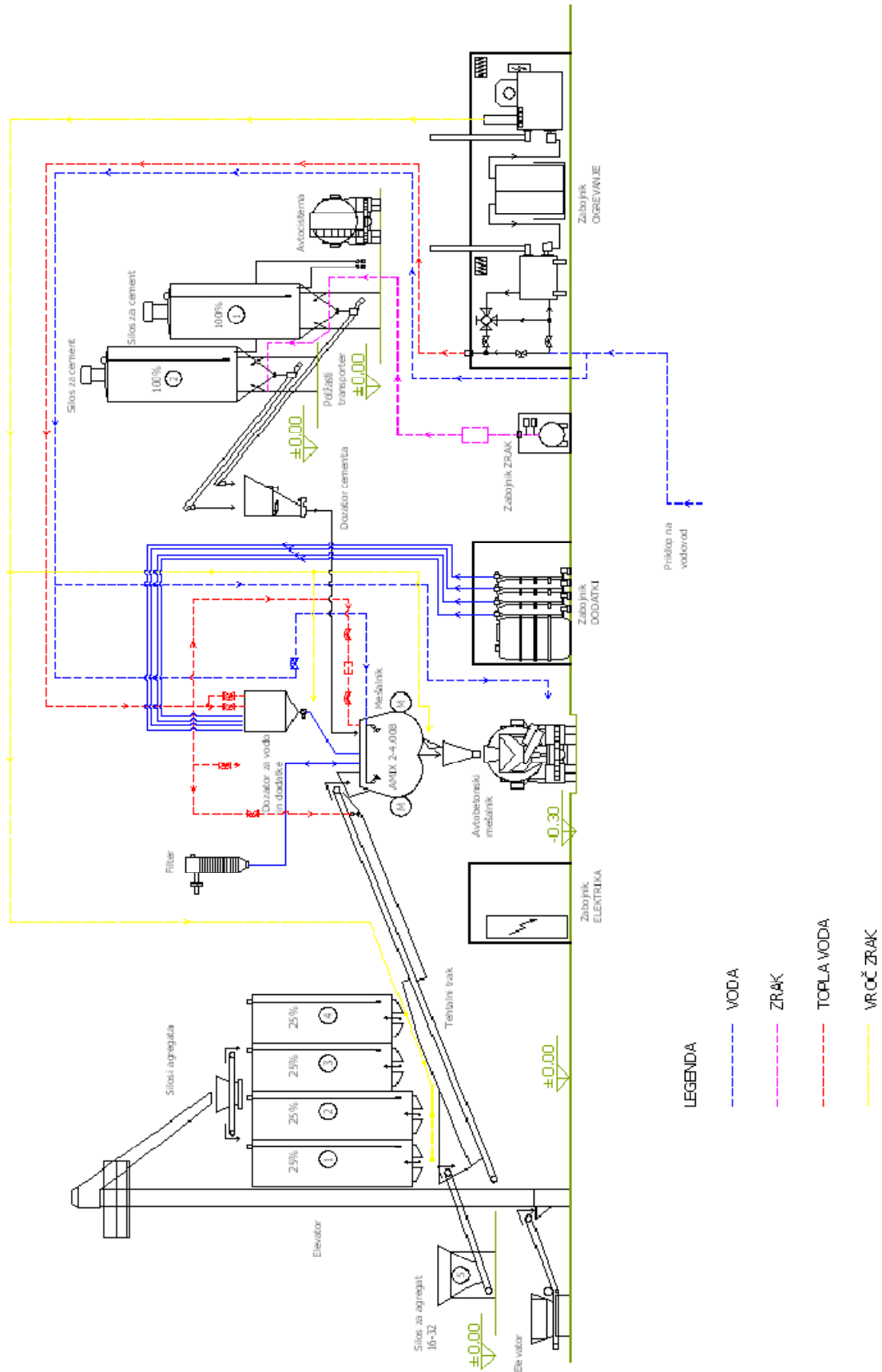


Slika 6: Mobilna betonarna

Preglednica 4: Tehnični podatki mobilne betonarne

| Oprema | Deponija za agregat | Silos za agregat | Silos za cement | Shranjevanje dodatkov | Oskrba z vodo | Transportni trak | Elevator | Mešalnik | Ogrevanje | Usedalnik | Reciklaža odpadnega betona |
|---------------|---------------------|--------------------|-----------------|-------------------------|------------------------------|------------------|-----------------------|-------------------------|--------------|-----------|----------------------------|
| število/način | 5 | 4 | 2 | poseben ogrevan prostor | vodovodno omrežje/ rezervoar | / | 100 m ³ /h | AMIX2-4.00B | polno | DA | NE |
| kapaciteta | 120 m ³ | 60 + 3 x 40 | 60 t | | | | | 96 m ³ /h | kurilno olje | | |
| skupaj | 600 m ³ | 180 m ³ | 120 t | | | | | 49,33 m ³ /h | | | |

HEMA MOBILNE BETONARNE



Slika 7: Shema mobilne betonarne

V vseh zgoraj opisanih betonarnah je možna proizvodnja konstrukcijskih betonov, vendar pa morajo vse pridobiti certifikat kontrole proizvodnje. Opraviti je potrebno začetni preizkus vrste betona in izvajati kontrolo proizvodnje in preskušati vzorce odvzetih v obratu v skladu s predpisanim programom preskušanja. Začetni pregled in kontrole proizvodnje opravi tudi certifikacijski organ (ZAG) in izvaja nadzor, ocenjevanje in potrjevanje kontrole proizvodnje. To pomeni, da so bila upoštevana vsa določila o potrjevanju kontrole proizvodnje opisana v standardih SIST EN 206-1:2006 in SIST 1026:2004.

Za vse dozatorje, tehtalne naprave in podobno opremo je potrebno pridobiti certifikat o kalibraciji, ki velja za določeno časovno obdobje.

Vsi gradbeni proizvodi, ki se uporabljajo pri izdelavi betona morajo imeti izjavo o skladnosti s katero potrjujejo skladnost z določenim standardom. To velja tako za cement, agregat, dodatke ... Prav tako mora imeti vsak gradbeni proizvod tako imenovani varnostni list, kjer je opisano kako je treba z njim ravnati v določenih okoliščinah (redna uporaba, požar, izlitje, izredne razmere...). Poleg zgoraj naštetih stvari, ki jih mora pridobiti betonarna, ne smemo pozabiti na skrb za okolje. Zahteve glede okoljskih zahtev so vse strožje, kar je v današnjih razmerah povsem razumljivo. Drži, da so sodobne betonarne veliko prijaznejše do okolja, za razliko od starejših, vendar pa ta vpliv ni zanemarljiv. Zato morajo vse betonarne pridobiti strokovno oceno o obremenitvi okolja. V tej oceni se ovrednoti različne vplive na okolje, kot so vpliv na podzemne vode, zrak, površinske vode, hrup ter se jih oceni kot primerne ali neprimerne. Vplivi na okolje se bistveno zmanjšajo z določenimi ukrepi, kot so izvedba usedalnika (tu se voda, ki je potrebna za pranje mešalca, mikserjev ..., prečisti do te mere, da jo je mogoče uporabiti za pripravo nekonstrukcijskih betonov) in naprav za recikliranje neustreznih ali odpadnih betonskih mešanic.

7.2 Način določitve vseh stroškov, ki so vezani na pripravo betona

7.2.1 Določitev stroškov za stacionarno betonarno

Za določitev stroškov v stacionarni betonarni sem za osnovni strošek priprave betona uporabil kar veljavni cenik betonov, ki velja v stacionarni betonarni. V tej ceni je zajeta celotna

priprava betona z amortizacijo in servisiranjem betonarne, nabavna vrednost in transport sestavin betona, obratovanje betonarne, delovna sila, energija, atestiranje posameznih vrst betona...

7.2.1.1 Strošek sestavin in priprave betona

Preglednica 4: Cenik betonov [€/m³]

| | |
|--|------------------------|
| BR. BET., C 20/25, XC4, C1-0,20, Dmax. 16, S4 | 86,96 €/m ³ |
| C 12/15, X0, CI-0,20, Dmax. 16, S2 | 41,94 €/m ³ |
| C 12/15, X0, CI-0,20, Dmax. 31,5, S2 | 41,23 €/m ³ |
| C 16/20, X0, CI-0,20, Dmax. 16, S2 | 45,11 €/m ³ |
| C 16/20, X0, CI-0,20, Dmax. 31,5, S2 | 44,23 €/m ³ |
| C 16/20, X0, CI-0,20, Dmax. 8, S2 | 50,62 €/m ³ |
| C 20/25, X0, CI-0,20, Dmax. 16, S2 | 48,70 €/m ³ |
| C 20/25, X0, CI-0,20, Dmax. 31,5, S2 | 46,70 €/m ³ |
| C 20/25, X0, CI-0,20, Dmax. 31,5, S3 | 53,58 €/m ³ |
| C 25/30, X0, CI-0,20, Dmax. 16, S2 | 55,58 €/m ³ |
| C 25/30, X0, CI-0,20, Dmax. 8, S2 | 57,09 €/m ³ |
| C 25/30, XC3, CI-0,20, Dmax. 31,5, S2 | 55,79 €/m ³ |
| C 25/30, XC4, Dmax. 8, S3 | 59,21 €/m ³ |
| C 25/30, XC4, XD2, XS2, CI-0,20, Dmax. 16, S3 | 57,84 €/m ³ |
| C 25/30, XC4, XD2, XS2, CI-0,20, Dmax. 31,5, S3 | 57,29 €/m ³ |
| C 25/30, XC4, XD2, XS2, XF3, CI-0,20, Dmax. 16, S3 | 62,05 €/m ³ |
| C 25/30, XC4, XD2, XS2, XF3, CI-0,20, Dmax. 31,5, S3 | 62,68 €/m ³ |
| C 25/30, XCI, CI-0,20, Dmax. 16, S3 | 53,41 €/m ³ |
| C 30/37, XC4, XD2, XS2, XF3, C1-0,20, Dmax. 31,5, S3 | 68,14 €/m ³ |
| C 30/37, XC4, XD2, XS2, XFI, CI-0,20, Dmax. 16, S3 | 68,48 €/m ³ |
| C 30/37, XC4, XD2, XS2, XFI, CI-0,20, Dmax. 31,5, S3 | 67,94 €/m ³ |
| C 30/37, XC4, XD3, XS2, XF4, CI-0,20, Dmax. 16, S3 | 66,14 €/m ³ |
| C 30/37, XC4, XD3, XS2, XF4, CI-0,20, Dmax. 31,5, S3 | 66,22 €/m ³ |
| C 35/45, X0, CI-0,20, Dmax. 16, S4 | 68,52 €/m ³ |
| C 35/45, X0, CI-0,20, Dmax. 31,5, S4 | 68,98 €/m ³ |
| C 8/10, X0, CI-0,20, Dmax. 16, S2 | 39,52 €/m ³ |
| C 8/10, X0, CI-0,20, Dmax. 31,5, S2 | 38,85 €/m ³ |
| DRENAŽNI BETON | 28,92 €/m ³ |
| STABILIZACIJA | 30,36 €/m ³ |
| TR. BET., C 30/37, XC4, XF4, C1-0,20, Dmax. 16, S1 | 69,15 €/m ³ |

7.2.1.2 Strošek avtobetonskega mešalca – mikserja

Ker je tema diplomske naloge izbrati ustrezno vrsto betonarne in gre pretežno za zunanji transport betonske mešanice, sem za izračun izbral 8 m³ avtobetonski mešalec. Strošek le tega je ob znani urni najemnini odvisen predvsem od razdalje od betonarne do mesta vgraditve. Za takšen izračun pa moramo najprej izračunati praktično kapaciteto avtobetonskega mešalca. Za izračun le te pa moram še prej izračunati praktično kapaciteto cikličnega mešalca.

7.2.1.2.1 Določitev praktične kapacitete cikličnega mešalnika

Običajno imamo v tehničnih podatkih navedeno teoretično kapaciteto mešalnika. Ta podatek velja ob pogoju, da stroj obratuje neprestano, brez prestanka. Praktična kapaciteta cikličnega mešalnika pa upošteva tudi čas, ko stroj ne obratuje (čiščenje, priprava...) in se izračuna po naslednji enačbi:

$$U_{pr} = \frac{V_r \times f \times n}{1000} \times K_v$$

Kjer je:

V_r = delovna prostornina bobna cikličnega mešalca za pripravo betona z gravitacijskim ali prisiljenim načinom dela

$$V_r = K_f \times V_g$$

K_f = koeficient zavzetosti, polnosti bobna mešalca pri pripravi betona (0,40-0,90 za gravitacijske mešalce; 0,6-1,0 za mešalce z prisiljenim načinom dela)

V_g = geometrijska prostornina bobna mešalca (litri)

f = koeficient gotovosti betonske mešanice (0,65-0,80)

n = število ciklov mešalca

$$n = \frac{3600}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4}$$

t_1 = čas potreben za polnjenje sestavin betona v mešalec (10-20sek.)

t_2 = čas potreben za mešanje komponent, čas priprave betonske mešanice (60-120sek.)

t_3 = čas potreben za iztros betonske mešanice iz mešalca (prekucni mešalec 15-20sek.,
neprekucni mešalec 25-35sek., mešalec z dnom z odpiranjem pa 12-14sek.)

t_4 = čas potreben za pripravo mešalca za nov cikel

K_v = koeficient časovne izkoriščenosti mešalca

7.2.1.2.2 Določitev praktične kapacitete avtobetonskega mešalca

$$U_{pr} = V_r \times f \times n \times K_v$$

V_r = delovna prostornina avtobetonskega mešalca

$$V_r = K_f \times V_g$$

K_f = koeficient polnosti bobna avtomešalca (0,4-0,9)

V_g = geometrijska prostornina avtobetonskega mešalca (m^3)

$$n = \frac{60}{t_u + t_o + t_i + t_p}$$

t_u = čas potreben za polnjenje avtomešalca

$$t_u = \frac{V_r}{FU_{pr}} \times 60$$

FU_{pr} = praktični učinek stolpne(vertikalne) betonarne

t_0 = čas potreben za potovanje polnega avtomešalca od betonarne do gradbišča

$$t_0 = \frac{L_0}{V_0} \times 60$$

L_0 = dolžina poti

V_0 = hitrost avtobetonskega mešalca

t_i = čas potreben za iztros betona

$$t_i = st_i \times V_r \times f$$

st_i = specifičen čas potreben za praznjenje bobna (min/m^3)

f = faktor praznjenja (podaljšanje časa praznjenja, morebitni zastoji oziroma čiščenje mešalca)

t_p = čas potreben za vrnitev avtomešalca do betonarne

$$t_p = \frac{L_p}{V_p} \times 60$$

L_p = dolžina poti vračanja avtomešalca

V_p = hitrost vračanja avtomešalca (km/h)

K_v = časovna izkoriščenost avtomešalca

Urna najemnina avtobetonskega mešalca zanaša 42,30 €.

Celoten strošek priprave in transporta betona do gradišča pa lahko določimo na osnovi cenika betona v stacionarni betonarni, tem cenam pa prištejemo še strošek prevoza.

7.2.2 Določitev stroškov za mobilno betonarno

Pri mobilni betonarni pa je določitev vseh stroškov nekoliko drugačna. Cena m^3 betona je v tem primeru potrebno izračunati na novo. To pomeni, da je potrebno v ceno zajeti ves nastale stroške pri izdelavi betona. Tako je potrebno upoštevati stroške nabavnih cen in transporta materiala do betonarne, najemnine in servisiranja betonarne, postavitve betonarne, delovne sile za montažo, demontažo in obratovanje betonarne, električne energije, najemnine opreme, postavitve, vzdrževanja betonarne, soglasji in strokovnih ocen in strošek prvega zagona betonarne. V nadaljevanju si oglejmo način določitve teh stroškov.

7.2.2.1 Strošek najemnine betonarne

Za gradbeništvo tipična oprema so delovni in fasadni odri ter podporni sistemi in sistemski opaži, ki imajo tudi značaj opredmetenih sredstev, katerih vrednost prenašamo na izdelek kot amortizacijske stroške. Ker tovrstno opremo potrebujemo na objektu le določeno število dni, nakar jo prestavimo na drug objekt ali pa čaka na deponiji, za obračun stroškov uporabimo mersko enoto "dan". Tovrstne stroške pa imenujemo najemnina opreme. Račun poenostavimo toliko, da upoštevamo predvideni letni amortizacijski odpis izbrane količine opreme po enačbi:

$$\text{najemnina [N]} = \frac{V_a \times k_i}{365} = (\text{€/dan})$$

Letni amortizacijski odpis za dobo koristnosti zanaša [V_a]:

$$V_a = \frac{\text{nabavna vrednost}}{\text{doba koristnosti}} = (\text{€/leto})$$

Koeficient izkoriščenosti [k_i]:

$$k_i = \frac{\text{letno dni na deponiji}}{\text{letno dni v uporabi}} + 1$$

7.2.2.2 Strošek montaže in demontaže betonarne

Vsaka mobilna betonarna zahteva določena pripravljala dela na gradbišču. Ustrezno je potrebno pripraviti teren, izdelati temelje betonarne, dovozne platoje, usedalnik, deponije agregata..., kar pa zahteva določen čas in denar. Vse pa je odvisno od velikosti in zmogljivosti betonarne.

Spodnja tabela prikazuje koliko delovne sile in koliko časa potrebujemo za postavitvev betonarne ter vsa pripravljala dela za postavitvev mobilne betonarne.

Večja mobilna betonarna:

Preglednica 5: Strošek delovne sile za postavitve večje mobilne betonarne [€]:

| | montaža | | demontaža | |
|------------------|---------|-------|-----------|-------|
| | KV | Vodja | KV | Vodja |
| Čas postavitve | 30 | | 30 | |
| Število delavcev | 6 | 1 | 6 | 1 |
| Število ur/dan | 10 | 4 | 10 | 4 |
| Urna postavka | 5,1 | 7,6 | 5,1 | 7,6 |
| STROŠEK | 9180 | 912 | 9180 | 912 |
| STROŠEK SKUPAJ | 10092 | | 10092 | |

Preglednica 6: Strošek pripravljanih del, ki so potrebne za postavitve večje mobilne betonarne [€]:

| | Usedalnik | Deponija | Temelji | Priprava terena |
|----------------|-----------|----------|---------|-----------------|
| STROŠEK | 5000 | 15000 | 70000 | 20000 |
| STROŠEK SKUPAJ | 110000 | | | |

Mobilna betonarna:

Preglednica 7: Strošek delovne sile za postavitve mobilne betonarne [€]:

| | montaža | | demontaža | |
|------------------|---------|-------|-----------|-------|
| | KV | Vodja | KV | Vodja |
| Čas postavitve | 14 | | 14 | |
| Število delavcev | 6 | 1 | 6 | 1 |
| Število ur/dan | 10 | 4 | 10 | 4 |
| Urna postavka | 5,1 | 7,6 | 5,1 | 7,6 |
| STROŠEK | 4284 | 425,6 | 4284 | 425,6 |
| STROŠEK SKUPAJ | 4709,6 | | 4709,6 | |

Preglednica 8: Strošek pripravljanih del, ki so potrebni za postavitve mobilne betonarne [€]:

| | Usedalnik | Deponija | Temelji | Priprava terena |
|----------------|-----------|----------|---------|-----------------|
| STROŠEK | 5000 | 15000 | 70000 | 20000 |
| STROŠEK SKUPAJ | 110000 | | | |

7.2.2.3 Strošek obratovanja betonarne

Za obratovanje vsake betonarne potrebujemo ves čas njenega obratovanja določeno osebje, ki upravlja in oskrbuje betonarno. V preglednici je prikazano število ljudi in opreme, ki so potrebni za obratovanje betonarne ter podatki za izračun stroška obratovanja in najema opreme. Le ti so odvisni predvsem od časa obratovanja betonarne. Strošek delavne sile in opreme pa izračunamo:

$$\text{Strošek delovne sile} = \text{št. delavcev} \times \text{urna postavka}[\text{€/h}] \times \text{št. ur/dan} \times \text{št. delovnih dni}$$

$$\text{Strošek opreme} = \text{št. obratovalnih dni} \times 24 \times \text{najemnina opreme}[\text{€/h}]$$

Preglednica 9: Izračun stroška obratovanja betonarne

| | | A | B | C |
|---|-------------------------|------------------------|---------------------|---------------------|
| | | Delovna sila | | Mehanizacija |
| | | Vodja betonarne | Strojnik betonarne | Nakladalnik |
| 1 | Število obrat. dni | različno po gradbiščih | | |
| 2 | Število delavcev | 1 | 2 | 1 |
| 3 | Ur/dan | 4 | 10 | 24 |
| 4 | Urna postavka/najemnina | 7,6 | 5,1 | 19,4 |
| 5 | STROŠEK | = A1 x A2 x A3 x A4 | = B1 x B2 x B3 x B4 | = C1 x C2 x C3 x C4 |
| | STROŠEK SKUPAJ | = A5 + B5 + C5 | | |

7.2.2.4 Strošek prevoza betonarne

Strošek prevoza betonarne je ocenjen na podlagi dosedanjih prevozov.

Ocena stroška prevoza za večjo mobilno betonarno:

Za prevoz večje mobilne betonarne, ki jo uporablja podjetje SCT, je potrebnih 19 sedlastih vlačilcev. V vseh primerih gre za izredni prevoz tovora. Ocenjen strošek za prevoz betonarne znaša približno 5000 €.

Ocena stroška prevoza za mobilno betonarno:

Pri mobilnih betonarnah pa je večino sestavnih elementov zasnovanih tako, da za prevoz lahko uporabimo navadna vozila, le za osrednjo nosilno konstrukcijo mešalnika in pa cementne silose potrebujemo izredni prevoz. Strošek je zato nekoliko manjši in znaša približno 2500 €.

7.2.2.5 Strošek transporta in nabavne cene sestavin

Strošek transporta sestavin je odvisen od oddaljenosti izvora do betonarne na gradbišču. Odvisen je tudi od vrste transportnega sredstva. V nadaljevanju bom prikazal način izračuna stroškov transporta in pa nabavne vrednosti posameznega materiala.

7.2.2.5.1 Agregat

Preglednica 10: Nabavna vrednost agregata

| €/m ³ | Verd | Calcit | Pomgrad | IGM Zagorje |
|------------------|-------|--------|---------|-------------|
| mivka | | | | 17,60 |
| 0-4 | 12,91 | 14,40 | 12,18 | |
| 4-8 | 9,88 | 11,34 | 9,80 | |
| 8-16 | 10,06 | 11,34 | 8,20 | |
| 16-32 | 10,71 | 11,34 | 7,50 | |

Za prevoz agregata sem izbral polpriklopnik, ki je namenjen predvsem transportu materiala po javnih cestah in je primeren za uporabo pri večjih razdaljah.

Tehnični podatki:

Prostornina kesona znaša: 24 m³

Masa vozila + polpriklopnik: 16 t

Največja skupna dovoljena masa: 40 t

Pri prevozu po javnih cestah moramo biti posebej pozorni, da skupna dovoljena masa ne presega 40 t. To pomeni, da moramo poznati prostorninsko težo materiala, ki ga prevažamo in na osnovi te izračunati koliko m³ materiala lahko prepeljemo z eno vožnjo. V tem primeru lahko z eno vožnjo prepeljemo 24 t ali približno 15 m³ materiala. Najemnina takšnega prevoznega sredstva s strojnikom znaša 48,90 €/h.

Preglednica 11: Prostorninske teže materiala

| kg/m ³ | Verd | Calcit | Pomgrad | IGM Zagorje |
|-------------------|------|--------|---------|-------------|
| mivka | | | | 1550 |
| 0-4 | 1480 | 1600 | 1730 | |
| 4-8 | 1386 | 1500 | 1680 | |
| 8-16 | 1471 | 1450 | 1680 | |
| 16-32 | 1471 | 1450 | 1680 | |

Strošek transporta za m³ materiala izračunamo sledeče:

$$S_t = \frac{t_n \times C_v + t_p \times 2 \times C_v + t_k \times C_v}{15}$$

t_n = čas nakladanja [h]

t_p = čas prevoza [h]

t_k = čas kipanja [h]

C_v = cena vozila [€/h]

S_t = strošek transporta [€]

7.2.2.5.2 Cement

Preglednica 12: Nabavna vrednost cementa

| €/t | Salonit |
|-------------------|---------|
| CEM II/B-P 42,5 N | 79,00 |
| CEM II/A-S 42,5 R | 92,60 |

Za dobavitelja cementa sem izbral podjetje Salonit iz Anrovega. Transport cementa do gradbišča je že v domeni podjetja. Strošek cementa dobimo tako, da nabavni ceni cementa prištejemo še strošek transporta, ki pa je odvisen predvsem od oddaljenosti gradbišča.

7.2.2.5.3 Dodatki

Preglednica 13: Nabavne cene dodatkov

| dodatek | €/kg |
|---------------|------|
| TKK Zeta | 0,53 |
| TKK ETA S | 0,42 |
| MBT glenium | 1,99 |
| Mapei AF 1000 | 0,81 |

Za transport dodatkov pa sem izbral 3 – osni tovornjak z hiab-om. Tako je z njim možno na tovornjak naložiti kot tudi razložiti tovor. Najemnina pa znaša 46,60 €/h.

Tehnični podatki:

Prostornina kesona znaša: 12 m³

Masa vozila: 11 t

Največja skupna dovoljena masa: 25 t

Glede na tehnične podatke vidimo, da je s tovrstnim vozilom mogoče z eno vožnjo prepeljati tovor teže 14 t.

Izračun stroška transporta za t tovara je enak kot pri strošku transporta za agregat.

$$S_t = \frac{t_n \times C_v + t_p \times 2 \times C_v + t_r \times C_v}{14}$$

t_n = čas nakladanja [h]

t_p = čas prevoza [h]

t_r = čas razkladanja [h]

C_v = cena vozila [€/h]

S_t = strošek transporta [€]

7.2.2.5.4 Voda

V večini primerov so mobilne betonarne priključene na javno vodovodno omrežje. V tem primeru je strošek porabljene vode enak strošku priklopa + strošek porabljene vode. Cena za kubični meter porabljen vode pa znaša približno 0,65 €/m³. V primeru, da priklop na javno vodovodno omrežje ni mogoč pa je potrebno vodo dovažati na gradbišče. V tem primeru strošek porabljene vode izračunamo sledeče:

$$S_{pv} = S_t + S_v$$

S_{pv} = strošek porabljene vode [€/m³]

S_t = strošek transporta vode

S_v = strošek vode (0,65 €/m³)

Za izračun stroška transporta vode sem izbral 3 – osni kamion opremljen z cisterno, prostornine 16000 l. Najemnina takšnega transportnega sredstva znaša 44,90 €/h.

Tehnični podatki:

Prostornina cisterne znaša: 16000 l

Masa vozila + cisterna: 9 t

Največja skupna dovoljena masa: 25 t

Glede na tehnične podatke vidimo, da je s tovrstnim vozilom mogoče z eno vožnjo prepeljati tovor teže 16000 l vode.

Strošek transporta vode:

$$S_t = t_{po} \times C_v + t_p \times 2 \times C_v + t_{pr} \times C_v$$

t_{po} = čas polnjenja [h]

t_p = čas prevoza [h]

t_{pr} = čas praznjenja[h]

C_v = cena vozila [€/h]

S_t = strošek transporta[€]

7.2.2.6 Strošek energije

Za obratovanje betonarne potrebujemo določeno energijo, v tem primeru električno. Večino sestavnih delov poganja električna energija, zato je strošek električne energije tisti, ki najbolj vpliva na ceno m³ betona. Za analizo izbire rentabilnosti mobilne betonarne sem v diplomski nalogi strošek električne energije izračunal na naslednji način.

$$S_{em} = \frac{K_{bet}}{U_{pr}} \times C_e \times M$$

S_{em} = strošek energije betonskega mešalca [€]

K_{bet} = količina vgrajenega betona [m³]

U_{pr} = praktični učinek betonarne (mešalnika) [m³/h]

C_e = cena električne energije [€/kWh]

M = moč motorjev mešalca [kWh]

Poleg električne energije, ki jo porabi betonski mešalec, kot največji porabnik električne energije, moramo prišteti še energijo, ki jo porabijo ostale naprave, kot so:

- Elevator,
- transportni trak,
- polžasti transporter,
- črpalke,
- računalniki in
- ...

Strošek te električne energije je ocenjen na 30% celotne električne energije, ki jo porabi mešalec betona. Tako znaša celoten strošek porabljene energije [S_e]:

$$S_e = S_{em} \times 1,3$$

7.2.2.7 Strošek vzdrževanja betonarne

Med samim obratovanjem betonarne lahko pride tudi do nepredvidenih zastojev ali okvar posameznih sestavnih delov. V ta namen je potrebno že naprej predvideti določene stroške vzdrževanja [S_v], ki nastanejo v zvezi s tem. Tako sem predvidel, da znašajo ti stroški približno 20% celotne najemnine betonarne.

$$S_v = N \times 0,2$$

N = najemnina betonarne

7.2.2.8 Strošek prvega zagona betonarne in preizkušanja proizvodov

Pri izdelavi betona je potreben stalni nadzor kakovosti proizvoda, kar posledično pomeni, da pride tudi do dodatnih stroškov. V prejšnjem poglavju sem prikazal strukturo cene za pripravo m^3 betona iz kjer lahko razberemo, da znaša strošek atestiranja in kontrole proizvoda približno 1,5 % celotne cene priprave m^3 betona. Torej bom upošteval, da znaša strošek prvega zagona in preizkušanja proizvodov 1,5 % celotnega stroška za priprave betona na posameznem gradbišču.

7.3 Plan betoniranja

Plan betoniranja je v svojem bistvu sestavni del projekta betona. Vsebinsko po eni strani opredeljuje vse potrebne postopke pri proizvodnji betona, ki zagotavljajo proizvodnjo betonov skladno z zahtevami projekta. Na drugi strani pa opredeljuje zahteve oz. postopke, ki jih je treba izvesti na gradbišču, da je izvedba same konstrukcije popolnoma v skladu z zahtevami projekta glede mehanskih in obstojnostnih lastnosti. Popolna ali čim boljša skladnost proizvodnje in vgrajevanja je pogoj za izvedbo kakovostne konstrukcije kot posameznega elementa ali celote. V diplomski nalogi zato obravnavam stanje proizvodne opreme, vplivov na izbor tehnologij proizvodnje betona, ukrepe, ki jih je treba izvesti na gradbišču in pomanjkljivosti oz. probleme, ki se pojavljajo pri proizvodnji in na gradbiščih.

Paleta gradenj zahteva proizvodnjo različnih vrst betonov in je zato uporaba primernih tehnologij proizvodnje velikega pomena. To se kaže predvsem pri proizvodnji betonov odpornih na vplive zmrzovanja ob prisotnosti soli, betonov visoke tlačne trdnosti in ostalih betonov posebnih lastnosti kot so betoni s povečano stopnjo žilavosti, odpornosti na udar, specialne vrste betonov za preplastitve.

Na osnovi podatkov oz. povpraševanja za proizvodnjo različnih vrst betonov proizvajalec glede na razpolaganje s primerno strojno opremo ter preskušeni in vrednostno dokazani tehnologiji pripravi plan proizvodnje zahtevanih količin v željenem in predpisanem času.

Na osnovi tega se pripravi plan tekoče kontrole proizvodnje z zahtevami pravilnika, tehničnimi pogoji ali drugimi posebnimi zahtevami.

Vodstvo gradnje je dolžno pravočasno preučiti zahteve projekta za vgradnjo posameznih vrst betona. Pravočasen pregled zahtev projektov je potreben predvsem v smislu zahtevanih lastnosti betona kakor tudi njihove količine.

Od tega je odvisna možnost pravočasne priprave tehnologij proizvodnje zahtevanih vrst betonov z optimizacijo in eventualno korekcijo posameznih sestav.

Zelo pomemben je tudi terminski plan same izvedbe posameznih konstruktivnih elementov, predvsem pa tudi letni čas izvajanja del. Različna letna obdobja proizvodnje iste vrste betona zahtevajo različne tehnološke rešitve proizvodnje betona.

Z doseganjem višje stopnje usklajenosti proizvodnega obrata in gradbišča, kakor tudi projektanta v smislu poznavanja tehnologij, možnosti izvedb in dejanskega stanja, bomo

dosegli optimalno planiranje proizvodnje in vgradnje (plan betoniranja) ter optimizirali tako kakovost kakor tudi proizvodne stroške betona (Vir 2).

7.4 Prikaz stroškov po posameznih gradbiščih

Rentabilnost mobilne betonarne bom skušal prikazati na osnovi 21 gradbišč, ki so locirana na različnih mestih po Sloveniji. Izračun celotnega stroška priprave betona na posameznem gradbišču je drugačen v primeru stacionarne betonarne ali v primeru mobilne betonarne. V nadaljevanju je opisan postopek izračuna za posamezni primer.

7.4.1 Stacionarna betonarna

V primeru stacionarne betonarne je izračun stroška priprave in transporta betona nekoliko lažji, kot v primeru mobilne betonarne. Na osnovi cenika posameznih betonskih mešanic, pripravljenih v stacionarni betonarni in oddaljenosti posameznih gradbišč od betonarne je postopek izračuna sledeč. V ceni m³ betona so že zajeti vsi stroški, ki nastanejo pri pripravi določene betonske mešanice. Glede na količino in ceno priprave posameznega betona lahko izračunamo strošek priprave betona v betonarni, kateremu nato prištejem še strošek transporta do gradbišča. V tem primeru sem za način transporta izbral avtobetonski mešalec, ki lahko z eno vožnjo prepelje 8 m³ betona. Za izračun stroška transporta potrebujemo še podatek o praktičnem učinku betonarne, praktičnem učinku avtobetonskega mešalca ter ceno za uro najema vozila.

Preglednica 14: Oddaljenost gradbišč od stacionarne betonarne

| GRADBIŠČE | ODDALJENOST [km] |
|---------------------|------------------|
| STEGNE | 6,90 |
| AC ŠENTVID KOSEZE | 9,40 |
| MOST LANCOVO | 51,00 |
| HOFER PREVOJE | 16,00 |
| PHO KOZARJE | 16,00 |
| BARJANSKA CESTA | 9,50 |
| PHO MALENCE | 14,50 |
| BTC | 6,50 |
| PEDIATRIČNA KLINIKA | 7,50 |
| ŠPAR - LETALIŠKA 26 | 7,50 |

| | |
|-----------------|--------|
| TERMINAL BRNIK | 25,00 |
| PAPIRNICA VEVČE | 12,00 |
| OPERA | 8,00 |
| BS KAJUHOVA | 6,50 |
| SN LAVRICA | 18,00 |
| PSO MENGEŠ | 10,50 |
| PSO KRISMA | 6,50 |
| PREDOR ŠENTVID | 7,90 |
| LJUBNO | 43,00 |
| CENKOVA | 151,00 |
| PREDOR LEŠČEVJE | 54,00 |

Praktični učinek stacionarne betonarne lahko rečemo, da je enak praktičnemu učinku mešalca v betonarni. Tip mešalnik v stacionarni betonarni je AMMANN AMIX3_6.00B.

Preglednica 15: Tehnični podatki mešalnikov

| | AMIX3_6.00B | AMIX2_4.00B |
|--|---------------------------|---------------------------|
| Količina priprave betona z enim ciklom | 3,00 m ³ /cikl | 2,00 m ³ /cikl |
| Zmogljivost | 127 m ³ /h | 96 m ³ /h |
| Število motorjev | 4 | 2 |
| Moč motorjev | 37 kW | 45 kW |
| Dolžina | 2170 mm | 2400 mm |
| Širina | 2500 mm | 1910 mm |
| Medosna razdalja | 1090 mm | 830 mm |
| Bruto prostornina | 6,44 m ³ | 4,12 m ³ |
| Neto prostornina | 5,79 m ³ | 3,71 m ³ |
| Koeficient polnosti | 0,60 | 0,64 |

Praktična kapaciteta mešalnika je izračunana na podlagi predhodno opisanega postopka in znaša 78,52 m³/h ($K_f = 0,60$, $f = 0,80$, $t_1 = 15$ s, $t_2 = 80$ s, $t_3 = 13$ s, $t_4 = 4$ s, $K_v = 0,88$).

$$U_{pr} = \frac{V_r \times f \times n}{1000} \times K_v = \frac{3470 \times 0,80 \times 32,14}{1000} \times 0,88 = 78,52 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V_r = K_f \times V_g = 0,60 \times 5790 \text{ l} = 3470 \text{ l}$$

$$n = \frac{3600}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4} = \frac{3600}{15 + 80 + 13 + 4} = 32,14$$

Praktični učinek avtobetonskega mešalca pa je odvisen od oddaljenosti gradbišča od betonarne. Prikazan izračun velja za gradbišče št. 1, ki je od stacionarne betonarne oddaljen 6 km.

$$U_{pr} = V_r \times f \times n \times K_v = 8,0 \times 0,8 \times 1,31 \times 0,92 = 7,72 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V_r = K_f \times V_g = 0,56 \times 14,29 = 8,0 \text{ m}^3$$

$$n = \frac{60}{t_u + t_o + t_i + t_p} = \frac{60}{6,11 + 6,9 + 26,4 + 6,37} = 1,31$$

$$t_u = \frac{V_r}{FU_{pr}} \times 60 = \frac{8,0}{78,52} \times 60 = 6,11 \text{ min}$$

$$t_o = \frac{L_0}{V_0} \times 60 = \frac{6,9}{60} \times 60 = 6,9 \text{ min}$$

$$t_i = st_i \times V_r \times f = 3,0 \times 8 \times 1,1 = 26,4 \text{ min}$$

$$t_p = \frac{L_p}{V_p} \times 60 = \frac{6,9}{65} \times 60 = 6,37 \text{ min}$$

Najemmina avtobetonskega mešalca zanaša 42,30 €/h.

Na podlagi teh izračunov pridemo do stroškov priprave in transporta betona v stacionarni betonarni in so prikazani v spodnji tabeli.

| GRADBIŠČE | Količina [m ³] | Strošek betona [€] | Oddaljenost [km] | U _{pr} hruške [m ³ /h] | Čas prevoza [h] | Strošek prevoza [€] | Cena betona za gradbišče skupaj [€] |
|------------------------|-------------------------------|-----------------------|---------------------|---|--------------------|------------------------|---|
| 1 Stegne | 2339,50 | 132361,61 | 6,90 | 7,72 | 303,18 | 12824,55 | 145186,17 |
| 2 AC Šentvid Koseze | 1380,25 | 69410,11 | 9,40 | 6,98 | 197,65 | 8360,72 | 77770,84 |
| 3 Most Lancovo | 785,50 | 49308,55 | 51,00 | 2,71 | 290,36 | 12282,24 | 61590,79 |
| 4 Hofer Prevoje | 22028,30 | 1297777,69 | 16,00 | 5,58 | 3945,88 | 166910,90 | 1464688,60 |
| 5 PHO Kozarje | 617,75 | 39876,05 | 16,00 | 5,58 | 110,66 | 4680,76 | 44556,81 |
| 6 Barjanska cesta | 3176,95 | 171716,85 | 9,50 | 6,96 | 456,67 | 19317,20 | 191034,05 |
| 7 PHO Malence | 562,75 | 30742,04 | 14,50 | 5,85 | 96,21 | 4069,65 | 34811,69 |
| 8 BTC | 527,65 | 29161,61 | 6,50 | 7,85 | 67,23 | 2843,85 | 32005,46 |
| 9 Pediatrična klinika | 1948,85 | 110901,48 | 7,50 | 7,53 | 258,92 | 10952,35 | 121853,83 |
| 10 ŠPAR - Letališka 26 | 1026,00 | 69895,91 | 7,50 | 7,53 | 136,31 | 5766,02 | 75661,93 |
| 11 Terminal Brnik | 1778,74 | 107600,13 | 25,00 | 4,38 | 405,77 | 17163,86 | 124764,00 |
| 12 Papirnica Vevče | 5753,75 | 336401,75 | 12,00 | 6,36 | 905,38 | 38297,38 | 374699,13 |
| 13 Opera | 3196,05 | 190902,97 | 8,00 | 7,38 | 433,32 | 18329,46 | 209232,43 |
| 14 BS Kajuhova | 719,70 | 37827,26 | 6,50 | 7,85 | 91,70 | 3878,93 | 41706,18 |
| 15 SN Lavrica | 12214,51 | 746084,47 | 18,00 | 5,26 | 2320,94 | 98175,73 | 844260,20 |
| 16 PSO Mengeš | 1109,00 | 67725,12 | 10,50 | 6,70 | 165,45 | 6998,55 | 74723,67 |
| 17 PSO KRISMA | 2231,70 | 123566,28 | 6,50 | 7,85 | 284,35 | 12028,07 | 135594,35 |
| 18 Predor Šentvid | 196491,75 | 13322108,82 | 7,90 | 7,41 | 26533,39 | 1123362,58 | 14444471,39 |
| 19 Ljubno | 29023,30 | 1636527,88 | 43,00 | 3,07 | 9464,56 | 400351,02 | 2036878,90 |
| 20 Cenkova | 87843,65 | 5521412,83 | 151,00 | 1,09 | 80289,04 | 3396226,53 | 8917639,36 |
| 21 Predor Leščevje | 30768,25 | 2111197,58 | 54,00 | 2,59 | 11875,95 | 502352,66 | 2613550,23 |

Slika 8: Pregled stroškov priprave in transporta betona v stacionarni betonarni

7.4.2 Mobilna betonarna

Izračun stroškov za pripravo betona v primeru mobilne betonarne se nekoliko razlikuje od izračuna za stacionarno betonarno. Upoštevati je potrebno nekoliko več faktorjev ki vplivajo na ceno m³ betona. Res je da tu nimamo stroška transporta betona do gradbišča, moramo pa zato upoštevati da je betonarna bolj oddaljena od posameznih izvorov agregata, cementa, vode itd., kar pa bistveno vpliva na cene sestavin (FCO gradbišče). Pride tudi do posameznih fiksnih stroškov, ki so vezani na enkratno postavitve mobilne betonarne (stroški, ki nastanejo z vsako postavitvijo betonarne niso vezani na čas obratovanja betonarne ter oddaljenosti betonarne od izvorov sestavin in so enaki za vsa gradbišča, kjer je predvidena postavitve mobilne betonarne), le te pa porazdelimo na količino pripravljenega betona. To pomeni, da so ob večji količini pripravljenega betona ti stroški za m³ pripravljenega betona manjši.

Pregled posameznih fiksnih stroškov za primer gradbišča št. 21 (velikost in vrsta stroškov je določena v predhodnem delu diplomske naloge):

- pripravljalna dela (110 000 €),
- montaža betonarne (4709,6 €),
- demontaža betonarne (4709,6 €) in
- prvi zagon, kontrola (38377 €).

Pregled stroškov, ki so vezani na časovno obdobje ali količino pripravljenega betona:

- energija [S_e]

$$S_{em} = \frac{K_{bet}}{U_{pr}} \times C_e \times M = \frac{30768,25}{49,33} \times 0,09 \times 90 = 5052,16 \text{ €}$$

$$S_e = S_{em} \times 1,3 = 5052,16 \times 1,3 = 6567,80 \text{ €}$$

- upravljanje betonarne, najemnina mehanizacije

Preglednica 16: Izračun stroška upravljanja betonarne in najemnina mehanizacije

| | Delovna sila | | Mehanizacija |
|-----------------------------|-----------------|--------------------|--------------|
| | Vodja betonarne | Strojnik betonarne | Nakladalnik |
| Število obrat. dni | 360 | | |
| Število delavcev | 1 | 2 | 1 |
| Ur/dan | 4 | 10 | 24 |
| Urna postavka/najemnina [€] | 7,6 | 5,1 | 19,4 |
| STROŠEK [€] | 10944 | 36720 | 167616 |
| STROŠEK SKUPAJ [€] | 215280 | | |

- najemnina betonarne

$$\text{najemnina [N]} = \frac{V_{a1} \times k_i}{365} + \frac{V_{a2} \times k_i}{365} = \frac{7500 \times 1}{365} + \frac{96000 \times 1}{365} = 283,56(\text{€/dan})$$

Letni amortizacijski odpis za dobo koristnosti zanaša [V_a]:

Silosi, deponije, zabojniki:

$$V_{a1} = \frac{\text{nabavna vrednost}}{\text{doba koristnosti}} = \frac{125000}{16,667} = 7500(\text{€/leto})$$

mešalnik, elevator, dozatorji, trakovi:

$$V_{a2} = \frac{\text{nabavna vrednost}}{\text{doba koristnosti}} = \frac{480000}{5} = 96000(\text{€/leto})$$

Koeficient izkoriščenosti [k_i]:

Predpostavlja se, da je betonarna v uporabi ves čas in se ne deponira.

$$k_i = \frac{\text{letno dni na deponiji}}{\text{letno dni v uporabi}} + 1 = \frac{0}{365} + 1 = 1$$

- vzdrževanje

$$S_v = N \times 0,3 = 103500 \times 0,2 = 31050 \text{ €}$$

| GRADBILIŠČE | Količina vgrajenega betona [m ³] | Čas obratovanja [mes] | Strošek cementa [€] | Strošek agregata [€] | Strošek vode [€] | Strošek dodatkov [€] | Strošek premika [€] | Prilivljaina dela [€] | Strošek energije [€] | Strošek montaže [€] | Strošek demontaže [€] | Strošek upravljanja [€] | Stroški najemnine [€] | Strošek vzdrževanja in zavarovanja [€] | Strošek najemnine mehancizacije [€] | Strošek atestov, kontrole [€] | Cene betona za gradbišče skupaj [€] |
|-----------------------|--|-----------------------|---------------------|----------------------|------------------|----------------------|---------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|--|-------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|
| 1 STEGNE | 2339,5 | 6 | 69947,11 | 45051,01 | 269,9801 | 6611,207 | 2500 | 110000 | 499,4391 | 4709,6 | 4709,6 | 23832 | 51750 | 15525 | 83808 | 6288,194 | 425501,146 |
| 2 AC ŠENTVID KOSEZE | 1380,25 | 3 | 35109,92 | 26450,2 | 156,1333 | 2211,968 | 2500 | 110000 | 294,6573 | 4709,6 | 4709,6 | 11916 | 25875 | 7762,5 | 41904 | 4103,994 | 277703,578 |
| 3 MOST LANCOVO | 785,5 | 2 | 28110,79 | 18512,82 | 90,39843 | 2922,81 | 2500 | 110000 | 167,6894 | 4709,6 | 4709,6 | 7944 | 17250 | 5175 | 27936 | 3450,431 | 233479,142 |
| 4 HOFER PREVOJE | 22028,3 | 12 | 704557,4 | 428352,1 | 2577,939 | 70053,54 | 2500 | 110000 | 4702,627 | 4709,6 | 4709,6 | 47664 | 103500 | 31050 | 167616 | 25229,89 | 1707222,75 |
| 5 PHO KOZARJE | 617,75 | 2 | 22922,55 | 10931,48 | 70,61405 | 2476,085 | 2500 | 110000 | 131,878 | 4709,6 | 4709,6 | 7944 | 17250 | 5175 | 27936 | 3251,352 | 220008,164 |
| 6 BARIJANSKA CESTA | 3176,95 | 4 | 89214,69 | 58633,31 | 358,1187 | 7856,505 | 2500 | 110000 | 678,2189 | 4709,6 | 4709,6 | 15888 | 34500 | 10350 | 55872 | 5929,051 | 401199,094 |
| 7 PHO MALENCE | 562,75 | 2 | 16005,8 | 11566,38 | 63,41904 | 1392,094 | 2500 | 110000 | 120,1365 | 4709,6 | 4709,6 | 7944 | 17250 | 5175 | 27936 | 3140,58 | 212512,611 |
| 8 BTC | 527,65 | 2 | 15505,38 | 10323,96 | 61,37053 | 1234,658 | 2500 | 110000 | 112,6433 | 4709,6 | 4709,6 | 7944 | 17250 | 5175 | 27936 | 3111,933 | 210574,144 |
| 9 PEDIATRIČNA KLINIKA | 1948,85 | 8 | 59047,9 | 37674,35 | 229,1035 | 5522,191 | 2500 | 110000 | 416,0427 | 4709,6 | 4709,6 | 31776 | 69000 | 20700 | 111744 | 6870,432 | 464899,225 |
| 10 SPAR | 1026 | 6 | 39853,36 | 20235,92 | 118,729 | 4758,219 | 2500 | 110000 | 219,0317 | 4709,6 | 4709,6 | 23832 | 51750 | 15525 | 83808 | 5430,292 | 367449,75 |
| 11 TERMINAL BRNIK | 1778,74 | 7 | 59699,26 | 35678,27 | 207,2535 | 5574,757 | 2500 | 110000 | 379,7274 | 4709,6 | 4709,6 | 27804 | 60375 | 18112,5 | 97776 | 6412,845 | 433935,815 |
| 12 PAPIRNICA VEVČE | 5753,75 | 12 | 183250,7 | 111825,7 | 677,6625 | 16261,82 | 2500 | 110000 | 1228,317 | 4709,6 | 4709,6 | 47664 | 103500 | 31050 | 167616 | 11774,9 | 796768,309 |
| 13 OPERA | 3196,05 | 5 | 104323,1 | 61442,68 | 374,9841 | 10177,19 | 2500 | 110000 | 682,2964 | 4709,6 | 4709,6 | 19860 | 43125 | 12937,5 | 69840 | 6670,229 | 451352,168 |
| 14 BS KAUHOVA | 719,7 | 2 | 19572,3 | 14340,48 | 81,68089 | 1362,316 | 2500 | 110000 | 153,6424 | 4709,6 | 4709,6 | 7944 | 17250 | 5175 | 27936 | 3236,019 | 218970,634 |
| 15 SN LAVRICA | 12214,51 | 18 | 416069,8 | 236778,3 | 1438,71 | 40009,35 | 2500 | 110000 | 2607,568 | 4709,6 | 4709,6 | 71496 | 155250 | 46575 | 251424 | 20153,52 | 1363721,49 |
| 16 PSO MENGEŠ | 1109 | 5 | 37845,98 | 20118,72 | 129,2392 | 3795,129 | 2500 | 110000 | 236,7506 | 4709,6 | 4709,6 | 19860 | 43125 | 12937,5 | 69840 | 4947,113 | 334754,629 |
| 17 PSO KRISMA | 2231,7 | 8 | 64463,57 | 44425,54 | 255,72 | 5881,965 | 2500 | 110000 | 476,4259 | 4709,6 | 4709,6 | 31776 | 69000 | 20700 | 111744 | 7059,636 | 477702,064 |
| 18 PRŽAN | 196491,8 | 36 | 6508511 | 3942657 | 22854,33 | 2067201 | 2500 | 110000 | 41947,28 | 4709,6 | 4709,6 | 142992 | 310500 | 93150 | 502848 | 206318,7 | 13960898,9 |
| 19 LJUBNO | 29023,3 | 7 | 912035,8 | 652497,1 | 3364,277 | 75684,27 | 2500 | 110000 | 6195,927 | 4709,6 | 4709,6 | 27804 | 60375 | 18112,5 | 97776 | 29636,46 | 2005400,48 |
| 20 CENKOVA | 87843,65 | 20 | 2893100 | 1358426 | 10235,42 | 655593,7 | 2500 | 110000 | 18752,96 | 4709,6 | 4709,6 | 79440 | 172500 | 51750 | 279360 | 84616,16 | 5725693,28 |
| 21 LEŠČEVJE | 30768,25 | 12 | 1113264 | 678576,1 | 3614,767 | 286553,6 | 2500 | 110000 | 6568,441 | 4709,6 | 4709,6 | 47664 | 102082,2 | 30624,658 | 167616 | 38377,27 | 2596862,12 |

Slika 9: Pregled stroškov priprave v mobilni betonarni

7.5 Določitev faktorja F_b in pregled vrednosti faktorja po gradbiščih

Na osnovi zgoraj opisanih stroškov priprave betona je možno določiti rentabilnost določene vrste betonarne. Izbral sem dokaj preprost način za sprejem ali zavrnitev odločitve o uporabi mobilne ali stacionarne betonarne na določenem gradbišču. Temelji na razmerju med predvidenim seštevkom vseh stroškov priprave oziroma izdelave betona v stacionarni betonarni in predvidenim seštevkom vseh stroškov priprave oziroma izdelave betona v mobilni betonarni. To razmerje je določeno s faktorjem betonarne F_b . Na osnovi vrednosti tega faktorja sem sprejel ali ovrigel odločitev o postavitvi začasne mobilne betonarne. V nadaljevanju bom prikazal še rezultate analize rentabilnosti mobilne betonarne na že omenjenih 21 različnih gradbiščih.

7.5.1 Faktor F_b

Faktor betonarne:

$$F_b = \frac{\sum \text{stroškov izdelave betona v stacionarni betonarni}}{\sum \text{stroškov izdelave betona v mobilni betonarni}}$$

Na osnovi zgornje enačbe lahko ugotovimo naslednje zakonitosti. V primeru, da je faktor betonarne (v nadaljevanju F_b) veliko manjši od 1 je postavitve mobilne betonarne na tem gradbišču nesmiselna, neupravičena in nerentabilna. V koliko se vrednost faktorja F_b giblje v območju 0,95 – 1,05 je postavitve mobilne betonarne lahko upravičena pod določenimi pogoji. Kadar pa je vrednost faktorja F_b večja od 1,05 pa je uporaba in postavitve mobilne betonarne upravičena in rentabilna, vendar morajo biti v tem primeru izpolnjeni tudi vsi naslednji pogoji, ki pogojujejo postavitev same betonarne. Na razpolago mora biti dovolj prostora za postavitev mobilne betonarne, kar lahko v nekaterih primerih pomeni velik problem oz. celo spremembo odločitve, zemljišče mora biti v lasti izvajalca ali pa mora biti sklenjena ustrezna služnostna pravica, izpolnjene morajo biti vse zahteve z okoljskega vidika (hrup, odpadne vode...), mogočen pa mora biti tudi priklop na javno električno in telekomunikacijsko omrežje.

7.5.2 Pregled vrednosti faktorja F_b po gradbiščih

Spodnja tabela prikazuje skupne stroške za pripravo betona razporejene po gradbiščih in pa vrednosti faktorja F_b .

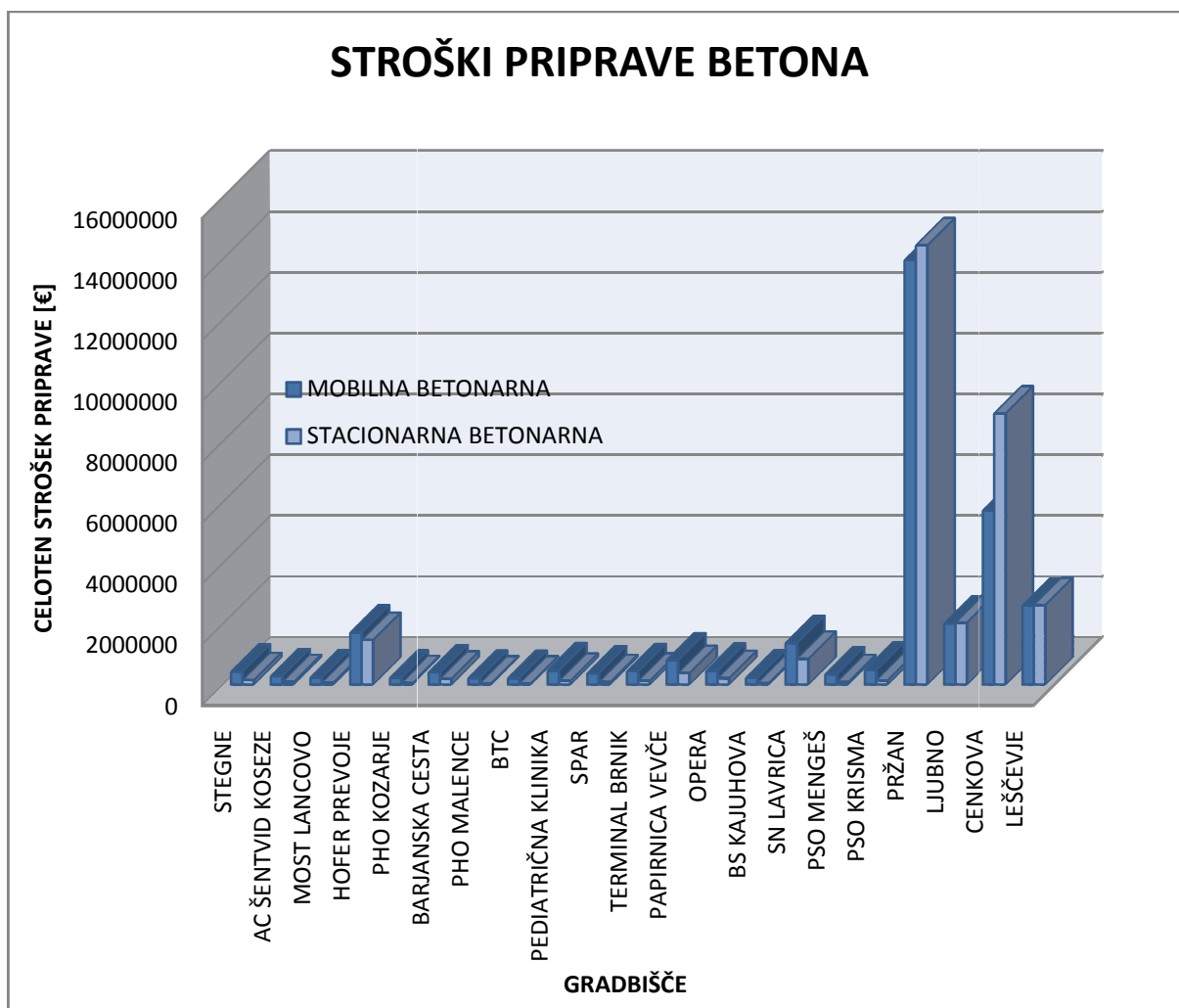
Preglednica 17: Prikaz vrednosti faktorja F_b

| | | Vsota stroškov | | F_b |
|----|---------------------|-----------------------|-------------------|-------|
| | | Stacionarna betonarna | Mobilna betonarna | |
| 1 | STEGNE | 145186,17 | 425501,15 | 0,34 |
| 2 | AC ŠENTVID KOSEZE | 77770,84 | 277703,58 | 0,28 |
| 3 | MOST LANCOVO | 61590,79 | 233479,14 | 0,26 |
| 4 | HOFER PREVOJE | 1464688,60 | 1707222,75 | 0,86 |
| 5 | PHO KOZARJE | 44556,81 | 220008,16 | 0,20 |
| 6 | BARJANSKA CESTA | 191034,05 | 401199,09 | 0,48 |
| 7 | PHO MALENCE | 34811,69 | 212512,61 | 0,16 |
| 8 | BTC | 32005,46 | 210574,14 | 0,15 |
| 9 | PEDIATRIČNA KLINIKA | 121853,83 | 464899,23 | 0,26 |
| 10 | SPAR | 75661,93 | 367449,75 | 0,21 |
| 11 | TERMINAL BRNIK | 124764,00 | 433935,81 | 0,29 |
| 12 | PAPIRNICA VEVČE | 374699,13 | 796768,31 | 0,47 |
| 13 | OPERA | 209232,43 | 451352,17 | 0,46 |
| 14 | BS KAJUHOVA | 41706,18 | 218970,63 | 0,19 |
| 15 | SN LAVRICA | 844260,20 | 1363721,49 | 0,62 |
| 16 | PSO MENGEŠ | 74723,67 | 334754,63 | 0,22 |
| 17 | PSO KRISMA | 135594,35 | 477702,06 | 0,28 |
| 18 | PRŽAN | 14444471,39 | 13960898,91 | 1,03 |
| 19 | LJUBNO | 2036878,90 | 2005400,48 | 1,02 |
| 20 | CENKOVA | 8917639,36 | 5725693,28 | 1,56 |
| 21 | LEŠČEVJE | 2613550,23 | 2596862,12 | 1,01 |

Iz tabele je lepo razvidno na katerem gradbišču je postavitve mobilne betonarne rentabilna, gledano iz stališča predvidenih stroškov priprave betona. Vrednosti faktorja F_b so obarvane zeleno. Iz primera številka 4 je razvidno, da glede na vrednost faktorja F_b postavitve mobilne betonarne ni upravičena vendar pa bi v tem primeru postavitve mobilne betonarne lahko bila delno upravičena. Vrednost faktorja F_b je obarvana oranžno. Pri vseh ostalih primerih pa je uporaba mobilne betonarne povsem nerentabilna. Rezultati, ki sem jih dobil z izračunom

faktorja F_b so se potrdili tudi v praksi in sicer na gradbiščih, kjer je faktor F_b večji od ena so bile postavljene mobilna betonarne tudi dejansko.

7.5.3 Grafični prikaz celotnih stroškov priprave betona in faktorja F_b po gradbiščih za primer postavitve mobilne betonarne.

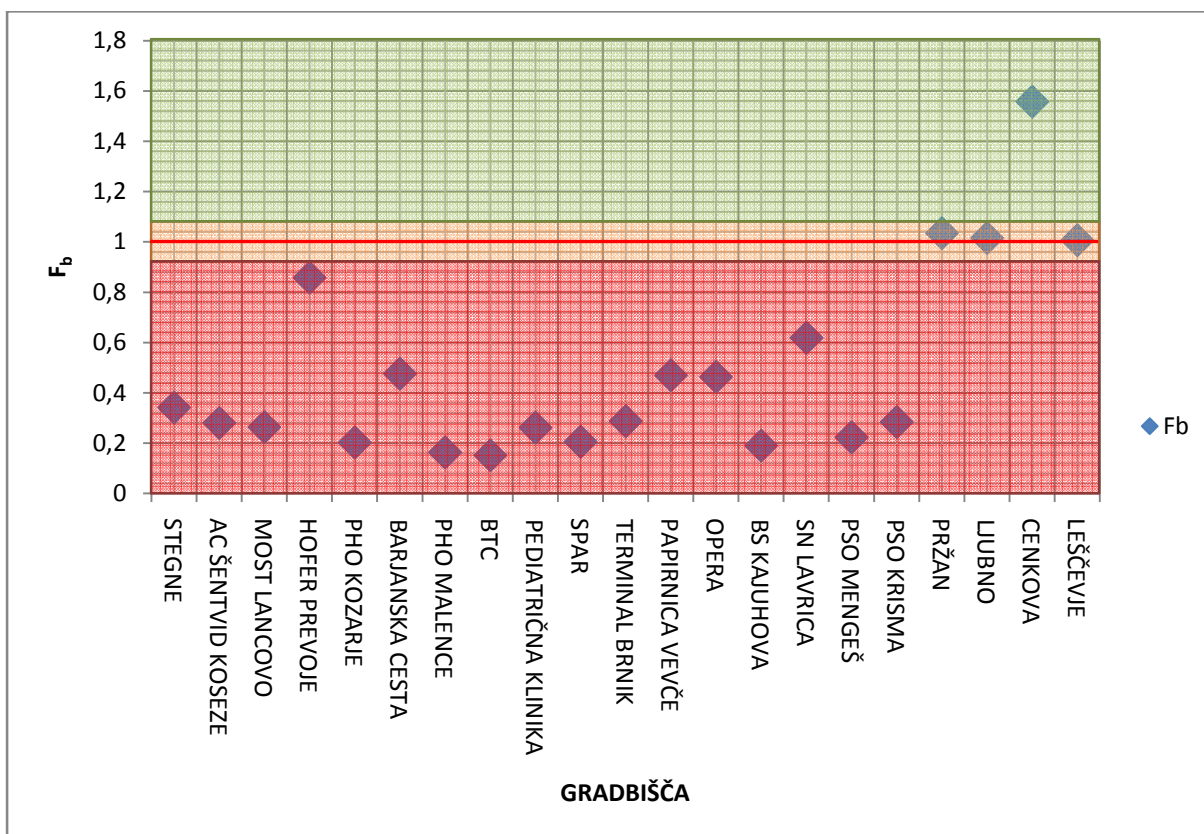


Slika 10: Primerjava stroškov priprave betona v mobilni in stacionarni betonarni po gradbiščih

Graf prikazuje celotne stroške priprave betonske mešanice po posameznih gradbiščih. Vidi se da so na prvih sedemnajstih gradbiščih stroški priprave betona relativno nizki, kar posledično pomeni, da gre za gradbišča, kjer so količine vgrajenega betona manjše, zato je tu postavitev mobilne betonarne neupravičena. Razlog iz katerega izhaja ta neupravičenost pa je v tem, da

so stroški postavitve, prevoza, najema in upravljanja betonarne previsoki v primerjavi z ostalimi stroški, ki nastanejo pri izdelavi betona.

Ker je faktor F_b definiran, kot razmerje med stroški nastalimi pri izdelavi betona v stacionarni betonarni in stroški nastalimi v primeru mobilne betonarne, lahko na osnovi tega razmerja določimo grafično območje sprejemljivosti postavitve mobilne betonarne. Naslednji grafikon prikazuje vrednosti faktorja F_b po gradbiščih.



Slika 11: Vrednosti faktorja F_b po posameznih gradbiščih

Graf sem razdelil na tri območja. V prvem, zelenem območju je postavitve mobilne betonarne, kar se tiče finančnega vidika sprejemljiva. Če je faktor F_b v drugem območju, ki je obarvano oranžno, je lahko odločitev o postavitvi mobilne betonarne sprejemljiva ali pa ne, kar pa je odvisno predvsem še od preostalih dejavnikov, ki vplivajo na to odločitev. Ti dejavniki na osnovi katerih se bomo odločili o postavitvi mobilne betonarne, pa so opisani v naslednjem poglavju. V primeru da se vrednost faktorja F_b nahaja v rdečem območju grafikona je iz finančnega stališča postavitve mobilne betonarne neupravičena, razen če gre za primer, ko priprava betona v stacionarni betonarni ni mogoča. Glede na prikazane rezultate

faktorja F_b po gradiščih lahko vidimo, da je priprava betona v mobilni betonarni, postavljeni na gradbišču, upravičena v zadnjih štirih primeri, se pravi na gradbišču Pržan, Ljubno, Cenkova in Leščevje. Ti rezultati so se pokazali tudi v realnosti saj so prav na teh štirih gradbiščih v podjetju SCT postavili mobilno betonarno.

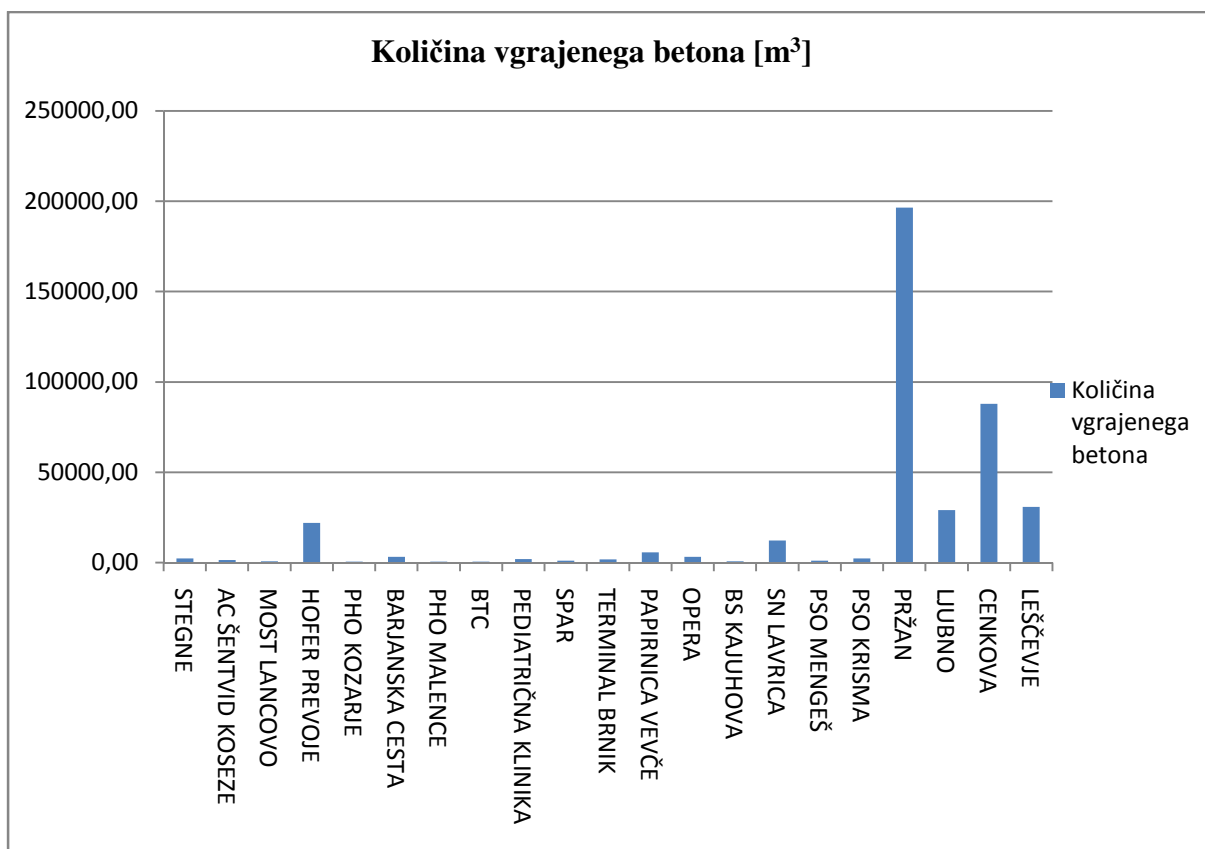
7.6 Faktorji na katerih temelji določitev rentabilnosti mobilne betonarne

Ugotovili smo že kaj je beton, vse kar je povezano s samo pripravo in transportom betona na osnovi katerih smo lahko potem izračunali še stroške sestavin in same priprave betona. Veliko težo pri sprejemu odločitve mobilna betonarna da ali ne imajo prav sami stroški, ki so povezani s pripravo betona, vendar pa je potrebno poudariti veliko ne pa vso težo. Tako bom v tem poglavju prikazal še preostale faktorje na osnovi katerih bomo lažje sprejeli našo dokončno odločitev mobilna betonarna da ali ne. To so:

- količina vgrajenega betona,
- oddaljenost stacionarne betonarne,
- zmogljivost in lastnosti mobilne betonarne,
- prostorske razmere,
- ostali pogoji in
- F_b .

7.6.1 Količina vgrajenega betona

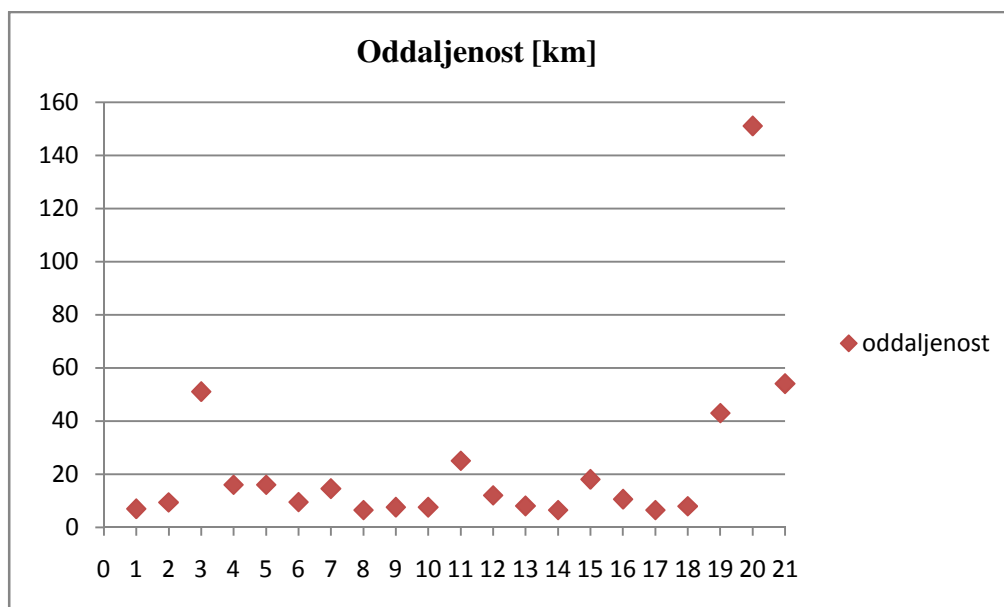
Kot je že bilo omenjeno lahko realno odločitev o rentabilnosti mobilne betonarne pričakujemo v primeru, ko so količine vgrajenega betona relativno velike. To pomeni, da govorimo o gradnjah, kjer se ta količina giblje v številkah velikostnega razreda 10.000. To je seveda povsem razumljivo, saj v nasprotnem primeru pride do prevelikih stroškov same postavitve, najema in uporabe mobilne betonarne. Iz praktičnih primerov vidimo, da se je upravičenost postavitve mobilne betonarne izkazala v primerih, ko je bilo vgrajenega 30.000 – 200.000 m³ betona.



Slika 12: Količina vgrajenega betona

7.6.2 Oddaljenost stacionarne betonarne

Zelo pomemben faktor je oddaljenost gradbišča od stacionarne betonarne, predvsem zaradi samega transporta betona. Zelo pomemben je namreč čas, ki preteče od priprave betonske mešanice pa do same vgradnje betonske mešanice v opaž, saj ne smemo preseči časa hidratacije cementa. To je čas, ko se prične postopek vezanja cementa in vode v cementni kamen in traja približno eno uro. Izbira o postavitvi mobilne betonarne na gradbišču, ki je oddaljeno od stacionarne betonarne več kot 70 km je povsem upravičena. Razlog je zgolj v preveliki oddaljenosti gradbišča in posledično prevelikim časom, ki poteče od priprave do vgradnje betona. V primeru, ko je čas transporta daljši od hidrationskega časa lahko investitor prepove vgradnjo takšnega betona. To je lepo razvidno iz primera št. 20, gradbišče Cenкова, ki je od stacionarne betonarne oddaljeno 151 km in bi ta čas krepko presegli. Bistveno preveliki pa bi bili tudi stroški samega prevoza betona.



Slika 13: Oddaljenost gradbišč od stacionarne betonarne

7.6.3 Zmogljivost in lastnosti mobilne betonarne

Kot že vemo morajo vse betonarne, tako stacionarne kot mobilne, opraviti začetni preskus vrste betona in izvajati kontrolo proizvodnje in preskušati vzorce odvzetih v obratu. Na trgu je na razpolago veliko različnih tipov in proizvajalcev betonarn. Vseskozi pa se moramo zavedati, da mora betonarna izpolnjevati določene zahteve in je »sposobna« pripraviti takšno kakovost betona, kot je zahtevana. Tako moramo pred odločitvijo o postavitvi določene mobilne betonarne preveriti, če so zmogljivosti takšne da ustrezajo našim zahtevam. V vseh praktičnih primerih na osnovi katerih temelji analiza so zmogljivosti in lastnosti izbrane betonarne ustrezale količini in kakovosti betona.

7.6.4 Prostorske razmere

Na določenih gradbiščih se lahko zgodi, da zaradi same velikosti in lokacije gradbišča postavitve mobilne betonarne ni mogoča. V tem primeru smo prisiljeni vgrajevati beton proizveden v stacionarni betonarni, če le ta ni preveč oddaljena od gradbišča, sicer je potrebno postaviti mobilno betonarno na drugi lokaciji kot je gradbišče ali pa uporabiti beton iz druge/tuje betonarne.

7.6.5 Ostali pogoji

Tu so mišljeni pogoji, ki vplivajo na samo postavitve mobilne betonarne. Poleg prostorskih razmer, ki dopuščajo postavitve mobilne betonarne ali pač ne, so tu mišljena še posamezna soglasja, ki jih je potrebno pridobiti za postavitve betonarne (Elektro, Telekom, Ministrstvo za okolje in prostor, Vodovod...), pri določenih (večjih) tipih betonarn je potrebno pridobiti tudi gradbeno dovoljenje.

7.6.6 F_b – Faktor primerjave med stroški priprave betona v mobilni in stacionarni betonarni

Vsekakor je to faktor, ki najbolj vpliva na izbor proizvodnega obrata, kot je mobilna betonarna, v katerem se bo pripravljala beton. Faktor primerja stroške, ki so povezani s pripravo betona v mobilni in stacionarni betonarni in na podlagi tega faktorja lahko sprejmemo končno odločitev v katerem proizvodnem obratu bo potekala priprava betona za določeno gradbišče. Predpogoj, da sploh lahko ugotovljamo takšno rentabilnost mobilne betonarne pa je, da vsi zgoraj naštetih faktorji dopuščajo postavitve mobilne betonarne.

8 Program za izračun rentabilnosti mobilne betonarne

Namen diplomske naloge je ugotoviti ali je mobilna betonarna v dani situaciji rentabilna ali ne. Najpomembnejši razlog za takšno analizo je seveda znižanje stroškov pri gradnji objektov, kar je v današnjih časih bistvenega pomena in pa seveda skrajšanje časa pri odločitvi o rentabilnosti betonarne. V ta namen sem pripravil enostaven program za izračun rentabilnosti mobilne betonarne. Je zelo enostaven za uporabo in tako primeren za slehernega uporabnika, ki mora poznati zgolj osnove računalništva, saj je potrebno vanj vnašati samo zahtevane podatke. Zelo pomembno je tudi, da zanj ne potrebujemo posebne programske opreme, za izračun pa potrebujemo zelo malo časa, kar je dandanes zelo pomembno.

8.1 Predstavitev programa

Program sem poimenoval ARMB. Izdelan je z programskim orodjem Microsoft Visual Basic 2008 Express Edition. Način delovanja programa je zasnovan na osnovi diplomske naloge

tako, da pravzaprav sam izračun poteka na enak način, kot je predstavljen in opisan v predhodnem delu diplomske naloge. Enostavno vanj vnesemo podatke, ki jih zahteva od nas, potrebujemo le še par pritiskov miškine tipke in rezultat se izpiše. Opozoriti pa je potrebno, da je potrebno količine agregatov vnašati v kubičnih metrih (m^3) in tudi cene za kubični meter (m^3) agregata in ne v tonah (t). Takšen vnos pa je potreben zato, ker so prostorninske teže agregata različne od dobavitelja do dobavitelja.

8.2 Praktični primer

Prikazan je primer za izračun rentabilnosti mobilne betonarne za gradbišče številka 21, LEŠČEVJE. V program so vneseni vsi potrebni podatki za izračun. Postopek vnosa je prikazan v naslednjem slikovnem prikazu. Najprej vnesemo podatke za mobilno betonarno.

| Vrsta betona | Količina | m3 | Cement [kg] | | Agregat [m3] | | | | | | Voda m3 | Dodatek [kg] | | | |
|----------------------------|----------|----|-------------|-----|--------------|------|------|------|-------|------|---------|--------------|----|-----|------|
| | | | N | S | mivka | 0-4 | 4-8 | 8-16 | 16-32 | 1 | | 2 | 3 | 4 | |
| 1 DRENAŽNI BETON | 270 | m3 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,25 | 0,162 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 BR. BET., C 20/25, XC4, | 10855,65 | m3 | 0 | 420 | 0,11 | 0,72 | 0,38 | 0 | 0 | 0 | 0,186 | 2,1 | 21 | 0 | 0 |
| 3 TR. BET., C 30/37, XC4, | 331 | m3 | 0 | 420 | 0,13 | 0,43 | 0,12 | 0,46 | 0 | 0 | 0,174 | 0 | 0 | 6,3 | 0,16 |
| 4 C 30/37, XC4, XD3, XS2 | 1792,6 | m3 | 0 | 390 | 0,08 | 0,47 | 0,07 | 0,21 | 0,33 | 0 | 0,176 | 0 | 0 | 7,8 | 0,11 |
| 5 C 12/15, X0, Cl-0,20, Dm | 1574,75 | m3 | 210 | 0 | 0 | 0,65 | 0,10 | 0,27 | 0,34 | 0 | 0,168 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 C 25/30, XC3, Cl-0,20, D | 4069,25 | m3 | 340 | 0 | 0,06 | 0,53 | 0,09 | 0,23 | 0,36 | 0 | 0,172 | 0 | 0 | 5,1 | 0 |
| 7 C 12/15, X0, Cl-0,20, Dm | 20 | m3 | 220 | 0 | 0 | 0,67 | 0,21 | 0,47 | 0 | 0 | 0,172 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 C 16/20, X0, Cl-0,20, Dm | 14 | m3 | 260 | 0 | 0 | 0,65 | 0,21 | 0,46 | 0 | 0 | 0,174 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 C 25/30, X0, Cl-0,20, Dm | 21 | m3 | 340 | 0 | 0,05 | 0,53 | 0,20 | 0,48 | 0 | 0 | 0,172 | 0 | 0 | 5,1 | 0 |
| 10 C 25/30, XC4, XD2, XS2 | 2019,5 | m3 | 360 | 0 | 0,05 | 0,52 | 0,09 | 0,22 | 0,35 | 0 | 0,182 | 0 | 0 | 5,4 | 0 |
| 11 C 25/30, XC4, XD2, XS2 | 147 | m3 | 360 | 0 | 0,09 | 0,49 | 0,19 | 0,46 | 0 | 0 | 0,182 | 0 | 0 | 5,4 | 0 |
| 12 C 25/30, XC4, XD2, XS2 | 9653,5 | m3 | 0 | 360 | 0,09 | 0,47 | 0,19 | 0,44 | 0 | 0 | 0,182 | 0 | 0 | 5,4 | 0 |
| 13 / | 0 | m3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 14 / | 0 | m3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 15 / | 0 | m3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 16 / | 0 | m3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

SKUPAJ 30768,25 m3 S 2536,363 t M 2657,273 m3 8-16 6777,446 m3 D1 22,79687 t D3 100,7558 t
 N 8872,768 t 0-4 17829,3 m3 16-32 3662,374 m3 D2 227,9687 t D4 0,265342 t
 4-8 7028,394 m3 vode 5561,18 m3

Slika 14: Program ARMB, Podatki

Prva slika prikazuje katere podatke je potrebno vnesti v program. V prvem zavihku gre predvsem za podatke, ki so vezani na vrsto in količino posameznega betona ter količine

sestavin za m³ posamezne vrste betona. V spodnjem delu program sproti izračunava vsote posameznih količin.

Cement

| | N | S | |
|--------------------|-----------------|-----------------|-----|
| Količina skupaj | 2536,36 | 8872,76 | t |
| Velikost silosa | 60 | 60 | t |
| Cena za t | 79 | 92,6 | € |
| Oddaljenost izvota | 168 | 168 | km |
| Način transporta | | | |
| Cena transporta | 8 | 8 | €/t |
| Skupaj € | 220663,6 | 892600,4 | |

Agregat

| | Količina (m ³) | Cena (€/m ³) | Način transporta | Čas vožnje (h) | Cena t. (€/h) | Max obrem. (m ³) | Skupaj € |
|-------|----------------------------|--------------------------|------------------|----------------|---------------|------------------------------|-------------|
| Mivka | 2657,273 | 17,6 | TV | 0,8167 | 48,9 | 15 | 62505,83876 |
| 0-4 | 17829,3 | 12,91 | TV | 0,8167 | 48,9 | 15 | 335771,2087 |
| 4-8 | 7028,394 | 9,88 | TV | 0,8167 | 48,9 | 15 | 111066,5542 |
| 8-16 | 6777,446 | 10,06 | TV | 0,8167 | 48,9 | 15 | 108320,8741 |
| 16-32 | 3662,374 | 10,71 | TV | 0,8167 | 48,9 | 15 | 60914,62188 |

Voda

| | | |
|----------------------|-----------------|------------------|
| Količina skupaj | 5561,18 | m ³ |
| Cena | 0,65 | €/m ³ |
| Velikost rezervoarja | | m ³ |
| Skupaj € | 3614,767 | |

Dodatki

| | Skupaj (t) | €/kg | Čas vožnje (h) | Skupaj € |
|-----------|------------|------|----------------|----------|
| Dodatek 1 | 227,968 | 1,99 | 0,4167 | 45459,3 |
| Dodatek 2 | 227,968 | 0,81 | 0,4167 | 185590, |
| Dodatek 3 | 100,755 | 0,53 | 2,75 | 55379,3 |
| Dodatek 4 | 0,26534 | 0,42 | 2,75 | 116,654 |

Način oskrbe z vodo

- vodovod Cena priklopa €
- zajetje Cena priklopa €
- transport Cena transp. €/kmm³ Oddaljenost km

Slika 15: Program ARMB, Sestavine

V drugem zavihku vnesemo osnovne podatke o cementu, agregatu, vodi in dodatkih. Kot osnovni podatki so mišljeni cena posamezne sestavine ter način, čas in strošek transporta.

Elektnika

| | | |
|-----------------|-------------------|-------------------|
| Kapaciteta | 49,3252 | m ³ /h |
| Moč motorjev | 90 | kw/h |
| Cena EE za kw/h | 0,09 | € |
| Skupaj | 6568,44150 | € |

Demontaža

| | | |
|------------------|---------------|----|
| Čas demontaže | 140 | ur |
| Število delavcev | 6 | |
| Cena delovne ure | 5,1 | € |
| Dodatni stroški | 425,6 | € |
| Skupaj | 4709,6 | € |

Montaža

| | | |
|------------------|---------------|----|
| Čas montaže | 140 | ur |
| Število delavcev | 6 | |
| Cena delovne ure | 5,1 | € |
| Dodatni stroški | 2925,6 | € |
| Skupaj | 7209,6 | € |

Priprijavna dela

| | | |
|------------------|--------|---|
| Priprijavna dela | 110000 | € |
|------------------|--------|---|

Delovna sila

| | | |
|------------------|--------------|------|
| VK delavcev | 1 | |
| PK delavcev | 2 | |
| Število ur VK | 4 | /dan |
| Število ur PK | 10 | /dan |
| Cena del. ure VK | 7,6 | € |
| Cena del. ure PK | 5,1 | € |
| Skupaj | 47664 | € |

Vzdrževanje

| | | | |
|--------------------------|---------------------|------------|---|
| 30 % najemnine betonarne | Strošek vzdrževanja | 30624,6609 | € |
|--------------------------|---------------------|------------|---|

Najem

| | | | | |
|-------------------------|---------------|-----------------|-----------------|---|
| Čas najema | 360 | dni | | |
| Vrednost nove betonarne | Amort. doba | Znesek amort./l | | |
| Silos, boksi | 25000 | € 6 % | 1500 | € |
| Mešalec | 100000 | € 20 % | 20000 | € |
| Elevatorji | 100000 | € 20 % | 20000 | € |
| Rezervoarji | 20000 | € 6 % | 1200 | € |
| Up. kabina | 80000 | € 6 % | 4800 | € |
| Druga oprema | 280000 | € 20 % | 56000 | € |
| Dodatni stroški | | € % | | € |
| Vzdrževanje | | € | 0 | € |
| Skupaj | 605000 | € | 102082,2 | € |

Mehanizacija

| | | | | |
|---------------|---------------|-----|-----|-----|
| Najem stroja | 19,4 | €/h | 360 | dni |
| Skupaj | 167616 | € | | |

Kontrola proizvodnje, atest

| | | | |
|---------------------|------------------|------------|---|
| 1,5 % vseh stroškov | Strošek kontrole | 38377,1738 | € |
|---------------------|------------------|------------|---|

Slika 16: Program ARMB, Najemnina, upravljanje, energija

V tretjem zavihku ali oknu pa vnesemo podatke o energiji, montaži, prevozu, demontaži, najemnici, upravljanju, vzdrževanju in kontroli proizvodnje.

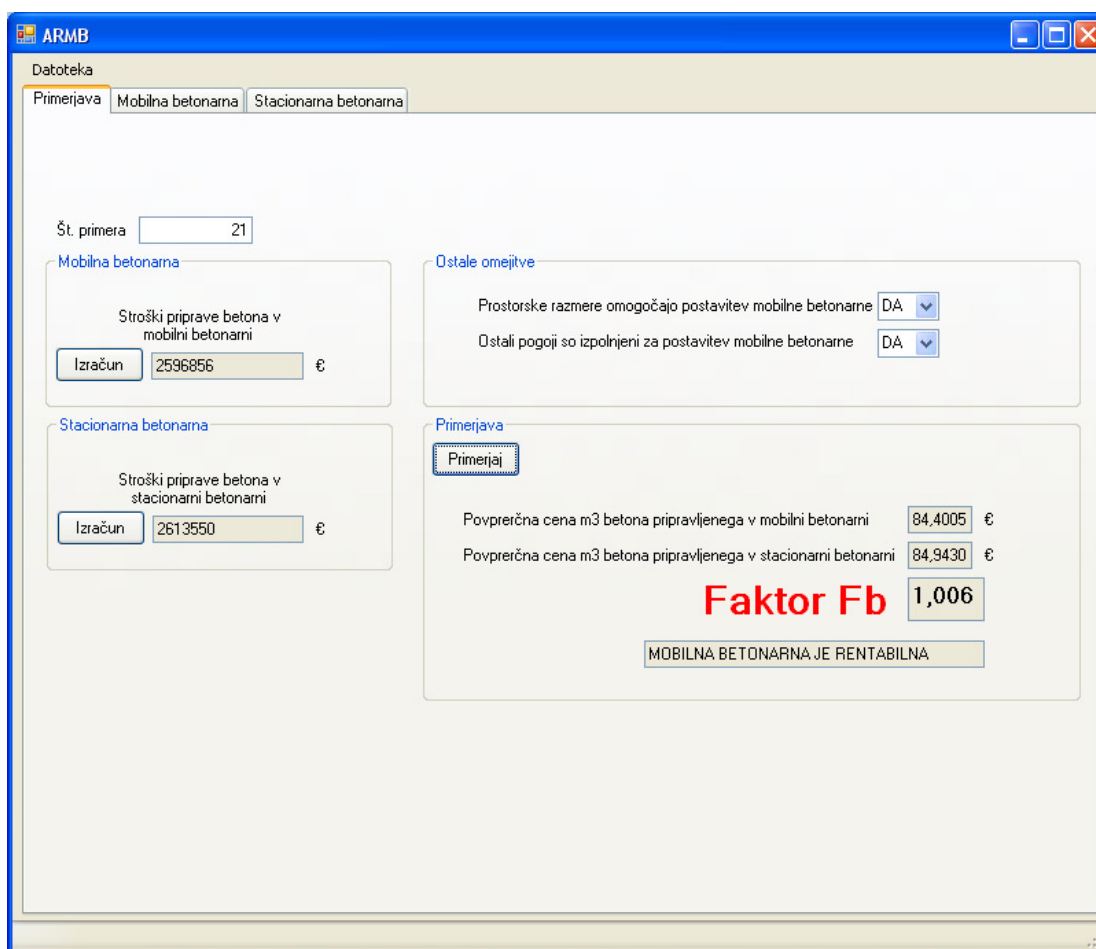
Sledi še vnašanje podatkov za primer stacionarne betonarne in sicer cene za posamezno vrsto betona ter podatke potrebne za izračun stroška transporta od betonarne do gradbišča.

| | Vrsta betona | Količina | Cena m3 betona po ceniku | |
|----|--------------------------|-------------|--------------------------|------|
| 1 | DRENAŽNI BETON | 270 m3 | 28,92 | €/m3 |
| 2 | BR. BET., C 20/25, XC4, | 10855,65 m3 | 86,96 | €/m3 |
| 3 | TR. BET., C 30/37, XC4, | 331 m3 | 69,15 | €/m3 |
| 4 | C 30/37, XC4, XD3, XS2 | 1792,6 m3 | 66,22 | €/m3 |
| 5 | C 12/15, X0, CI-0,20, Dm | 1574,75 m3 | 41,23 | €/m3 |
| 6 | C 25/30, XC3, CI-0,20, D | 4069,25 m3 | 55,79 | €/m3 |
| 7 | C 12/15, X0, CI-0,20, Dm | 20 m3 | 41,94 | €/m3 |
| 8 | C 16/20, X0, CI-0,20, Dm | 14 m3 | 45,11 | €/m3 |
| 9 | C 25/30, X0, CI-0,20, Dm | 21 m3 | 55,58 | €/m3 |
| 10 | C 25/30, XC4, XD2, XS2 | 2019,5 m3 | 57,29 | €/m3 |
| 11 | C 25/30, XC4, XD2, XS2 | 147 m3 | 57,84 | €/m3 |
| 12 | C 25/30, XC4, XD2, XS2 | 9653,5 m3 | 62,05 | €/m3 |
| 13 | | m3 | | €/m3 |
| 14 | | m3 | | €/m3 |
| 15 | | m3 | | €/m3 |
| 16 | | m3 | | €/m3 |

| Transport betona | |
|-----------------------------------|---------------|
| Oddaljenost bet. od gradbišča | 54 km |
| Geometr. prostornina avtomešalca | 14,29 m3 |
| Koeficient polnosti | 0,559832 |
| Praktični učinek betonarne | 78,52 m3/h |
| Čas polnjenja avtomešalca | 6,113092 min |
| Hitrost polnega avtomešal. | 60 km/h |
| Čas potovanja polnega avtomeš. | 54 min |
| Faktor praznjenja | 1,1 |
| Specifičen čas pot. za praznjenje | 3 min/m3 |
| Čas potreben za iztros betona | 26,4 min |
| Hitrost vračanja avtomešalca | 65 km/h |
| Čas vračanja avtomešalca | 49,84615 min |
| Časovna izkoriščenost | 0,92 |
| Najemnina avtomešalca | 42,3 €/h |
| Praktični učinek avtomešalca | 2,590803 m3/h |
| Skupaj ur najema avtomešal. | 11875,95 h |
| Stroški transporta | 502352,7 € |

Slika 17: Program ARMB, Stacionarna betonarna

Ko smo vstavili vse potrebne podatke pa lahko enostavno v zavihku PRIMERJAVA sprožimo proceduro za izračun ugotovitve, ki jo program poda avtomatično. Za zgoraj naveden primer je rezultat sledeč:



Slika 18: Program ARMB, Primerjava

V tem primeru je rentabilnejša postavitve mobilne betonarne na gradbišču, v kateri poteka priprava betona, kot pa priprava betona v stacionarni betonarni ter transport betona do gradbišča.

Na koncu naj ponovim, da program analizira postavitve mobilne betonarne z vidika primerjave stroškov. Zato ni nujno, da temelji odločitev o postavitvi mobilne betonarne samo na podlagi rezultata, ki ga poda program temveč tudi na podlagi ostalih pogojev, ki morajo biti izpolnjeni za postavitve mobilna betonarne.

9 Zaključek

Gradbeništva si danes brez betona zelo težko predstavljamo. Število objektov, ki so zgrajeni iz betona, je izjemno veliko, kar posledično pomeni, da je potrebno pripraviti vedno več betona. Moj osnovni namen je bil izvajalcu gradbenih del skrajšati čas izbire in olajšati izbiro kje in na kakšen način bo potekala priprava betona, v stacionarni ali mobilni betonarni in vzporedno zmanjšati nepotrebne stroške priprave in transporta betona.

V ta namen oziroma v pomoč pri odločitvi sem pripravil program, ki na osnovi vnesenih podatkov izračuna rentabilnost mobilne betonarne.

Na osnovi praktičnega primera sem skušal določiti faktorje, ki v največji meri vplivajo na to odločitev. Tako sem v podjetju SCT izbral 21 gradbišč, ki so ustrezala minimalnemu kriteriju (količina vgrajenega betona večja od 500 m^3), saj je v nasprotnem primeru takšna analiza nesmiselna (v primeru izbire mobilne betonarne so že sami stroški postavitve mobilne betonarne krepko previsoki). Identificirani faktorji so skupna količina potrebnega betona, čas obratovanja gradbišča ter oddaljenost gradbišča od stacionarne betonarne ter oddaljenost gradbišča od virov posameznih sestavin betona.

Iz rezultatov je lepo razvidno, da mora biti količina vgrajenega betona večja od 10000 m^3 in čas obratovanja gradbišča daljši od 6 mesecev. Poleg teh dveh faktorjev je seveda zelo pomembna tudi oddaljenost gradbišča od stacionarne betonarne in oddaljenost gradbišča od izvorov posameznih sestavin potrebnih za pripravo betona. Zelo pomembna je tudi izbira vrste betonarne, saj nikoli ne smemo dopustiti znižanja kakovosti proizvedenega betona, pa najsi bodi v mobilni ali stacionarni betonarni.

Opozoriti moram, da rezultat programa, ki omogoča izračun hitre primerjave med stroški priprave betona v mobilni in stacionarni betonarni, ni edina osnova na kateri temelji izbira vrste betonarne. Dokončna izbira mora upoštevati še nekatere druge pogoje, ki morajo biti izpolnjeni, da bi lahko rekli, »naša izbira je ustrezna«. Za dodatne pogoje imam v mislih ali so prostorske razmere ustrezne, je možen priklop na javno električno omrežje, so upoštevane vse

okoljske zahteve. Za primer izbire uporabe mobilne betonarne pa ni nujno, da program potrdi rentabilnost le te, saj si nekatera večja gradbena podjetja, kot je tudi SCT, ne morejo privoščiti izpada dobave betona, zaradi morebitne okvare stacionarne betonarne. V tem primeru lahko ta izpad nadomesti mobilna betonarna, če ni že sama preveč obremenjena in preveč oddaljena od stacionarne betonarne.

Torej z ustrežno in predvsem preudarno izbiro je možno bistveno znižati stroške priprave in transporta betona, kar bistveno pripomore h konkurenčnosti samega podjetja na trgu prav tako pa je izpolnjena tako želja naročnika kot tudi izvajalca.

VIRI

1. Mirković, S. 2005. Građevinska mehanizacija. Beograd, Građevinska knjiga a.d. (str.:350-371)
2. Zajc, A. 2000. Optimizacija kakovosti betona : zbornik gradiv in referatov. Ljubljana, IRMA Inštitut za raziskavo materialov in aplikacije.
3. Žarnić, R. 2003. Lastnosti gradiv. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, katedra za preskušanje materialov in konstrukcij. (poglavje o betonih)
4. Grum, B., Čebular, U., Kavčič, F., Šušteršič, J., Gerbec, B., Leskovar, I., Bergant, M., Dobnikar, V. 2004. Sanacije betonskih objektov. Ljubljana, I2 družba za založništvo, izobraževanje in raziskovanje d.o.o. (str.: 1-26)
5. Ferencšak, M. 1966. Mehanizacija u Građevinarstvu, priručnik. Zagreb, Tehnička knjiga.
6. Žemva, Š. 2006. Gradbene kalkulacije in obračun gradbenih objektov. Ljubljana, Gospodarska zbornica Slovenije.
7. Mehta, P. K. 2006. Concrete : microstructure, properties, and materials. New York, McGraw-Hill.
8. Prisilno gnani mešalniki AMIX, AMMANN.
<http://www.ammann-group.com>, Avgust 2008.
9. Betonarna Črnuče.
<http://press.sct.si>, Julij 2006.