

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:

Jože Zupančič

Analiza proizvodnje betona za hidrotehnične objekte

Diplomska naloga št.: 351

Mentor:

izr. prof. dr. Jana Šelih

Ljubljana, 27. 11. 2009

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani **JOŽE ZUPANČIČ** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom:
»**ANALIZA PROIZVODNJE BETONA ZA HIDROTEHNIČNE OBJEKTE**«.

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

Izjavljam, da prenašam vse materialne avtorske pravice v zvezi z diplomsko nalogo na UL, Fakulteto za gradbeništvo in geodezijo.

Ljubljana, 11. 11. 2009

(podpis)

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 65.012.2:627.8:666.97(043.2)
Avtor: Jože Zupančič
Mentor: Doc. dr. Jana Šelih
Naslov: Analiza proizvodnje betona za hidrotehnične objekte
Obseg in oprema: 68 str., 16 pregl., 44 sl.
Ključne besede: kakovost, beton, betonarne, agregat, hidroelektrarna

Izvleček

Diplomsko delo obravnava proizvodnjo betona v betonarni HB 2000 in projekt izgradnje hidroelektrarne Krško. V prvem delu delo na splošno opiše vrsto betonarn in način preverjanja proizvodnih sposobnosti betonarn v Sloveniji za zagotavljanje kakovosti, tu igrajo kontrolni pregledi enega bistvenih preventivnih ukrepov pri zagotavljanju priprave kakovostnih betonskih mešanic. Delo povzame tudi, dandanes zelo pomembno, ekološko prijaznost betonarn. Sledi podroben tehničen opis betonarne HB 2000, opreme in samih tehnoloških postopkov pri proizvodnji betona. Nadalje predstavi organizacijo dela v izbranem podjetju, ki proizvaja beton in ga dostavlja na različna gradbišča, pri tem pa izpostavi izbrane probleme, ki se pojavljajo pri proizvodnji betona. Natančneje se dotakne projekta izgradnje hidroelektrarne Krško, kot primera proizvodnje betona v velikih količinah, ga podrobneje analizira v posameznih fazah gradnje ter prikaže probleme in rešitve, s katerimi se soočamo pri sami gradnji.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 65.012.2:627.8:666.97(043.2)
Author: Jože Zupančič
Supervisor: Assist. Prof. Dr. Jana Šelih
Title: Concrete production analysis for hydrotechnical structure
Notes: 68 p., 16 tab., 44 fig.
Key words: quality, concrete, concrete mixing plants, aggregate, hydroelectric power plant

Abstract

The thesis deals with the production of concrete in the concrete mixing plant HB 2000 and the project of construction of hydroelectric power plant Krško. In the first stage, the thesis offers a general description of different types of concrete mixing plants and a manner of verification of production abilities of concrete mixing plants in Slovenia for assuring quality where control examinations play one of the essential parts in preventive measures at assuring quality concrete mixes. It also summarises the environmental performance of concrete mixing plants which is today very important. The detailed technical description of concrete mixing plant HB 2000 is presented, its equipment and technological procedures in production of concrete. The thesis introduces a work organization within the company under consideration that produces concrete and delivers it at different building sites and also comments on selected problems that occur at production of concrete. Further, the thesis presents in detail the project of construction of hydroelectric power plant as an example of its large scale concrete production, its detailed analysis of individual stages of construction and shows the problems and solutions that confront us in the meantime.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorici doc. dr. Jani Šelih, za pomoč in usmeritev pri ustvarjanju diplomske naloge, podjetju CGP d.d., za omogočeno praktično usposabljanje na projektu izgradnje hidroelektrarne Krško ter podjetju Horizont Inženiring, ki mi je posredovalo ključne podatke.

Še posebej pa bi se zahvalil staršem, ki so mi omogočili študij in svoji puncu za podporo in pomoč.

KAZALO VSEBINE

1.0 UVOD	1
1.1 Namen naloge	2
2.0 BETONARNE	4
2.1 Varovanje okolja	5
2.2 Vrste betonarn	6
2.3 Preverjanje proizvodne sposobnosti betonarn	7
3.0 BETONARNA HB 2000	14
3.1 Tehnični opis betonarne	14
3.2 Oprema betonarne	17
3.2.1 Linijski silosi za agregat	17
3.2.2 Nosilna konstrukcija betonarne	19
3.2.3 Tehnice	19
3.2.4 Tehnica za cement TC	19
3.2.5 Tehnica za vodo TV 600	21
3.2.6 Tehnica za gramoz TA 4500	22
3.2.7 Tehnica dodatkov TD 50	24
3.2.8 Skip	25
3.2.9 Mešalec MAO 2000/3000	26
3.2.10 Silosi za cement	27
3.2.11 Polžni transporter za cement	27
3.2.12 Zračni kompresor KT 500/220	27
3.2.13 Transportni sistem agregatov	28
3.2.14 Dozirni transporter	28
3.2.15 Poševni trakasti transporter	29
3.2.16 Poševni prečni trakasti transporter	29
3.2.17 Prevozni trakasti transporter	30
3.2.18 Komandna kabina	30

3.3 Krmilni sistem betonarne	31
3.3.1 Krmilni sistem transportnega sistema	32
3.3.2 Varnostni ukrepi.....	32
4.0 DELOVANJE	34
4.1 Osnovni opis	35
4.2 Agregatni silos.....	35
4.3 Agregatna tehtnica	36
4.4 Nagnjen transportni trak.....	37
4.5 Tehtalni segmenti.....	38
4.6 Mešalec	41
5.0 IZBRANI PROBLEMI UPRAVLJANJA PRESKRBOVALNE VERIGE PRI MONOLITNI GRADNJI.....	43
5.1 Identifikacija sistema	44
5.2 Podjetje Horizont Inženiring.....	46
5.2.1 Značilnosti logistike transporta betona na gradbišče	47
5.2.2 Glavni dobavitelji materialov	48
5.2.3 Kupci.....	48
5.2.4 Projekt izgradnje hidroelektrarne Krško	52
5.2.5 Problemi pri izkopu gradbene jame	54
5.2.6 Problemi pri betoniranju	56
5.2.7 Problemi pri proizvodnji betona	61
6.0 ZAKLJUČEK	66
7.0 VIRI	67

KAZALO PREGLEDNIC

PREGLEDNICA 1: Tehnične karakteristike.....	16
PREGLEDNICA 2: Instalirana moč.....	17
PREGLEDNICA 3: Tehnica za cement.....	19
PREGLEDNICA 4: Tehnica za vodo.....	21
PREGLEDNICA 5: Tehnica za agregat	23
PREGLEDNICA 6: Tehnica za dodatke	25
PREGLEDNICA 7: Skip	25
PREGLEDNICA 8: Mešalec MAO 2000/3000	26
PREGLEDNICA 9: Polžni transporter za cement	27
PREGLEDNICA 10: Zračni kompresor KT 500/220.....	27
PREGLEDNICA 11: Dozirni transporter	28
PREGLEDNICA 12: Poševni trakasti transporter.....	29
PREGLEDNICA 13: Poševni prečni transporter	29
PREGLEDNICA 14: Prevozni trakasti transporter.....	30
PREGLEDNICA 15: Razvrstitev agregatov	35
PREGLEDNICA 16: Logistični proizvodni proces pri izvajanju betonskih del	45

KAZALO SLIK

SLIKA 1: Betonarna HB 2000.....	2
SLIKA 2: Izgradnja Hidroelektrarne Krško.....	3
SLIKA 3: Izgradnja Hidroelektrarne Krško.....	3
SLIKA 4: Reciklažna naprava	5
SLIKA 5: Skreparska betonarna	6
SLIKA 6: Linijska betonarna.....	6
SLIKA 7: Stolpna betonarna.....	6
SLIKA 8: Prisilno planetarni	7
SLIKA 9: Prstanasto turbo mešalnik	7
SLIKA 10: Dvoosni mešalnik	7
SLIKA 11: Preverjanje proizvodne sposobnosti betonarne.....	10
SLIKA 12: Diagram mešanja betona	10
SLIKA 13: Betonarna HB 2000.....	14
SLIKA 14: Betonarna HB 2000.....	15
SLIKA 15: Linijski silosi za agregat.....	18
SLIKA 16: Tehnica cementa	20
SLIKA 17: Tehnica za vodo	22
SLIKA 18: Tehnica agregatov	23
SLIKA 19: Tehnica dodatkov	24
SLIKA 20: Krmilni sistem betonarne.....	31
SLIKA 21: Tehnološka shema.....	34
SLIKA 22: Tehtalni sklop.....	38
SLIKA 23: Naročila betonov za en dan.....	49
SLIKA 24: Tovornjak za prevoz cementa.....	50
SLIKA 25: Tovornjak za prevoz agregata	50
SLIKA 26: Tovornjak za prevoz betona	51
SLIKA 27. Tovornjak za črpanje betona	51
SLIKA 28: Veriga šestih hidroelektrarn na spodnji Savi.....	53
SLIKA 29: Začetek izgradnje hidrolelektrarne Krško (Hess d.o.o.).....	54
SLIKA 30: Organizacija gradnje hidroelektrarne Krško v dveh gradbenih jamah	55

SLIKA 31: Gradnja HE Krško v dveh gradbenih jamah	55
SLIKA 32: Poplavljena gradbena jama zaradi počene cevi črpalnega sistema.....	56
SLIKA 33: Vgrajevanje drenažnih cevi.....	57
SLIKA 34: Izgradnja razbijačev HE Krško.....	58
SLIKA 35: Razbijači HE Krško	59
SLIKA 36: Izgradnja prelivnih polj.....	59
SLIKA 37: Prelivna polja hidrolektrarne Krško.....	60
SLIKA 38: Betoniranje s pomočjo betonskih črpalk.....	60
SLIKA 39 in 40: Separacija in čiščenje agregata.....	62
SLIKA 41: Ločevanje agregata	62
SLIKA 42: Prekatni usedalnik.....	63
SLIKA 43: Prikaz količin proizvedenega betona v betonarni Log na mesec, obdobje	
1.4.2008-31.7.2009	64
SLIKA 44: Prikaz količin proizvedenega betona v betonarni Boštanj na mesec, obdobje	
1.4.2008-31.7.2009	65

1.0 UVOD

Danes je poleg kakovosti še kako pomembna tudi hitrost gradnje objektov. Roki izgradnje so zelo kratki, cene konkurenčne in delo dobi tisti, ki zagotovi hitro in kar se da kakovostno izgradnjo za nizko ceno. Pomemben element gradnje večine objektov je proizvodnja, dostava in vgrajevanje betona, kjer vse bolj ugotavljamo, da zaradi velikih obremenitev prometnic prihaja do zastojev. Dostava betona na gradbišče iz stacionarnih betonarn je zato čedalje bolj otežena.

Nepredvidljivi zastoji na cestah ali okvare na transportnih sredstvih za beton lahko povzročijo ogromno dodatnih stroškov ter zakasnjeno izgradnjo. Drugi problem pa je zagotoviti pravo konsistenco in seveda tudi pravo količino potrebnega betona ob pravem času na objektu. Minimalne količine pripravljenega betona v večjih stacionarnih betonarnah so odvisne od velikosti mešalnika in ti so praviloma večji, pa tudi transport manjših količin betona z avtomešalcem daleč ni ravno ekonomičen.

Zaradi vsega tega je v zadnjih nekaj letih opaziti povečan nakup mobilnih betonarn, namenjenih postavitvi na gradbišču (gradbiščne betonarne). Večinoma so postavljene na gradbiščih avtocestnega križa in na večjih gradbiščih industrijske in stanovanjske izgradnje. Njihova prednost je mobilnost, torej hitra postavitvev in pripravljenost za proizvodnjo betona ter hitra premestitev na novo lokacijo. Praviloma prestavitvev ne pomenijo večje finančne obremenitve.

Novejše večje mobilne gradbiščne betonarne so sedaj že popolnoma avtomatizirane. Običajno imajo računalniško krmiljene in avtomatizirane dozirne naprave, kar zagotavlja nemoteno proizvodnjo vseh vrst betona. Dostava materialov za pripravo betona poteka takrat, ko to ni obremenjujoče (ponoči ali izven prometnih konic) in tudi na zalogo, če je dovolj prostora za deponije na gradbišču. Iz manjših prevoznih in hitromontažnih betonarn se vgrajuje v konstrukcijske elemente z žerjavi, gradbiščnimi dvigali in avtodvigali. Iz večjih mobilnih betonarn pa odjem betona poteka v avtomikserje in prekucnike ali demperje, večinoma samo za gradbiščni transport. Tudi uporaba prekladalnih silosov je v uporabi v direktni povezanosti

s kontinuirano pripravo betona na betonarni, ker so praviloma te betonarne slabših kapacitet. V bodočnosti je pričakovati več tovrstnih betonarn, saj so tudi ekološko spremenljive in poleg varčevanja z energijo varčujejo še s časom, ker pravočasno zagotavljajo beton v potrebnih količinah to pa izboljša kontrolo in kakovost vgrajenega betona. Vse to pa prihrani denar. (Špoljarič, 2008)

1.1 Namen naloge

Namen diplomskega dela je predstavitev vrst betonarn, vrst mešalnikov, opis tehnologije izdelave betona v betonarni ter logistični vidik betoniranja velikih količin. Za ponazoritev tehnologije izdelave betona sem si izbral betonarno HB 2000, ki se nahaja v Boštanju in je v lasti podjetja Horizont Inženiring (SLIKA 1), za ponazoritev logističnega vidika betoniranja velikih količin pa sem si izbral projekt izgradnje Hidroelektrarne Krško, katerega dobavitelj betona je podjetje Horizont Inženiring (SLIKA 2 in SLIKA 3)



SLIKA 1: Betonarna HB 2000



SLIKA 2: Izgradnja Hidroelektrarne Krško



SLIKA 3: Izgradnja Hidroelektrarne Krško

2.0 BETONARNE

Beton je v ožjem pomenu keramični kompozitni material, pri katerem je mineralni agregat polnilo v matrici iz cementnega kamna. Cementni kamen otrdelega betona nastane v procesu hidratacije in strjevanje cementne paste. Ta nastane z mešanjem cementa, vode in različnih dodatkov. Je eden najbolj pogosto uporabljenih materialov v gradbeništvu. Na lastnosti strjenega betona, izmed katerih je najpomembnejša tlačna trdnost, vpliva tako sestava, ki mora biti optimalna glede na dane materiale, kot tudi tehnologija priprave, transport in vgrajevanje svežega betona. (Žarnić, 2003)

Vsaka od teh faz priprave in vgrajevanje sveže betonske mešanice je pomembna za končno kakovost vgrajenega betona. Če pri njihovem izvajanju ni bila storjena napaka, lahko z veliko mero gotovosti pričakujemo, da bodo betoni kakovostni tudi v strjenem stanju. Tako se izognemo dodatnim stroškom zaradi eventualne sanacije, potrebne zaradi vgrajevanja nekvalitetnih betonov, v času življenjske dobe objekta. Eden od pogojev, ki zagotavlja kakovosten beton v konstrukciji, je tudi priprava kakovostne betonske mešanice, v kateri so vse sestavine betona točno dozirane in popolnoma homogenizirane.

Že nekaj časa se za pripravo kakovostne betonske mešanice uporabljajo izključno mehanske naprave – betonarne, ki zagotavljajo v relativno kratkem proizvodnem času velike količine homogenega svežega betona, katerega kakovost se ne spreminja. Betonarne so tako bistven element proizvodnje betona, saj s svojim delovanjem odločilno vplivajo na končno kakovost vgrajenega betona.

Betonarna je sklop naprav, k z svojim usklajenim delovanjem omogoča natančno doziranje sestavin betona, transport teh sestavin v mešalno posodo, homogeniziranje sestavin in polnitev sredstev za transport svežega betona. Ta postopek mora biti sposobna z nespremenjeno kakovost ponoviti tolikokrat, kot je potrebno za doseganje predvidene kapacitete. (Špoljarič in Šelih, 2002)

2.1 Varovanje okolja

Pri delovanju betonarne je pomembno tudi to, da z svojim delovanjem ne smejo onesnaževati okolja, kar je glede na naravo dela težko zagotoviti predvsem pri starejših betonarnah. Najnovejše betonarne so večinoma načrtovane že tako, da vključujejo elemente za zaščito okolja pred hrupom in prašenjem. Mešalne posode so prahotesne, nahajajo se v zaprtih protihtupno izoliranih prostorih, krmiljenje pa poteka popolnoma avtomatsko preko PC računalnika in s pomočjo programske opreme, ki nadzoruje vse procese od doziranja osnovnih komponent do polnitve sredstev za transport svežega betona. V nadzor so vključene različne merilne naprave – tipala za ugotavljanje vlage v agregatih in v mešanici svežega betona ter konsistencimetri, ki na osnovi porabe moči elektromotorja mešalnih lopatic ugotavljajo konsistenco betona. Neustrezni betoni se preko sodobnih reciklaž naprav (SLIKA 4) ponovno vračajo v proizvodni proces, prav tako tudi voda od pranja betonarne in avtomešalnikov. Vsekakor so sodobne betonarne sposobne zagotavljati enakomernejšo proizvodnjo kakovostnega betona v želenih količinah brez večjega vpliva človeka v samem mešalnem procesu, obenem pa so ekološko bolj prijazne do okolja in bolj varne za ljudi. (Špoljarič in Šelih, 2002)



SLIKA 4: Reciklažna naprava

2.2 Vrste betonarn

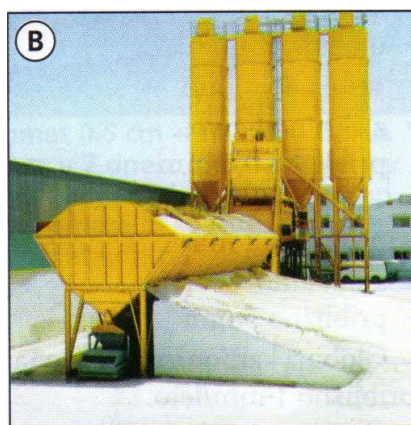
Betonarne ločimo :

1. Po načinu postavitve in doziranje na :

- Skreperske, (SLIKA 5)
- Linijske, (SLIKA 6)
- Stolpne, (SLIKA 7)
- Kombinirane (linijsko-stolpne itd.)



**SLIKA 5: Skreparska
betonarna**



**SLIKA 6: Linijska
betonarna**



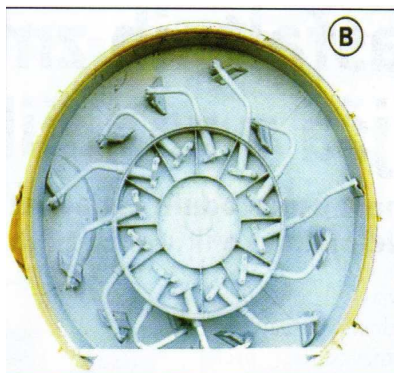
**SLIKA 7: Stolpna
betonarna**

2. Po vrsti mešalnika:

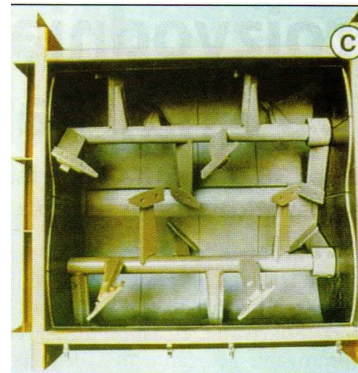
- Prisilni planetarni, (SLIKA 8)
- Prisilni prstanasti ali pan planetarni mešalniki – tudi turbo mešalniki (SLIKA 9),
- Prisilno protitočni,
- Prisilno protiročni,
- Prisilni horizontalni (enoosni in dvoosni) (SLIKA 10)



SLIKA 8: Prisilno planetarni mešalnik



SLIKA 9: Prstanasto turbo mešalnik



SLIKA 10: Dvoosni mešalnik

Izbira vrste mešalnika je odvisna od vrste betona, ki naj bi ga betonarna pripravljala v pretežni meri. Betonarne, ki so namenjene pripravi velikih količin transportnega betona, imajo večinoma nameščene prisilne horizontalne mešalnike, ki so bolj trpežni in robustni ter manj izpostavljeni obrabi, imajo praviloma večji volumen, zaradi svoje oblike pa zasedejo manjši prostor. Betonarne, ki želijo proizvajati bolj zahtevne betone, kar se tiče konsistence, obstojnosti ali pa videza (v proizvodnji gotovih izdelkov in polizdelkov), pa imajo nameščene planetarne ali prstanaste mešalnike. Prisilno protitočni mešalniki so zaradi visoke cene vedno manj v uporabi navkljub odličnim sposobnostim za homogeniziranje sestavin betona. (Špoljarič in Šelih, 2002)

2.3 Preverjanje proizvodne sposobnosti betonarn

Naloge betonarne delimo na primarne in sekundarne. Primarna naloga je zagotoviti kakovostne homogene betonske mešanice v količinah, ki ustrezajo njeni kapaciteti, sekundarna naloga pa je imeti v pripravljenosti pravilno skladiščene vse sestavine betona.

Kontrolni pregledi so eden bistvenih preventivnih ukrepov pri zagotavljanju priprave kakovostnih betonskih mešanic. Z njimi identificiramo napake pri delovanju, ki jih zlasti opazimo pri slabo vzdrževanih betonarnah.

V Sloveniji se betonarnam, ki so namenjene pripravi transportnih betonov in betona kategorije BII¹ preverja njihova proizvodna sposobnost. Zavod za gradbeništvo Slovenije (ZAG) v ta namen že vrsto let preizkuša in pregleduje betonarne po vsej Sloveniji. Število pregledanih betonarn v tem času neprestano raste, v zadnjih desetih letih se je skoraj podvojilo.

Pri pregledu in preskušanju proizvodne sposobnosti betonarne se upoštevajo veljavni predpisi, kot so SIST EN 206-1², SIST 1026³ in Navodila o kontroli proizvodne sposobnosti betonarn. Navodila so bila pripravljena v okviru avtocestnega programa in so del razpisne dokumentacije na razpisih Družbe za avtoceste v Republiki Sloveniji (DARS) od leta 1998 dalje. ZAG Ljubljana od leta 1998 izvaja kontrolne in osnovne preizkuse izključno po tem predpisu. Dodatno se upoštevajo tudi predpisi, ki se nanašajo na varnost delovne naprave (pravilnik o varstvu pri delu) in predpisi, ki se nanašajo na merila (zakon o meroslovju).

Kontrola proizvodne sposobnosti betonarne sestoji iz:

A. osnovnega preizkusa, ki ga je potrebno opraviti na:

- novi betonarni pred začetkom rednega obratovanja,
- na že preskušeni, obratujoči betonarni, potem ko je bil zamenjan del ali sklop betonarne, ki lahko bistveno vpliva na homogenost mešanja ali natančnosti doziranja komponent,
- v primeru prestavitve betonarne, če se je bistveno spremenil ali dopolnil funkcionalni del opreme, ali
- v primeru, da je od zadnjega pregleda preteklo več kot 24 mesecev in

B. kontrolnega preizkusa, ki ga je potrebno opraviti na že preizkušeni obratujoči betonarni:

- enkrat na vsakih 12 mesecev,

¹ Betoni druge kategorije so betoni marke MB 30 in več, ter betoni s posebnimi lastnostmi in transportiranimi betoni vseh mark Ti betoni so pripravljene na podlagi predhodnih preiskav. Konsistenca betona je meja obdelovalnosti. Lahko je trdoplastična, mehkoplastična in tekoča konsistenca. Izbere se takšna konsistenca betona, da se z razpoložljivimi sredstvi za vgrajevanje omogočijo dobra zgostitev betona, čim lažje vgrajevanje brez segregacije in dobra končna obdelava površin. (ACADEMIA Mednarodni izobraževalni center Maribor)

² Beton – 1. del – Specifikacija, lastnosti, proizvodnja in skladnost

³ Beton – 1. del – Specifikacija, lastnosti, proizvodnja in skladnost – Pravila za uporabo SIST EN 206-1

- ob vsaki predstavitvi betonarne in
- v primeru dvomov v proizvodno sposobnost oziroma pravilnost delovanja betonarne.

Pred začetkom izvajanja osnovnega preizkusa mora betonarna izpolnjevati naslednje zahteve:

- imeti mora urejeno tehnično dokumentacijo – predvsem navodila za varno delo, upravljanje in vzdrževanje betonarne; dokumentacija mora biti v slovenskem jeziku,
- deklarirana točnost tehtnic mora biti metrološko preverjena in potrjena s certifikatom pooblaščne institucije,
- imeti mora ustrezna potrdila o točnosti ostalih merilnih naprav – vodomera in drugih naprav za prostorninsko doziranje vode in dodatkov,
- delovanje morebiti vgrajenih vlagomerov ali konsistencijometra mora biti preverjeno na način, ki ga proizvajalec te vrste merskih naprav predpisuje, ali pa z izvajanjem primerjalnih meritev; o tem je potrebno izdelati zapisnik,
- skladnost celotne naprave z veljavnimi predpisi o varstvu pri delu mora biti potrjeno z ustrežno listino pooblaščne institucije,
- materiali za pripravo betona morajo biti pravilno skladiščeni v bunkerje, silose in rezervoarje ali posode, obstajati mora tudi oprema za transport uskladiščenih materialov do odgovarjajočih dozirnih naprav,
- delovati mora avtomatsko in mora biti krmiljena s centralnega mesta, v primeru okvare avtomatskega krmiljenja mora obstajati možnost, da se mešanje dokonča ročno,
- za obratovanje pri temperaturah zraka pod +5°C in nad 30°C mora biti opremljena z ustrežno dodatno opremo za gretje oziroma hlajenje komponent.

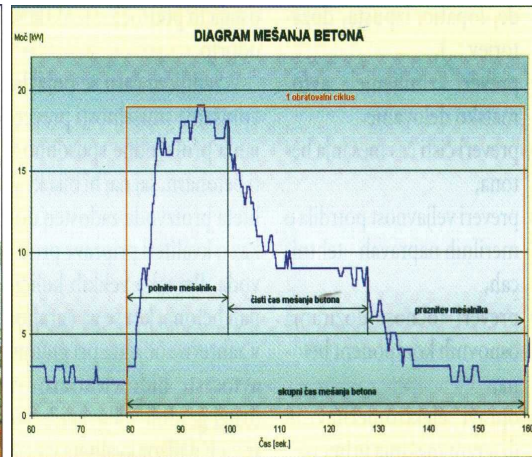
Med osnovnim pregledom in preizkušanjem betonarne se :

- opravi preverjanje dokumentacije,
- opravi pregled stanja in opreme betonarne,
- izvrši preskuse za ugotavljanje homogenizacijske sposobnosti betonarne (SLIKA 11),
- preveri točnost in vrstni red doziranja komponent betona med obratovanjem,

- izvede elektromeritev obremenitve mešalcev, ter izdela elektro diagram mešanja betona (SLIKA 12) za betone plastične in trdoplastične konsistence.



SLIKA 11: Preverjanje proizvodne sposobnosti betonarne



SLIKA 12: Diagram mešanja betona

Pri vsakoletnem kontrolnem preizkusu se :

- preverijo zaključki osnovnega pregleda betonarne,
- preveri stanje najbolj pomembnih sestavin delov betonarne (mešalne posode, lopatic, izpusta, dozatorjev, ...),
- preveri krmiljenje – avtomatsko delovanje,
- preveri čisti čas mešanja betona,
- preveri veljavnost potrdila o merilnih napravah – tehtnicah,
- preveri točnost doziranja osnovnih komponent betona,
- opravi elektromeritev in diagram mešanja primerjava z diagramom pri osnovnem preizkusu.

Vse nove oziroma novejšje betonarne so v glavnem že računalniško krmiljene. Računalniški programi za krmiljenje omogočajo mnogo dodatnih funkcij pri avtomatizaciji procesa in beleženju priprave betona praktično omogočajo popolno avtomatizacijo, tako da je človek potreben samo za zagotavljanje dovolj velikih količin potrebnih materialov za pripravo betona. V računalniku so shranjeni vsi podatki o recepturah in porabljenih količinah, času priprave in naročniku – zabeležene so vse napake, pri proizvodnji itd. in ne nazadnje se sedaj

veliko več pozornosti namenja zaščiti okolja, kar pred 15 ali več leti, ko so danes veljavni standardi nastajali, ni bilo v ospredju. Naprave za reciklažo neustreznega oziroma zavrženega betona in odpadne vode so ponekod v Evropi že regulirane s predpisi, v Sloveniji pa ostaja to področje zaenkrat še odprto.

V zadnjem času se pojavlja vprašanje smiselnosti preverjanja proizvodne sposobnosti betonarn, saj naj bi bila kakovost proizvoda zadosten dokaz o kakovosti priprave proizvoda. Pri tako velikih količinah betona, kot se ga vgrajuje v zahtevne objekte pri gradnji avtocest, hidroelektrarn in drugi gradnji v Sloveniji, pa je potreben nadzor kakovosti v vseh fazah izdelave betona, tudi v fazi proizvodnje svežega betona, saj se o kakovosti proizvoda – vgrajenega (strjenega) betona – lahko prepričamo šele po daljšem časovnem obdobju. V tem času pa je objekt lahko že končan. Betonarna lahko tako s svojim nepravilnim delovanjem zniža kakovost še tako dobro projektiranemu in iz kakovostnih materialov sestavljenemu betonu.

Napake, ki jih opazimo pri slabo vzdrževanih betonarnah, so mehanske in tehnološke. Med njimi so:

- manjka ena od mešalnih lopatic,
- varnostne vzmeti na lopaticah so polomljene,
- izpust mešalne posode ne tesni in omogoča izcejanje cementnega mleka,
- tehtnice ne kažejo točne mase materiala,
- mešalna posoda se ne izprazni popolnoma po končanem ciklu mešanja,
- pretočni števeci za dodajanje kemijskih dodatkov so neumerjeni in netočni,
- naprave za doziranje kemijskih dodatkov so neprimerne (preveliki ali premajhni merilni valji),
- avtomatika ne deluje,
- čas homogeniziranja sestavin betona je prekratek,
- zamiki med tehtanjem posameznih količin agregata so premajhni ali pa jih ni,
- pregrade med deponijami ne ločujejo posameznih frakcij agregata,
- v silosih se mešajo različne vrste cementa,
- vlagomeri ne kažejo točne vlažnosti materiala,

- drča za nalaganje betona na prekucnike ni nameščena itd.

Poleg navedenih nepravilnosti se pojavlja tudi nepoznavanje ravnanja z materiali – nepravilno skladiščenje, nepravilna priprava kemijskih dodatkov, kakor tudi nestrokovni posegi v recepture. Posledice, ki jih je mogoče že takoj videti v svežem betonu so:

- pojav nerazmešanih grudic – sprimkov drobnega peska in cementa,
- neenaka konsistenca v eni mešanici – posed lahko niha tudi v območju 40 mm,
- vsebnost zračnih por v eni mešanici niha v območju 2 %,
- beton je videti segregiran,
- beton je slabo obdelovalen – manjka mu finih delcev, in posledice, ki jih je mogoče takoj opaziti:
 - nedosežena tlačna trdnost,
 - neobstočnost na zmrzovanje – taljenje,
 - neobstočnost površine betona na zmrzovanje – taljenje v prisotnosti soli,
 - nedosežena vodoneprepustnost,
 - razpoke, itd.

Dandanes ko se v Sloveniji spreminjajo pravilniki, standardi in se uvaja evropska zakonodaja, smo mnenja, da nekaterih ustaljenih metod preiskav na tem področju ne bi bilo smiselno kar opustiti. To nam potrjujejo tudi komentarji tujih proizvajalcev betonarn, ki so nadvse pozitivno ocenili slovenski način kontrole nad napravami za proizvodnjo betona.

Morda bi bilo smiselno betonarne klasificirati in zahtevati tudi določen nivo opremljenosti betonarn, ki želijo proizvajati visoko kakovostne, zahtevne betone, kot npr. aerirane, mikroarmirane, lahke ali visokotrde, ter betone v ekstremnih vremenskih pogojih. (Špoljarič in Šelih, 2002) Kontrolni pregledi so eden bistvenih preventivnih ukrepov pri zagotavljanju priprave kakovostnih betonskih mešanic. Zato je bilo potrebno pripraviti bolj sodoben in sedanjim potrebam prilagojen predpis s spremljajočim standardom, tako je evropski standard SIST EN 206-1 zamenjal predhodni JUS U.M1.050.

Ta evropski standard velja za beton za konstrukcije, betonirane na kraju samem, za montažne konstrukcije ter za konstrukcijske izdelke za stavbe in inženirske konstrukcije. Beton je lahko pripravljen na gradbišču, lahko je transportni beton, lahko pa je proizveden v obratu za betonske izdelke.

Standard SIST EN 206-1 predpisuje zahteve za:

- osnovne materiale za beton,
- lastnosti svežega in strjenega betona ter njihovo preverjanje,
- omejitve za sestavo betona,
- specifikacijo betona,
- postopke kontrole proizvodnje,
- merila skladnosti in vrednotenje skladnosti. (SIST EN 206-1, 2008)

3.0 BETONARNA HB 2000

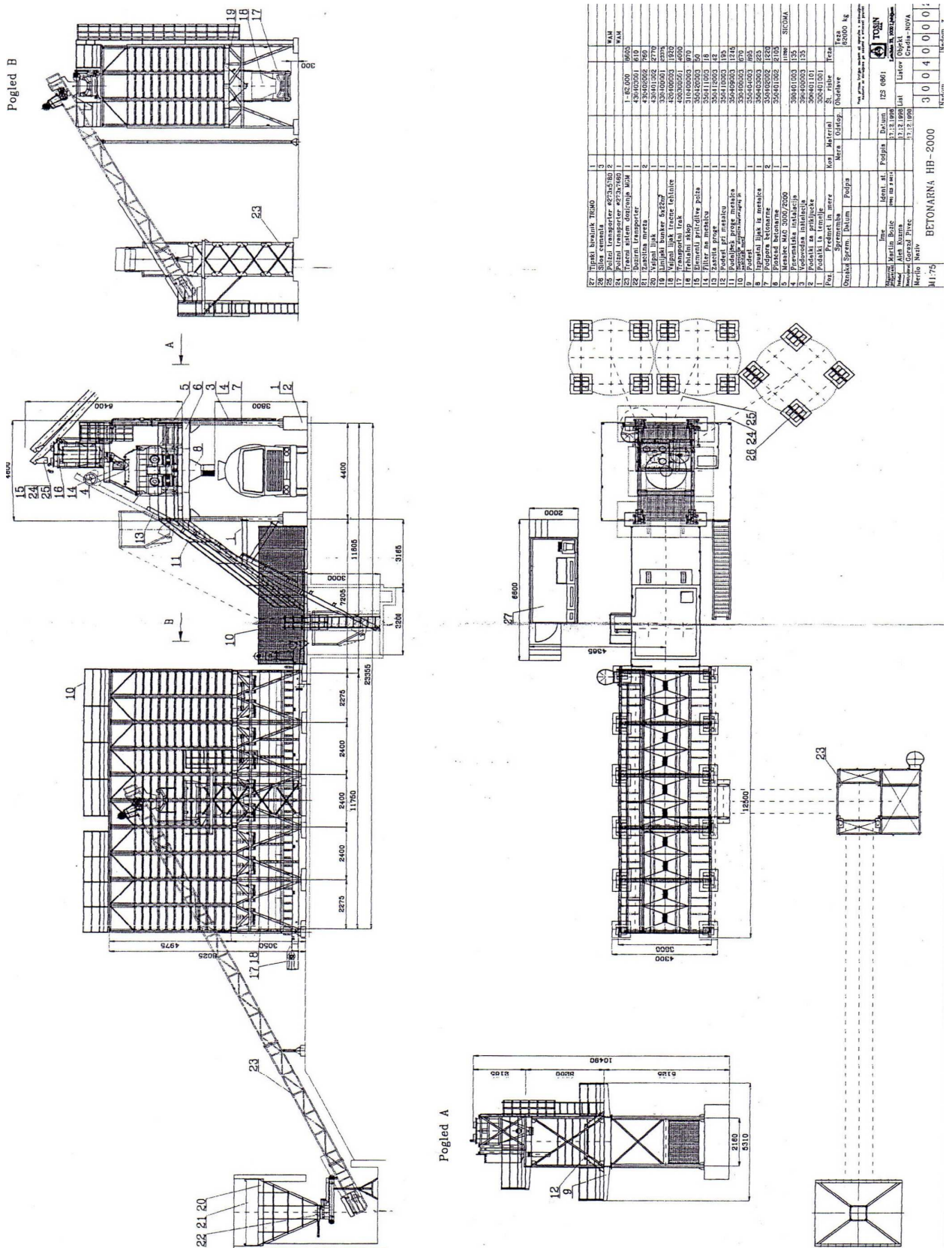


SLIKA 13: Betonarna HB 2000

3.1 Tehnični opis betonarne

Betonarna HB 2000 (SLIKA 13) je namenjena za proizvodnjo transportnih in tehnoloških betonov. Opremljena je tako, da lahko proizvaja betone kategorije B II.

Betonarna je izvedena z linijskimi silosi za agregat. Osnovni modul betonarne tvorita dva dela: linijski silosi s tehtnico za agregat ter dozirno mešalni del. Transport agregata do mešalca je izveden z vertikalno dvižno posodo (SKIP).



SLIKA 14: Betonarna HB 2000

Mešalec betona je horizontalni mešalec z dvema rotirajočima horizontalnima osema in mirujočo posodo. Namenjen je mešanju transportnih betonov. Izpust iz mešalca je na višini 3,8 m, kar omogoča praznjenje v avtomešalce.

Tehnice so elektromehanske, digitalna daljinska kazala so nameščena na komandnem pultu stikalne omare.

Betonarna je računalniško krmiljena. To omogoča poleg hranjenja receptur, tudi izpis dobavnic in kontrolo nad porabljenim materialom. Stikalna omara s komandnim pultom je vgrajena v komandni kabini ob vznožju betonarne. Tehnične karakteristike in instalirana moč so prikazane v PREGLEDNICI 1 in PREGLEDNICI 2.

PREGLEDNICA 1: Tehnične karakteristike

Kapaciteta transportnega betona	80	m ³ /h
Kapaciteta mešalca MAO 2000/3000	2	m ³
Linijski silos agregatov (5 x 25 m ³)	125	m ³
Kapaciteta vsipnega lijaka agregatov	15	m ³
Kapaciteta dozirnega transporterja	180	m ³ /h
Število frakcij agregata	5	
Maksimalna granulacija zrn	150	mm
Maksimalna obtežba skipa	4000	kg
Tehnica za agregat	4500	kg
Silosi za cement	3 x 100	t
Polžni transporter (pri naklonu 30°)	3 x 90	t/h
Tehnica za cement	1000	kg
Tehnica za vodo	600	kg
Izpustna višina betonarne	3800	mm

PREGLEDNICA 2: Instalirana moč

Skip	2 x 22	kW
Mešalec	2 x 37	kW
Hidravlični agregat mešalca	1,5	kW
Polžni transporterju	11 x 11,2 x 9,2	kW
Kompresor	3	kW
Vibrator na tehtnici za cement	0,1	kW
Vibrator na pesku	2 x 0,28	kW
Pogon trakastega transporterja tehtnice agregatov	18,5	kW
Dozirne črpalke dodatkov	4 x 0,37	kW
Praznilne črpalke dodatkov	2 x 1,3	kW
Potopne črpalke	2 x 0,3	kW
Dozirni transporter agregatov	2,2	kW
Poševni transporter	cca 18,5	kW
Poševni prečni transporter	cca 11	kW
Prevozni transporter	5,5 + 0,75	kW
Napetost	3 x 380 V/220 V, 50 Hz	

3.2 Oprema betonarne

3.2.1 Linijski silosi za agregat

Jekleni linijski silosi za pet vrst agregata granulacij 0 do 32 mm (SLIKA 15) so izdelani iz montažnih segmentov (ponev), dozirni del s pnevmatskimi loputami je izdelan iz jeklene pločevine. Na betonska tla je linijski silos pritrjen z jeklenimi sidri.

Vsak silos za posamezen agregat je opremljen z dvema pnevmatskima loputama dimenzij 400 x 180 mm. Grobo doziranje agregata se vrši z obema loputama, fino doziranje pa je impulzno z eno pnevmatsko loputo.

3.2.2 Nosilna konstrukcija betonarne

Nosilna konstrukcija je sestavljena iz tipskih jeklenih profilov. Opremljena je z dostopnimi stopnicami in podesti, zaščitnimi mrežami ter ograjami.

3.2.3 Tehnice

Na betonarni so elektromehanske tehnice za agregate, cement, vodo in dodatke, ki so izvedene v skladu s standardom SIST EN 206-1, dodatek G (Zahteve za točnost opreme za odmerjanje sestavin betona).

3.2.4 Tehnica za cement TC

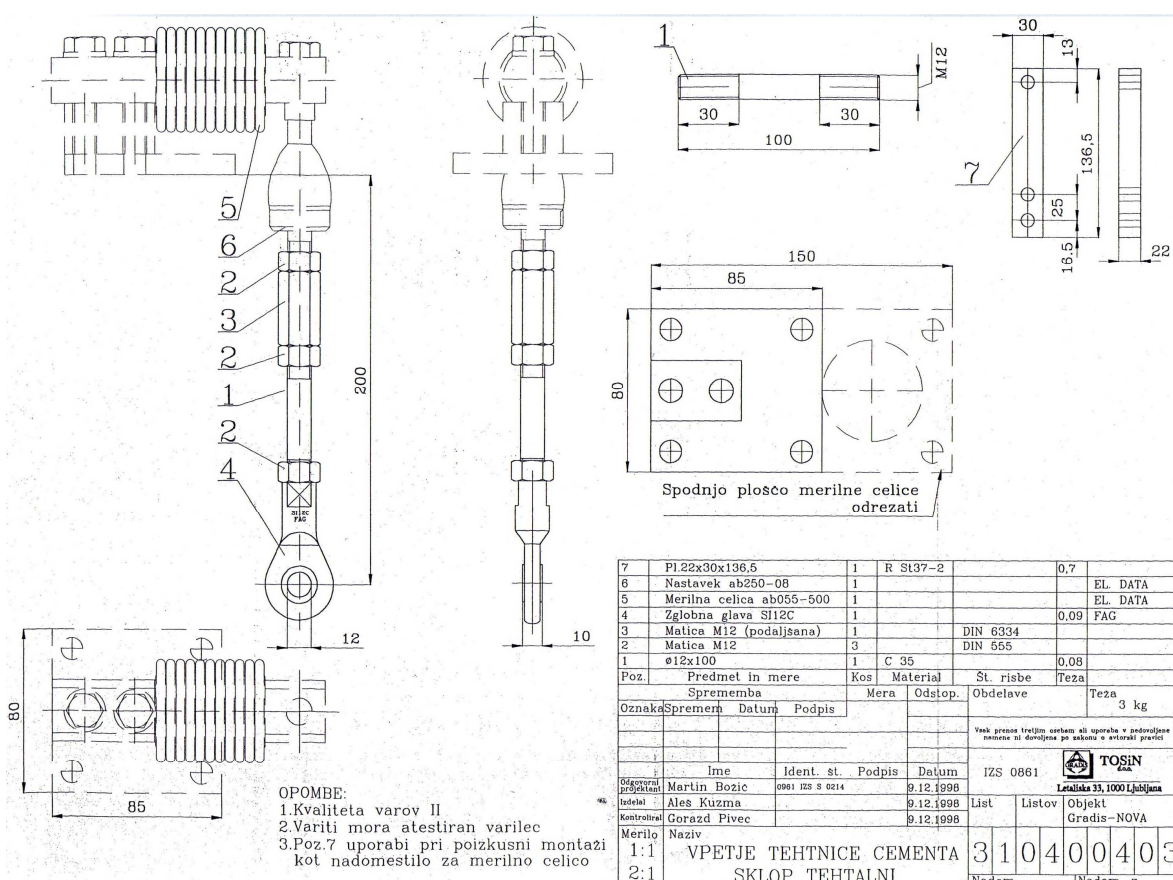
Tehnica za cement TC 1000 (SLIKA 16) je saržna elektromehanska tehnica z obsegom tehtanja od 100 do 1000 kg točnosti razreda III/2. Sprejemnik mase je podprt z 3 upogibnimi merilnimi celicami. Analogni električni signal se v prikazovalniku ED 231 ojači. Prikazovalnik je nameščen na komandnem pultu v kabini. Praznjenje tehnice je gravitacijsko.

Tehnica je izvedena z sledečimi karakteristikami in konstrukcijskimi elementi prikazanimi v PREGLEDNICI 3.

PREGLEDNICA 3: Tehnica za cement

Tip tehnice	tehnica za cement	TA 1000
Točnostni razred	III/2	

Min tehtanja	100	kg
Max tehtanja	1000	kg
Razdelek	2	kg
Število razdelkov	500	
Naprava za dovod materiala	polžni transporter	
Sprejemnik mase	tehtalna posoda	
Pretvornik sila / el. signal	3 merilne celice ab 055-500 C3	
Kazalna naprava	prikazovalnik ED 231	
Odzračevalna odprtina	1 kom	
Pnevmatska izpustna loputa	DN 300 mm	
Vibrator za praznjenje	VBR 12	
Električni priključek prikazovalnika	220 V, 50 Hz	



SLIKA 16: Tehnica cementa

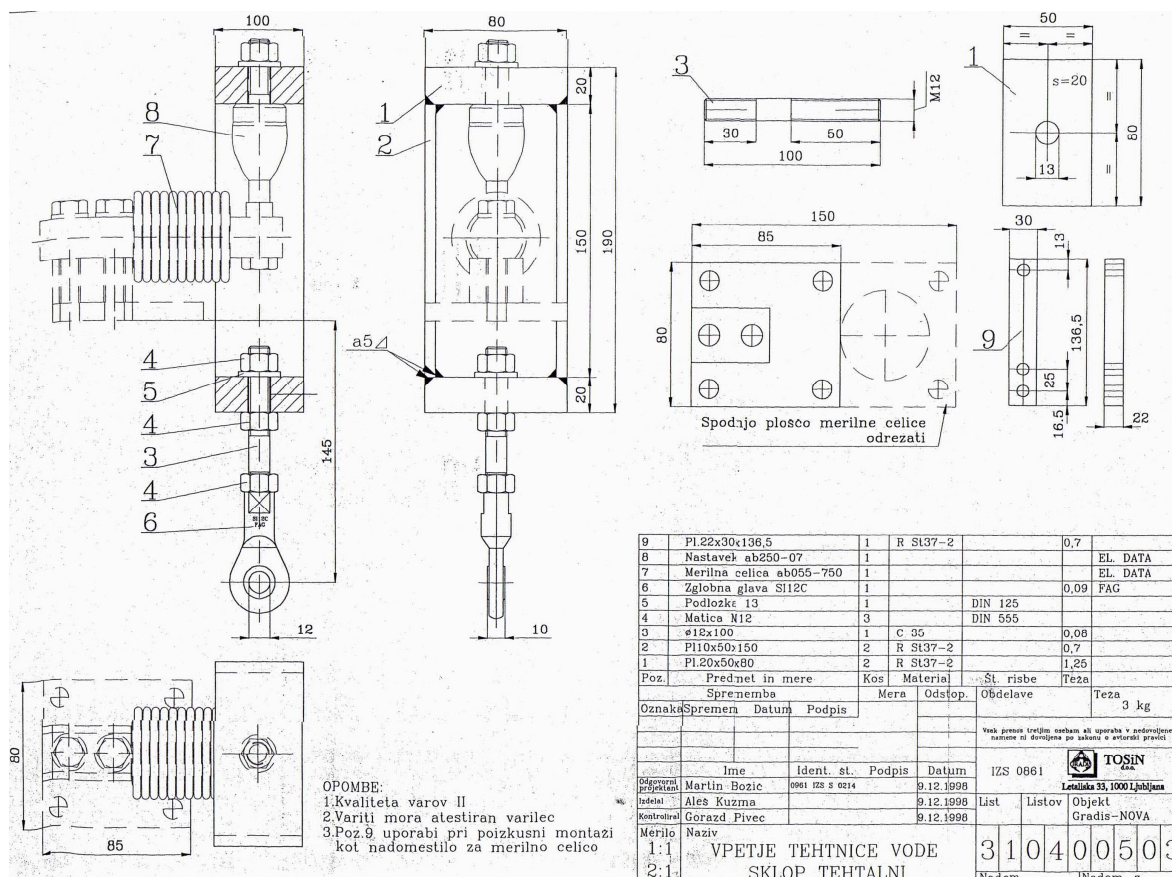
3.2.5 Tehnica za vodo TV 600

Tehnica za vodo TV 300 (SLIKA 17) je saržna elektromehanska z obsegom tehtanja od 100 kg do 600 kg točnostnega razreda IIII/2. Sprejemnik mase je obešen na eni upogibni merilni celici. Analogni električni signal se v prikazovalniku ED 231 ojači. Prikazovalnik je nameščen na komandnem pultu v kabini. Tehnica se prazni gravitacijsko.

Izvedena je z sledečimi konstrukcijskimi elementi prikazanimi v PREGLEDNICI 4.

PREGLEDNICA 4: Tehnica za vodo

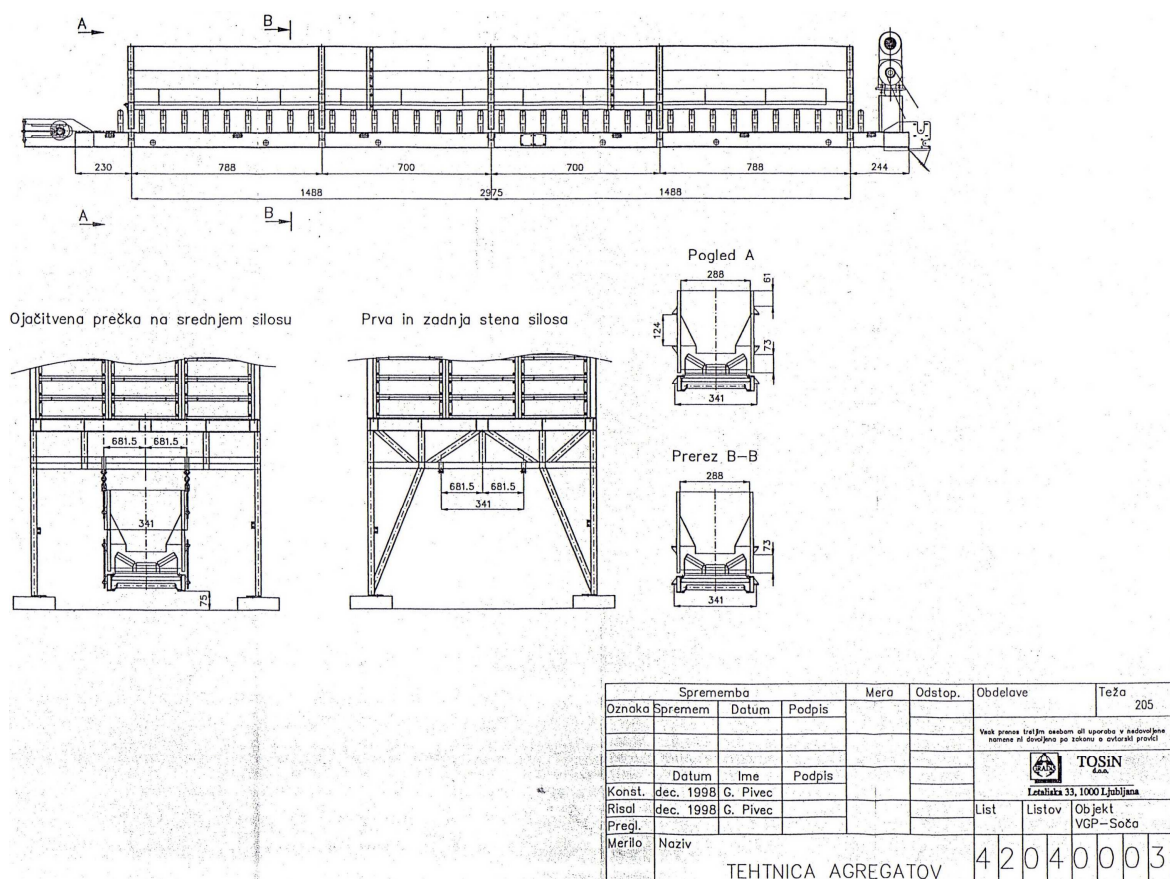
Tip tehnice	tehnica za vodo	TV 600
Točnostni razred	IIII/2	
Min tehtanja	100	kg
Max tehtanja	600	kg
Razdelek	2	kg
Število razdelkov	300	
Naprava za dovod vode	pnevmatski EM ventil	
Sprejemnik mase	tehtalna posoda	
Pretvornik sila / el. signal	1 merilna celica ab 055-1000 C3	
Kazalna naprava	Prikazovalnik ED 231	
Pnevmatska izpustna loputa	DN 200 mm	
Električni priključek prikazovalnika ED 231	220 V, 50 Hz	



SLIKA 17: Tehtnica za vodo

3.2.6 Tehtnica za gramoz TA 4500

Tehtnica za gramoz (SLIKA 18) je saržna z obsegom tehtanja od 350 kg do 4500 kg točnosti razreda III/3. Sprejemnik mase je trakasti transporter z vsipnim koritom obešen na štiri merilne celice. Analogni električni signal se ojači v prikazovalniku ED 231 nameščenem na komandnem pultu v kabini. Tehtnica gramoz se prazni z aktiviranjem trakastega transporterja. Tehtnica TA 4500 je izvedena s sledečimi karakteristikami in konstrukcijskimi elementi prikazanimi v PREGLEDNICI 5.



SLIKA 18: Tehnica agregatov

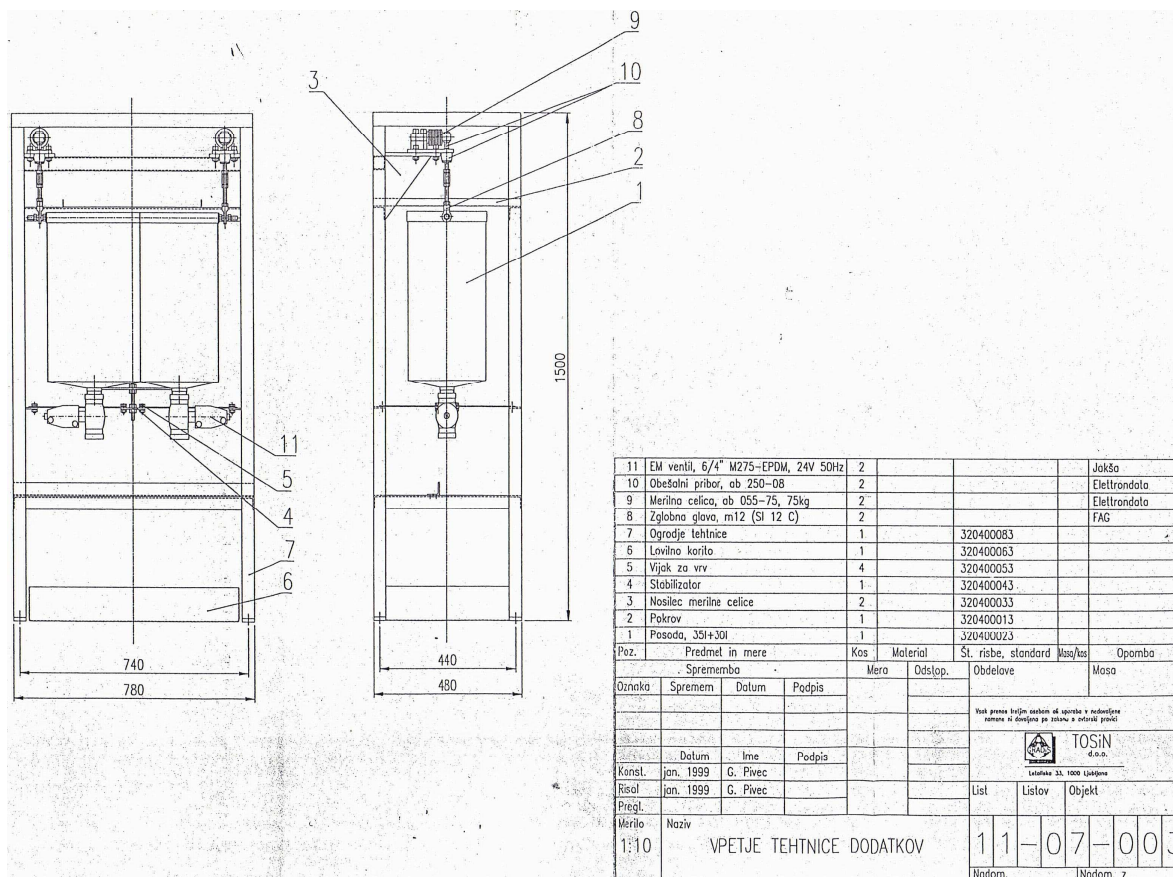
PREGLEDNICA 5: Tehnica za agregat

Tip tehtnice	tehtnica za agregat	TA 4500
Točnostni razred	III/3	
Min tehtanja	350	kg
Max tehtanja	4500	kg
Razdelek	10	kg
Število razdelkov	450	
Naprava za dovod materiala	pnevmatski lopute 10 x 400 x 180 mm	
Sprejemnik mase	trakasti transporter	
Pretvornik sila / el. signal	6 merilnih celic ab 070 - 2500 C3	

Kazalna naprava	Prikazovalnik ED 231
Pnevmatska izpustna loputa	DN 200 mm
Električni priključek prikazovalnika ED 231	220V , 50 Hz

3.2.7 Tehnica dodatkov TD 50

Tehnica za dodatke TD 50 (SLIKA 19) je saržna elektromehanska z obsegom tehtanja od 2,5 kg do 60 kg točnostnega razreda III/2. Sprejemnik mase je obešen na eni upogibni merilni celici. Analogni električni signal se v prikazovalniku ED 231 ojači. Prikazovalnik je nameščen na komandnem pultu v kabini. Tehnica se prazni gravitacijsko. Izvedena je z karakteristikami in konstrukcijskimi elementi prikazanimi v PREGLEDNICI 6.



SLIKA 19: Tehnica dodatkov

PREGLEDNICA 6: Tehnica za dodatke

Tip tehtnice	tehtnica za dodatke	TD 50
Točnostni razred	III/2	
Min tehtanja	2,5	kg
Max tehtanja	60	kg
Razdelek	0,05	kg
Število razdelkov	1200	
Doziranje dodatkov	4 x EM ventil 3/4" + 4 x črpalka	
Izpiranje sprejemnika mase	2 x EM ventil 1/2"	
Praznjenje sprejemnika mase	2 x EM ventil 1 1/2" + 2 x črpalka	
Sprejemnik mase	Tehtalna posoda z dvema prekatoma	
Pretvornik sila / el. signal	2 merilna celica ab 055 - 75 C3	
Kazalna naprava	Prikazovalnik ED 231	
Električni priključek prikazovalnika ED231	220 V, 50 Hz	

3.2.8 Skip

Za dvig agregata od tehtalnice za agregat do mešalca je vgrajen skip z vertikalno progo. Za posamezne položaje posode so na progi skipa nameščena mehanska stikala. Tehnične karakteristike so prikazane v PREGLEDNICI 7.

PREGLEDNICA 7: Skip

Bruto volumen posode skipa	3000	l
Max obtežba skipa	4000	kg
Hitrost dviga skipa	18/36	m/mm

Hitrost spusta skipa	18/36	m/mm
Naklon proge	60	°
Moč motorja skipa	2 x 22/18,5	kW

3.2.9 Mešalec MAO 2000/3000

Vgrajen mešalec betona tip 2000/3000 z dvižno posodo za agregate (skip). Mešalec betona je horizontalni mešalec z dvema rotirajočima horizontalnima osema in mirujočo posodo. Namenjen je za mešanje transportnih betonov.

Mešanje se vrši ob istočasnem vrtenju obeh horizontalnih osi z mešalnimi lopaticami v nasprotni smeri. Stene mešalca so obdane z zamenljivo protiobrabno pločevino. Lopatice so izvedene iz visoko abrazijsko obstojnega materiala. Izpustna loputa je hidravlično krmiljena in je nameščena na dnu mešalne posode.

Mešalec je opremljen z dvižnim pokrovom za čiščenje in vzdrževanje notranjosti. Mešalec betona kapacitete 2 m³ je opremljen z dvema pogonskima elektromotorjema moči po 37 kW in motorjem hidravličnega agregata za odpiranje izstopne lopute mešalca moči 1,5 kW. Podatki mešalca so prikazani v PREGLEDNICI 8.

PREGLEDNICA 8: Mešalec MAO 2000/3000

Tip	MAO 2000/3000	
Proizvajalec	O.M.G (SICOMA)	
Volumen	3000	l
Kapaciteta vibriranega betona	2000	l/cikel
Moč motorjev mešalca	2 x 37	kW
Moč hidravličnega agregata	1,5	kW

3.2.10 Silosi za cement

Silosi služijo za shranjevanje cementa. Uporabljeni so trije samostoječi silosi kapacitete 3 x 100 ton.

3.2.11 Polžni transporter za cement

Polžni transporter služi transportu cementa iz silosa v tehtalno posodo tehtnice cementa TC 1000. Karakteristike polžnega transporterja za cement so prikazane v PREGLEDNICI 9.

PREGLEDNICA 9: Polžni transporter za cement

Kapaciteta pri naklonu 30°	90	t/h
Dolžina transporterja	1 x 7650 2 x 5780	mm mm
Premer transportne cevi	273	mm
1 vstopna in 1 izstopna odprtina		
Moč motorjev mešalca	1 x 11 2 x 9,2	kW kW

3.2.12 Zračni kompresor KT 500/220

Zračni kompresor služi za proizvodnjo komprimiranega zraka za pogon pnevmatskih cilindrov loput in zasunov. Nameščen je pod linijskim silosom agregatov. Tehnične karakteristike so opisane v PREGLEDNICI 10.

PREGLEDNICA 10: Zračni kompresor KT 500/220

Kapaciteta	500	l/min vses. zraka
Volumen rezervoarja	220	l

Max tlak	10	Bar
Moč motorja	3	kW

3.2.13 Transportni sistem agregatov

Transportni sistem agregatov sestavlja :

- dozirni transporter,
- poševni trakasti transporter,
- poševni prečni trakasti transporter,
- prevozni trakasti transporter

Poglobljen vsipni jašek agregatov je prikrit z zaščitno mrežo, ki preprečuje vstop večjim predmetom v vsipni jašek. Agregati se sipajo iz kamionov direktno v vsipni jašek, od koder jih transportni sistem transportira v posamezne prekate linijskega silosa.

3.2.14 Dozirni transporter

Dozirni transporter služi na nadzorovan pretok agregatov iz vsipnega jaška v elevator. Dozirni transporter je trakasti transporter z nastavljivo izhodno odprtino. Opremljen je z varnostno zapiralno loputo, ki omogoča popravilo dozirnega transporterja pri polnem vsipnem jašku. Transporter je pritrjen direktno na vsipni jašek.

Kapaciteto dozirnega jaška se nastavi eksperimentalno z nastavitvijo velikosti izhodne odprtine in hitrostjo traku za vsako granulacijo s pomočjo nastavitve frekvence na frekvenčnem regulatorju. Tehnične karakteristike so prikazane v PREGLEDNICI 11.

PREGLEDNICA 11: Dozirni transporter

Moč motorja	2,2	kW
Kapaciteta	180	m ³ /h

3.2.15 Poševni trakasti transporter

Poševni trakasti transporter je koritaste izvedbe. Širina rebrastega transportnega traku je 800 mm. Transporter povezuje dozirni in poševni prečni trakasti transporter. Pritrjen je na svojo nosilno konstrukcijo. Tehnične karakteristike so prikazane v PREGLEDNICI 12.

PREGLEDNICA 12: Poševni trakasti transporter

Dolžina	20100	mm
Moč motorja	15	kW
Kapaciteta	180	m ³ /h

3.2.16 Poševni prečni trakasti transporter

Poševni prečni trakasti transporter je koritaste izvedbe. Širina rebrastega transportnega traku je 800 mm. Transporter povezuje prečni trakasti transporter in prevozni trakasti transporter na linijskem silosu agregatov. Pritrjen je na svojo nosilno konstrukcijo. Tehnične karakteristike so prikazane v PREGLEDNICI 13.

PREGLEDNICA 13: Poševni prečni transporter

Dolžina	10100	mm
Moč motorja	11	kW
Kapaciteta	180	m ³ /h

3.2.17 Prevozni trakasti transporter

Prevozni trakasti transporter je koritaste izvedbe s transportnim trakom širine 65 mm. Postavljen je na tirnice, ki so pritrjene na vrhu linijskega silosa agregatov. Transporter se z voznim pogonom premakne nad želen prekat linijskega silosa. Premik transporterja je mogoč samo, ko transportni trak miruje. Pogon traku je reverzibilen. Delovanje transportnega traku blokira vozni pogon transporterja.

Kabli za pogone in senzorje prevoznega transporterja se do transporterja vodijo po gibljivi kabelski verigi. Tehnične karakteristike so prikazane v PREGLEDNICI 14.

PREGLEDNICA 14: Prevozni trakasti transporter

Dolžina	5000	mm
Moč motorja za pogon traku	5,5	kW
Moč motorja voznega pogona	0,75	kW
Kapaciteta	180	m ³ /h

3.2.18 Komandna kabina

Ob vznožju betonarne je postavljena komandna kabina (montažni bivalnik) s stikalno omaro, komandnim pultom, računalnikom in tiskalnikom. Oprema komandne kabine je vgrajena v tipski bivalnik firme TRIMO tlorisnih dimenzij 4 x 2 m.

3.3 Krmilni sistem betonarne



SLIKA 20: Krmilni sistem betonarne

Računalniško/ročni upravljaljski sistem (SLIKA 20) omogoča:

1. Ročno delovanje, kjer s pritiskom na gumb pričnemo vsako aktivnost priprave betona.
2. Avtomatsko delovanje, kjer s pritiskom na gumb sprožimo delovni proces. Vse aktivnosti cikla mešanja potekajo avtomatsko.

Procesorsko vodenje priprave betona je izvedeno z računalnikom PC in programskim paketom BETON PLUS, ter krmilnikom PCL C200HS firme OMRON na katerega so preko analognih vhodov priključene tehtnice in merilnik vlage (sonda nameščena v frakciji agregata 0 – 4 mm).

3.3.1 Krmilni sistem transportnega sistema

Krmilni sistem transportnih agregatov je funkcionalno ločen od krmilnega sistema betonarne. Za upravljanje transportnega sistema agregatov je vgrajen samostojni krmilnik OMRON, na katerega so vezani vsi senzorji in komandni elementi (nahajajo se na stikalni omari in na komandnih omaricah v procesu) transportnega sistema. Krmilnik preko digitalnih izhodov vključuje vse elektromotorne pogone in signalizacije transportnega sistema.

3.3.2 Varnostni ukrepi

1. Pred zagonom betonarne se mora operater seznaniti s predpisi za varno delo betonarne in navodili za upravljanje betonarne. Z navodili morajo biti seznanjeni vsi, ki delajo z napravo, kar je dolžnost lastnika, vodje objekta ali odgovornega vodja del. Kopijo teh navodil mora imeti strojnik betonarne.

Pri delu z betonarno je potrebno spoštovati predpise iz varstva pri delu in interne predpise varstva pri delu lastnika betonarne. Pri delu je potrebno spoštovati predpise distributerja električne energije o dobavi električne energije.

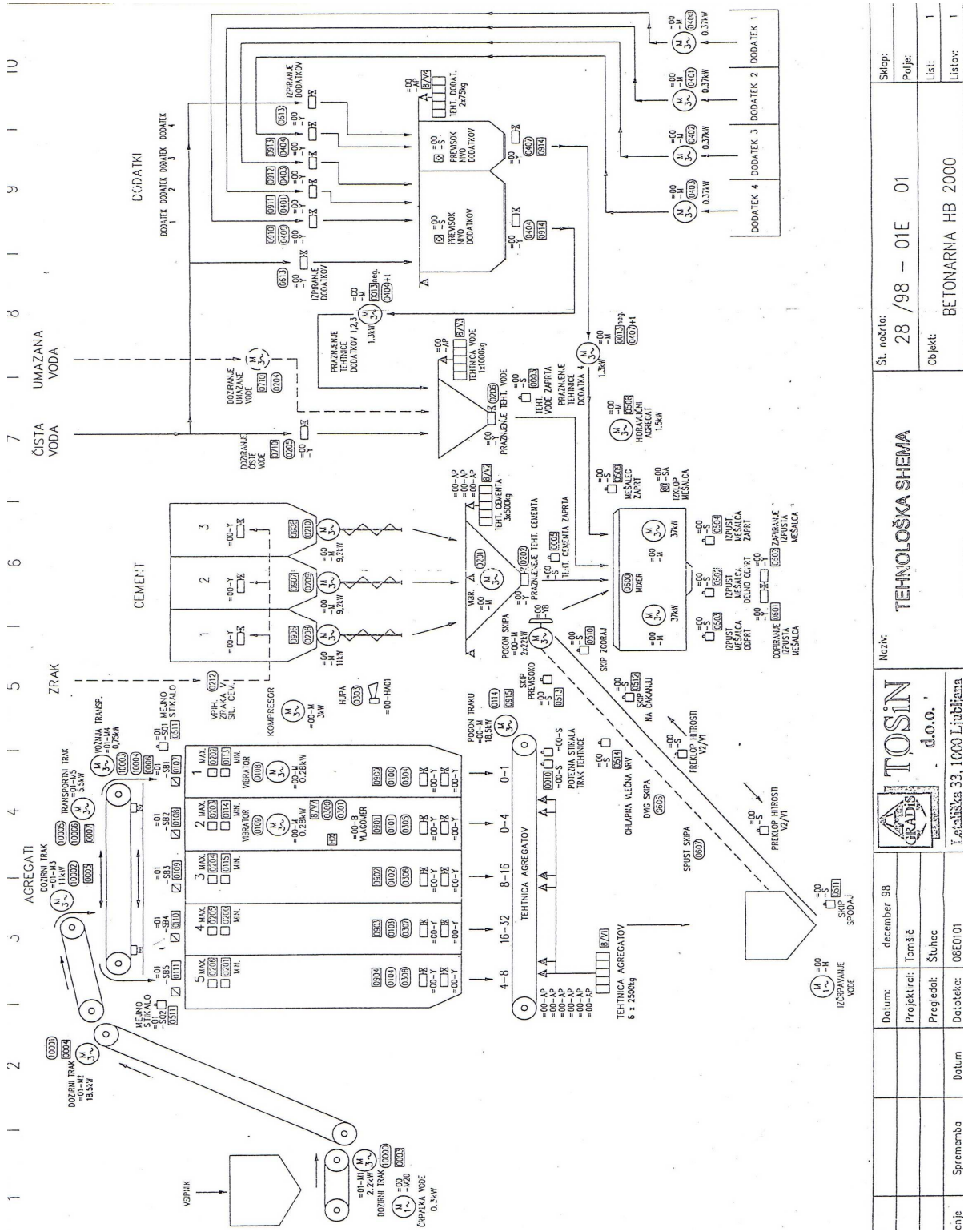
2. Strogo prepovedano se je zadrževati v območju gibljivih delov delujoče naprave. Pod nobenim pogojem ni dovoljeno segati med gibajoče se dele.
3. Vzdrževalna dela se sme opravljati ob upoštevanju vseh varnostnih predpisov. Med servisiranjem in vzdrževanjem mora biti postrojenje zaustavljeno. Zagotovljeno mora biti, da naprave ne more pognati nepooblaščen oseba (zaklenjeno glavno stikalo na stikalni omari, izvlečeni ključi iz krmilnega pulta). Pri vzdrževalnem delu na mešalcu mora biti zaklenjeno varnostno stikalo na mešalcu.
4. Ob koncu delovnega dne morajo biti vse tehtalne posode in mešalec prazni. Priporočljivo je, da se pred daljšim časom mirovanja polžnega transporterja izprazni. V polžnem

transporterju se ponoči tvori kondenz, ki povzroči strjevanje cementa. Priporočljivo je, da se cement polni v silose ob začetku delovnega dne. Izpustna loputa na silosu za cement mora biti na koncu delovnega dne zaprta. V zimskem času ob nevarnosti zmrzali je potrebno izpustiti vodo iz vodovodne instalacije.

5. Električnih kablov ni dovoljeno mehansko obremenjevati. Paziti je potrebno, da niso poškodovani. Če se kabel izvleče iz uvednice, ga je nemudoma potrebno priklopiti in zatesniti.

6. Električne dele zaščititi pred prodorom vode v prahu.

4.0 DELOVANJE



SLIKA 21: Tehnološka shema

V poglavju predstavljamo informacije za delovanje mešalnega sistema delovanje betonarne. Predstavljamo različne korake za napeljavo in delovanje betonarne.

4.1 Osnovni opis

Poglavje je popis različnih funkcij betonarne, tako da je delovanje v skladu s predpisi in da se izognemo napačnemu delovanju betonarne.

4.2 Agregatni silos

Agregati so razvrščeni po standardu SIST EN 206-1 prikazani v PREGLEDNICI 15.

PREGLEDNICA 15: Razvrstitev agregatov

pesek	0 - 2
pesek	2 - 4
fini gramoz	4 - 8
gramoz	8 - 16
debeli gramoz	16 - 32

Na ta način se agregati razvrščeni v agregatnih silosih, po možnosti naj bo pesek razvrščen v sredino ali na začetek agregatnega silosa, v smislu premikanja po tehtalnem traku.

Agregatni prekatni imajo zaporedne številke. Označbe min in max vsebine, ki se lahko dobi s položajem merilnega sistema v vsakem agregatnem prekatu. Vsak agregatni prekat ima 2 stopnji doziranja, ki delujeta elektro-pnevmatsko. Obe loputi lahko delujeta skupaj ali posamezno, da dosežemo fino doziranje agregatov za visokokakovosten beton. Pri izbiri posamezne stopnje doziranja je učinek glavne kontrole s posameznim ročnim stikalom za ročno ali avtomatsko delovanje.

4.3 Agregatna tehtnica

Pesek in agregati so dodatno tehtani drug za drugim na transportnem traku lociranem na jekleni konstrukciji pod agregatnimi silosi.

Transportni trak z zbirnim lijakom je rešen na min 4. točkah in max 6. točkah. Teža transportnega traku in vsipnega lijaka je upoštevan kot TARA in se avtomatično kontrolira z vgrajenim računalniškim sistemom po vsakem zaporednem tehtanju na stopnji TARE.

Pred pričetkom nove polnitve mora biti na računalniku nulta stopnja polnilnih celic pregledana, da bi prepoznali morebitno slabo delovanje polnilnih celic. Motnje v delovanju polnilnih celic se pokažejo na računalniku z minus kilogrami. Med tehtanjem peska se vibrator na silosu peska avtomatično požene. Ko ročno ali z avtomatičnim delovanjem dosežemo zahtevano težo agregatov, se agregati izlijejo iz tehtalnega traku k nagnjenemu traku z aktiviranjem električne energije. V skladu z izvržkom, lestvico agregatov in vlažnostjo le-teh, morajo izhodna vrata merilnega lijaka uravnati optimalno polnjenje. Pri celotni izpraznitvi agregatov iz transportnega traku deluje vibrator, pritrjen na lijak merilnega traku, da zagotovi celotno izpraznitev vseh agregatov iz silosa. Transportni trak deluje po avtomatičnem zaporedju tako dolgo, da tehtnica kaže 0 kilogramov vsebine, potem se električni motor ustavi avtomatično. Pri ročnem delovanju je motor vklopljen tako dolgo, dokler operater ne zazna, da je merilec agregatov dosegel 0 kilogramov na kontrolni plošči. Po končanem tehtanju se naslednje tehtanje lahko začne avtomatično ali ročno. Avtomatični sistem prekinjanja delovanja z vrvjo je nameščen ob strani pri agregatni tehtnici in je namenjen varnosti.

Maščobne točke za nošenje napetosti bobna in poganjanja bobna se podaljšujejo zunaj varne zaščite, da se ne premaknejo za redni servis. Za izboljšanje napetosti bobna ga moramo pregledovati vsaj tedensko. Odstraniti moramo načrt zaščite in ustaviti delovanje celotne betonarne. Operacijo morata opraviti dva inženirja, saj tako zahtevajo varnostni predpisi.

Tehtnica mora biti kalibrirana na kalibrirano težo na začetku delovanja. Kalibrirana teža mora biti nudena s strani odjemalca in mora dosegati najmanj 10 % teže celotne tehtalne serije. Pri postavljanju kalibrirane teže na tehtnici moramo natančno določiti 0-stopnjo na računalniku in nakladalne celice so lahko kalibrirane. Tako računalnik kot tudi celotno delovanje vgrajenih nakladalnih celic mora biti generalno pregledano na 0-stopinj. Če računalnik kaže navedeno težo v minusu, se ponovno preveri pravo videnje tehtnice in v kolikor motenj ni, nakladalna celica ne deluje dobro. Minus kilogrami se pokažejo v primeru razdora nakladalnih celic. Na ta način se preverba naredi vizualno pred začetkom vsakega delovanja. V primeru nedelovanja nakladalnih celic je dozirana teža več kot pokazatelj na računalniku in v tem primeru nenatančno težo dosežemo po predpisih na receptu.

4.4 Nagnjen transportni trak

Nagnjen transportni trak transportira agregate od tehtalnega traku v vmesni zbiralni lijak nad mešalcem. V avtomatični funkciji nagnjen trak deluje čezmejno in se spoji z merilnim trakom – pokazateljem 0 kilogramov.

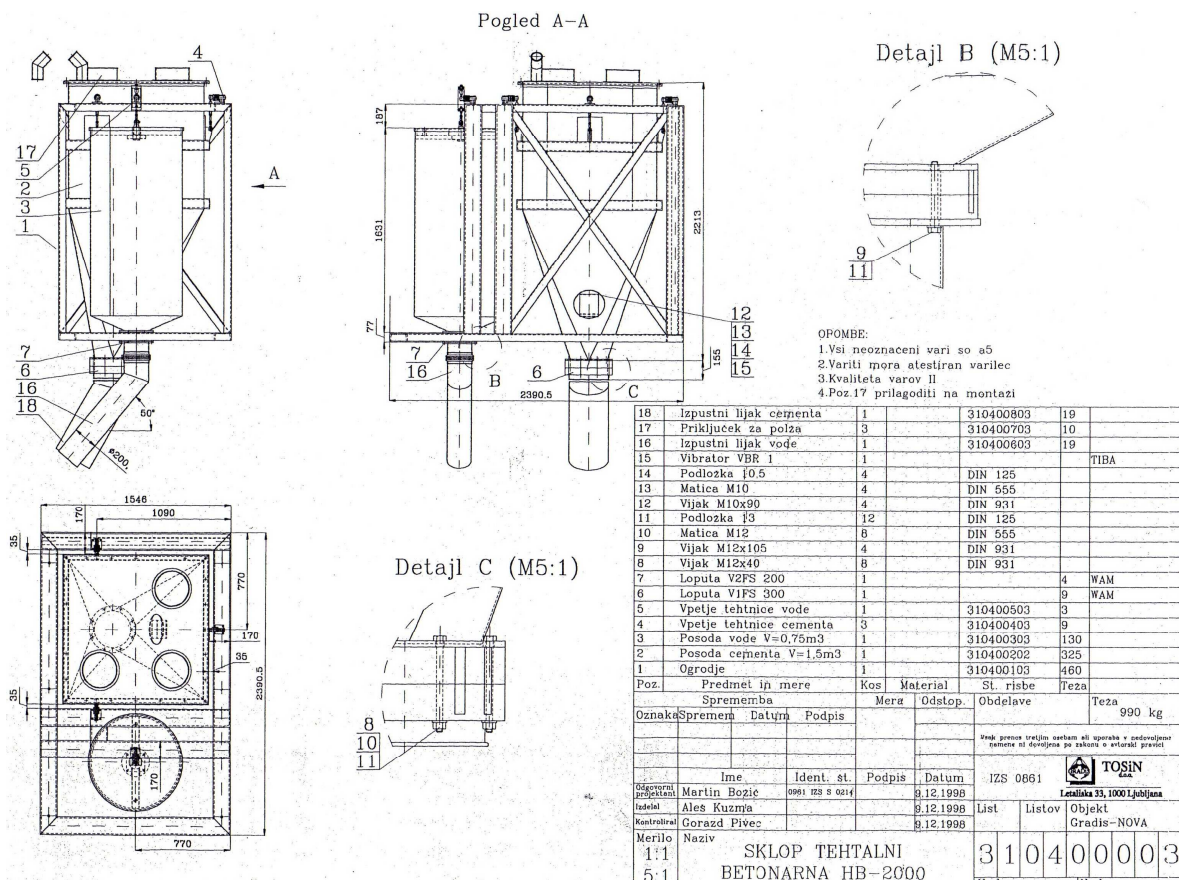
Ležaji nagnjenega traku in merilnega traku so trajni in ne potrebujejo posebnega vzdrževanja in servisiranja, saj so kompletno zaprti in zaščiteni pred dežjem in sončnim žarčenjem. Nagnjen transportni trak je opremljen z obstransko vrvico, ki vrši nadzor delovanja električnega motorja in kontrolira prenos materiala na drug transportni trak, ki se nahaja na vrhu transportnega sistema. Avtomatični sistem prekinjanja delovanja z vrvjo je nameščen ob strani pri agregatni tehtnici in je namenjen varnosti.

Maščobne točke za nošenje napetosti bobna in poganjanja bobna se podaljšujejo zunaj varne zaščite, da se ne premaknejo za redni servis. Za izboljšanje napetostnega bobna ga moramo pregledati vsaj tedensko. Odstraniti moramo načrt zaščite in ustaviti delovanje celotne betonarne. Operacijo morata opraviti dva inženirja, saj tako zahtevajo varnostni predpisi. Po ureditvi mora biti pas pregledan, poravnan, upoštevati pa moramo vse varnostna navodila, ki veljajo pri ponovnem zagonu. Po končani ureditvi mora biti varnostna zaščita ponovno napeljana.

4.5 Tehtalni segmenti

Tehtalni segmenti (SLIKA 22) so med mešalcem in vsebujejo:

- vmesni lijak za agregate,
- cementno tehtnico,
- vodno tehtnico,
- tehtnico za kemične dodatke



SLIKA 22: Tehtalni sklop

Med doziranjem se agregati simultano pretvarjajo; ali avtomatično z računalniško kontrolo ali ročno s kontrolo operaterja. Za doseg velikega izkoristka betonarne so potrebne operacije, ki se v procesih delno prekrivajo. Cement je istočasno doziran v smeri cementnega transportnega vijaka, pomeni od posameznega cementnega silosa v cementno tehtnico, istočasno pa deluje cementni polž tako dolgo, dokler ne dosežemo zahtevane teže.

Cementna tehtnica lahko dvigne do 4 cementne vijačne transportne polže in ima dodatno možnost tehtanja 2 vrsti cementa v istem ciklu tehtanja pri avtomatični obdelavi. Tehtnica je opremljena z metuljčastim elektro-pnevmatskimi iztočnimi vrati in vibratorjem za lepši tok cementa. Vibrator deluje avtomatično med celotnim časom izpusta cementa do zaprtja vrhnjega izpušnega ventila.

Tehtnica ima prezračevalni sistem, ki je povezan z zračnim sistemom mešalca za zagotovitev toka zraka z minimalno prahu med natovorom in raztovorom cementne tehtnice. Tehtnica je opremljena z tremi nakladalnimi celicami. Tehtnica mora biti kalibrirana na kalibrirano težo na začetku delovanja. Kalibrirana teža mora biti nudena s strani odjemalca in mora dosegati najmanj 10 % teže celotne tehtalne serije. Pri postavljanju kalibrirane teže na tehtnici mora biti 0-stopnja določena na računalniku in nakladalne celice so lahko kalibrirane. Računalnik mora biti generalno pregledan na 0-stopnji, kakor mora biti pregledano celotno delovanje vgrajenih nakladalnih celic. V primeru, da računalnik kaže navedeno težo v minus kilogramih, se ponovno preveri prazen visenje tehtnice in v primeru, da ni motnje, nakladalna celica ne deluje dobro. Minus kilogrami se pokažejo v primeru razdora nakladalnih celic. V tem primeru se preverba naredi vizualno pred začetkom vsakega delovanja. V primeru nedelovanja nakladalnih celic je dozirana teža več kot pokazatelj na računalniku in v tem primeru nenatančno težo dosežemo po predpisih na receptu.

Vodna tehtnica je dodatno opremljena z elektro-pnevmatskim metuljčastim ventilom. Voda je dozirana iz 2,5 colske armature s svežo vodo pritiska 4 - 6 barov, ki se izliva z vgrajenim cevničnim sistemom v vodni zbiralec. Doziranje vode se ustavi z elektro-pnevmatskim ventilom. Končni dozirni sistem je lahko napeljan z 1 dodatno colsko armaturo z elektro-pnevmatskim ventilom. Pri avtomatskem delovanju se pri 2,5 colski armaturi pri dosegu 90 % izlize vode in dosegu določene gladine, armatura zapre avtomatično in nadaljnje doziranje bo učinkovito skozi 1 colsko cevno linijo, dokler ne dosežemo zahtevane teže. Vodna tehtnica je opremljena z dvema polnilnima celicama.

Tehtnica mora biti kalibrirana na kalibrirano težo na začetku delovanja. Kalibrirana teža mora biti nudena s strani odjemalca in mora dosegati najmanj 10 % teže celotne tehtalne serije. Pri postavljanju kalibrirane teže na tehtnici mora biti 0-stopnja določena na

računalniku in nakladalne celice so lahko kalibrirane. Računalnik mora biti generalno pregledan na 0-stopnji, kakor mora biti pregledano celotno delovanje vgrajenih nakladalnih celic. V primeru, da računalnik kaže navedeno težo v minus kilogramih, se ponovno preveri prosto visenje tehtnice in v primeru, da ni motnje, nakladalna celica ne deluje dobro. Minus kilogrami se pokažejo v primeru razdora nakladalnih celic. V tem primeru se preverba naredi vizualno pred začetkom vsakega delovanja. V primeru nedelovanja nakladalnih celic je dozirana teža več kot pokazatelj na računalniku in v tem primeru nenatančno težo dosežemo po predpisih na receptu.

Tehtnica kemičnih dodatkov lahko tehta do 4 posamezne tekoče kemikalije v 4 posamezne veje kemične tehtnice v posodi iz nekorozivnega specialnega jekla. Polnjenje kemikalij se vrši z do 4 črpalkami, ki se nahajajo na osnovni višini neposredno v posamični veji. Tehtnica kemikalij in kemičnih dodatkov razgradi vsako kemikalijo z razgradno črpalko neposredno v mešalec v smeri posamezne črpalne vrste za vsako črpalko v posamezno pozicijo na mešalcu. Razdelitev kemičnih dodatkov znotraj mešalca je izvedena s posebnim škropilnim sistemom. Tehtnica kemikalij ima za vsako vejo škropilno pripravo, da jo očisti, kadarkoli je to potrebno. Tehtnica je opremljena z 1 ali 2 nabojnima celicama, v skladu s posamično velikostjo kemikalije.

Tehtnica mora biti kalibrirana na kalibrirano težo na začetku delovanja. Kalibrirana teža mora biti nudena s strani odjemalca in mora dosegati najmanj 10 % teže celotne tehtalne serije. Pri postavljanju kalibrirane teže na tehtnici mora biti 0-stopnja določena na računalniku in nakladalne celice so lahko kalibrirane. Računalnik mora biti generalno pregledan na 0-stopnji, kakor mora biti pregledano celotno delovanje vgrajenih nakladalnih celic. V primeru, da računalnik kaže navedeno težo v minus kilogramih, se ponovno preveri prosto visenje tehtnice in v primeru, da ni motnje, nakladalna celica ne deluje dobro. Minus kilogrami se pokažejo v primeru razdora nakladalnih celic. V tem primeru se preverba naredi vizualno pred začetkom vsakega delovanja. V primeru nedelovanja nakladalnih celic je dozirana teža več kot pokazatelj na računalniku in v tem primeru nenatančno težo dosežemo po predpisih na receptu.

Vmesni sekač agregatov vzame pravkar stehtane agregate iz nagnjenega traku za vmesno shranitev in hitro razgraditev v mešalec. Opremljen je z vibratorjem, ki pomaga toku agregatov. Odprtje vmesnega skakača je v smeri 500 ml elektro-pnevmatskih odprtih vrat. Rastovor agregatov se giblje direktno skozi celico v mešalec.

Skakač je opremljen z napravo za kritje vmesnega lijaka in dovod kratkega transportnega traku, ki zaščiti izhod prahu iz sistema v času natovora in raztovora. V tem primeru je pokrov povezan z velikim diametralnim cevni sistemom, ki izvleče zrak med natovarjanjem v pokrov vmesnega skakača. V tem primeru deluje poseben filter na vrhu pokrova, ki poseba prekomeren zrak iz sistema mešalca in cementne tehtnice.

4.6 Mešalec

Mešalec se nahaja pod tehtnico in vmesnim lijakom in dobi:

- agregate od vmesnega lijaka,
- cement od cementne tehtnice,
- vodo od vodne tehtnice,
- in s pomočjo kemičnih črpalk kemične dodatke od tehtnice kemičnih dodatkov

Zaporedje dodajanih komponent v mešalec je predpisano v posameznih standardih in je predmet sprememb v zaporedju v odvisnosti od zahtev danih pri betonskih mešanica.

Navadno zaporedje je:

1. Agregati
2. Cement in voda
3. Kemijski dodatki

Mešalni čas je 30 sekund po tem, ko so vse komponente v mešalcu. Ko bo mešanje končano, se loputa odpre avtomatično in mešalne lopute izrinejo beton iz mešalca v avtomešalec.

Čas raztovora in tako celoten tovor mešalca je direktno povezan z kapaciteto avtomešalca, če le-ta lahko odpelje beton dovolj hitro. Ročno in avtomatično delovanje kontrole in varnostne

naprave so predpisane v ročnem delovanju. Za mešalce z 1500/1000 litrov vsebine se raztovorna vrata odprejo v celoti, medtem ko se pri mešalcih z višjo vsebino vrata odpirajo zaporedoma, da ne bi prenapolnili avtomešalca.

5.0 IZBRANI PROBLEMI UPRAVLJANJA PRESKRBOVALNE VERIGE PRI MONOLITNI GRADNJI

V logistiki – proizvodni sistem, ki je povezan z zahtevnim postopkom izvajanja betonskih del, ločimo dva podsistema transporta betona, ki se uporabljata pri monolitni izvedbi gradbenih del. Po predpostavki, ki temelji na matematičnem modelu, glede na katerega izberemo najprimernejša transportna sredstva za zunanji transport betonske mešanice, proizvajalec betona izvede prevoz z lastnimi prevoznimi sredstvi različnih kapacitet več porabnikom hkrati. S pomočjo konceptualnega modela, ki je izdelan v ta namen, je mogoče predstaviti transportni sistem (zunanji in notranji) kot celoto in kot logičen prikaz skupnih notranjih odnosov med posameznimi elementi modela. Prav tako so v njem razvidni odnosi z zunanjim okoljem. Pripravljeni računalniški program nam omogoča, da opravimo popolno analizo sredstev in naprav med uresničitvijo naloge.

Bistveno je načrtovanje proizvodnega procesa od mešanja betona do končne faze. Načrtovalec mora zagotoviti, da je betonarna v preskrbovalni verigi proizvodnja → transport → vgrajevanje → zaključevanje → nega, kos hitrosti dostave, ki je potrebna, da dosežemo kontinuiteto vgrajevanja.

Avtomešalci so najpogostejša dostavna vozila za betonske mešanice, saj zlahka omogočajo mešanje betona med prevozom na daljše razdalje. Prevoz betonske mešanice na dolge razdalje se običajno opravi z avtomešalci, kar zagotavlja visoko kvaliteto betonske mešanice ob dostavi na gradbišče. Kapacitete avtomešalcev, ki se uporabljajo, so različne. V praksi je uporaba visokokapacitetnih avtomešalcev omejena z nosilnostjo cest, mostov in viaduktov.

Med izbiranjem vrste tovornjakov za prevoz betonske mešanice se pogosto upošteva, da je trajanje omenjenih procesov natančno določeno. Problem transporta betonske mešanice in analiza izdelanega postopka (izbira vozil, analiza skupne kapacitete) sta zelo podobna problemom, s katerimi se ukvarja teorija množične strežbe. Številni viri obravnavajo uporabno (aplikativno) plat teorije množične strežbe za opis pojavov, ki so povezani s

transportom v tehniški in gradbeni industriji. Vendar pa pri izvajanju betonskih del v praksi prihaja do bolj zapletenih situacij, v katerih so modeli opisani v literaturi neuporabni. Med drugim je potrebno upoštevati primere, ko imamo na voljo avtomešalce različnih kapacitet (za tovornjake z različnimi tovornimi kapacitetami navadno veljajo različni verjetnostni časi natovarjanja in raztovarjanja) in ko ena betonarna istočasno dostavlja betonsko mešanico na več gradbišč hkrati.

Na splošno v realnih situacijah uporabljamo tri tipe avtomešalcev s kapacitetami do $4,5 \text{ m}^3$, $6,0 \text{ m}^3$, in 9 m^3 . Vrstni red postopkov pri izbiri vozil je naslednji:

- Ugotoviti, katera vozila lahko uporabimo glede na nosilnost cest in mostov,
- Presoditi, ali hitrost raztovarjanja ni prepočasna za vozila večjih kapacitet (lahko so izločena zaradi tehničnih zahtev, npr. med lokalnim transportom betonske mešanice v kontejnerjih (z žerjavi) čas raztovarjanja vozila s kapaciteto 9 m^3 traja približno 120 minut,
- Vozila večjih kapacitet se uporabljajo za prevoze na daljše razdalje.(Orlowski, 2003)

5.1 Identifikacija sistema

V logistiki – proizvodni sistem, ki je produkt zahtevnega procesa izvajanja betonskih del, razlikujemo dva podsistema (PREGLEDNICA 16). Eden izmed podsistemov obsega tako imenovani daljinski transport (daljše razdalje) betonske mešanice. Logistična veriga v transportnem procesu se prične v trenutku, ko vozilo prispe na mesto betonarne. Stopnje, ki sledijo v verigi, obsegajo naslednje operacije: prevoz betonske mešanice na gradbišče, raztovarjanje in povratna vožnja z natovarjanjem naslednjega tovora. Daljinski transport betonske mešanice se tipično izvaja z avtomešalci.

PREGLEDNICA 16: Logistični proizvodni proces pri izvajanju betonskih del

	zunanj transport		notranji transport	
natovarjanje betonske mešanice (proizvodnja)	prevoz z avtomešalci	raztovarjanje betonske mešanice	vertikalni transport (žerjav, črpalka)	vgrajevanje betonske mešanice

Drugi podsistem obsega notranji transport betonske mešanice in se mu pravi tudi lokalni transport (krajše razdalje), saj se izvaja neposredno znotraj gradbišča. Začetna stopnja v logističnem proizvodnem verižnem procesu pri lokalnem transportu je zbiranje betonske mešanice, ki jo dostavi avtomešalec. Naslednje komponente tega podsistema so: transportni proces (vertikalen in horizontalen) in vgradnja betonske mešanice v kalupe za gradbene elemente ter stiskanje betona. Prenos betona na želeno mesto je mogoče izvesti na naslednja načina: s črpalko in cevmi ali z žerjavom.

Notranji transport na gradbišču se večinoma izvaja z dvema transportnima sredstvoma: črpalke za vgrajevanje betona ali kontejnerji in žerjavi. Premestitev betona na gradbišču se lahko izvede z žerjavom, dvigalom ali s prekucnikom.

Prvi tip – v kontejnerjih z žerjavom – se uporablja na gradbiščih, kjer je poraba betona manjša, in v primeru počasnega vgrajevanja betona. Angleški viri kažejo, da se transport v kontejnerjih z žerjavi uporablja pri hitrosti vgrajevanja betona od 8 do 12 m³/h.

Drugi tip – transport s črpalko se uporablja predvsem na tistih gradbiščih s hitrejšim tempom vgrajevanja betona. Danes se ta oblika transporta na gradbišču pogosto uporablja na tistih gradbiščih, kjer se izvaja monolitna gradnja. Poglavitne prednosti uporabe te vrste transporta so: možnost dosega vseh točk betonske strukture, precejšen doseg vertikalno in horizontalno, kontinuiteta vgrajevanja betona, prilagodljiva kapaciteta. Nadalje ima transport s črpalko pozitiven učinek na kakovost betona, saj pravilno vgrajena mešanica onemogoča segregacijo, posledica uporabe črpalke pa je tudi povečana gostota mešanice, ki se kaže tudi v povečani

tlačni trdnosti (do 10 %) betona. V tehnološke namene mora biti črpanje kontinuirano: zato je bistveno, da zagotovimo kontinuiteto dostave betonske mešanice. (Orlowski, 2003)

5.2 Podjetje Horizont Inženiring

Podjetje Horizont Inženiring je nastalo leta 1993. Sprva so se v podjetju ukvarjali predvsem z gradnjo stanovanjskih zgradb, kasneje pa so se začeli vključevati tudi v večje projekte.

Podjetje se je ob začetku gradnje verige savskih elektrarn, povezalo z belgijskim podjetjem Schwing Stetter. Partnerja sta skupaj ustanovila firmo Savabeton Boštanj d.o.o. V Logu pri Sevnici, so postavili betonarno znamke Stetter ter celotni sistem za separiranje frakcij agregata za beton. Ta betonarna je v celoti računalniško vodena s kapaciteto 100 kubičnih metrov na uro. Zaradi velikega povpraševanja po betonu pa so postavili še že opisano betonarno znamke HB 2000 v Boštanju. V podjetju Savabeton d.o.o proizvajajo več vrst sveže betonske mešanice od masivnih betonov, transportnih betonov, do betonov z posebnimi lastnostmi, ki vsebujejo frakcije velikosti zrn od:

- 0 – 4n (naravni) mm,
- 0 – 4d (drobljeni) mm,
- 4 – 8 mm,
- 8 – 16 mm,
- 16 – 31,5 mm,
- 31,5 – 45 mm

5.2.1 Značilnosti logistike transporta betona na gradbišče

Za vsa gradbišča, ki imajo pogodbo podjetjem Savabeton Boštanj d.o.o. o dobavi betona, v podjetju skrbijo, da je beton čim hitreje na gradbišču in prav tako, da je tudi vgrajen s čim krajšim časovnim zamikom. Količina proizvedenega betona v betonarni je odvisna od povpraševanja po betonu.

V podjetju Savabeton d.o.o. na podlagi povpraševanj po betonu sestavijo ponudbo. Če se naročnik strinja s ponudbo, se nato sklene pogodba, zatem pa se vršijo naročila betona in izpolnjevanje naročil betona. Običajno se plan betona v podjetju izdeluje za tri dni vnaprej. Če se pogodba sklene vnaprej, je seveda tudi določeno čigavi bodo mikserji oziroma prevoz.

Betonarna v Boštanju ima kapaciteto 2 m³. V primeru, da so količine betona tako velike, da jih ena sama betonarna ne bi mogla proizvesti v določenem času, v podjetju Savabeton d.o.o. zaženejo obe betonarni. Količina betona in način prevoz se naročita na betonarni oziroma po telefonu in seveda tudi potrebe betona kot so, marka betona, granulacija, frakcije. Naročilo odda naročnik neposredno vodi betonarne in logistu. Specifikacija betona se izve po narejenem začetnem tipskem preizkusu. Receptura betonske mešanice je vnesena v računalnik in vsebuje vse podatke o cementu, vrste cementa, agregata, količine vode, dodatkov in vrste dodatkov in čas mešanja betona. Zaloge vhodnih materialov, kot sta cement in dodatki se naročujejo po potrebi. Tako po vsakodnevni proizvodnji betona preverijo na števcih silosov, koliko cementa je še ostalo. Nato na podlagi porabe cementa za 1 m³ betona izračunajo, koliko ga bodo potrebovali še v naslednjih nekaj dneh. Na zalogi imajo cement shranjen v silosih največ teden dni in se vozi od dobavitelja do betonarne nekje 230 kilometrov. Pri izdelovanju svežih betonskih mešanic uporabljajo cemente:

- Osnovni 42,5 N (za navadne in črpane betone)
- Specialni 42,5 R (betoni z visoko tlačno trdnostjo)
- Salodur 32,5 LH (za doseganje nizke hidratacijske toplote pri vezaju betonov)

Pridobivanje vhodne surovine za predelavo v agregat se izvaja iz gramozne jame v Vrbini v Brežicah. Na betonarni se izvajajo redne kontrole betona in seveda s tem tudi kakovost betona. Velikokrat pa se jemljejo vzorci betona tudi na gradbišču, da se kontrolira pravilno vgradnjo betona.


5.2.2 Glavni dobavitelji materialov

Pri pridobivanju materialov za izdelavo betonskih mešanic ima podjetje Savabeton.d.o.o. podpisane pogodbe z podjetji Tkk Srpenica, Salonit Anhovo d.d., Savaseparacija d.o.o. ter drugimi. Vsa ta podjetja imajo certifikatsko proizvodnjo in vse potrebne ateste.

5.2.3 Kupci

Na dan sprejmejo več naročil betona (SLIKA 23), kjer pa med velikostjo naročil ne delajo razlik. Pri dogovarjanju o nakupu betona je pomembno, da imajo tisti dan na betonarni na voljo dovolj mehanizacije, tako da stranka dobi beton takrat, kot je to dogovorjeno.

V podjetju imajo na razpolago 5 tovornjakov za prevoz cementa, 12 tovornjakov za prevoz agregata v separacijo in od nje v obe betonarni, 8 tovornjakov za prevoz betona kapacitete 9 m³, 1 tovornjak za prevoz betona kapacitete 7 m³ s 24 m dolgo črpalko, ter 1 tovornjak za črpanje betona dolgo 34 m (SLIKA 24, 25, 26 in 27).

Boštanj		obr.07/09				
						
RAZPORED PREVOZOV BETONOV ZA OBRAT:				DATUM: 10.8.2009		
				PONEDELJEK		
ČAS	NAROČNIK	GRADBIŠČE	BETON	KOLIČINA	GSM	PELJANO Z
7.00	A	SENOVO	3225č	15,5 m ³	/	ČV + MIKSER
7.00	B	BREŽICE	3225č	9,0 m ³	/	ČV + MIKSER
8.00	C	MOKRONOG	3225č	25,0 m ³	/	ČV + MIKSER
11.00	D	KRŠKO	3225č	283,0 m ³	/	ČV + MIKSER
11.00	E	RAKA	3225č	5,0 m ³	/	ČV + MIKSER
13.00	F	SEVNICA	3225č	9,0 m ³	/	ČV + MIKSER
13.00	G	KOSTANJEVICA	3225č	12,0 m ³	/	ČV + MIKSER
13.00	H	ŠENTJERNEJ	3225č	7,0 m ³	/	ČV + MIKSER
15.00	I	STUDENEC	3225č	8,5 m ³	/	ČV + MIKSER
15.00	J	CIRJE	3225č	10,0 m ³	/	ČV + MIKSER
16.0	K	VIDEM	3225č	4,5 m ³	/	ČV + MIKSER
verzija 3		velja od : 2.3.2009		stran: 1 od 1		

SLIKA 23: Naročila betonov za en dan



SLIKA 24: Tovornjak za prevoz cementa



SLIKA 25: Tovornjak za prevoz agregata



SLIKA 26: Tovornjak za prevoz betona



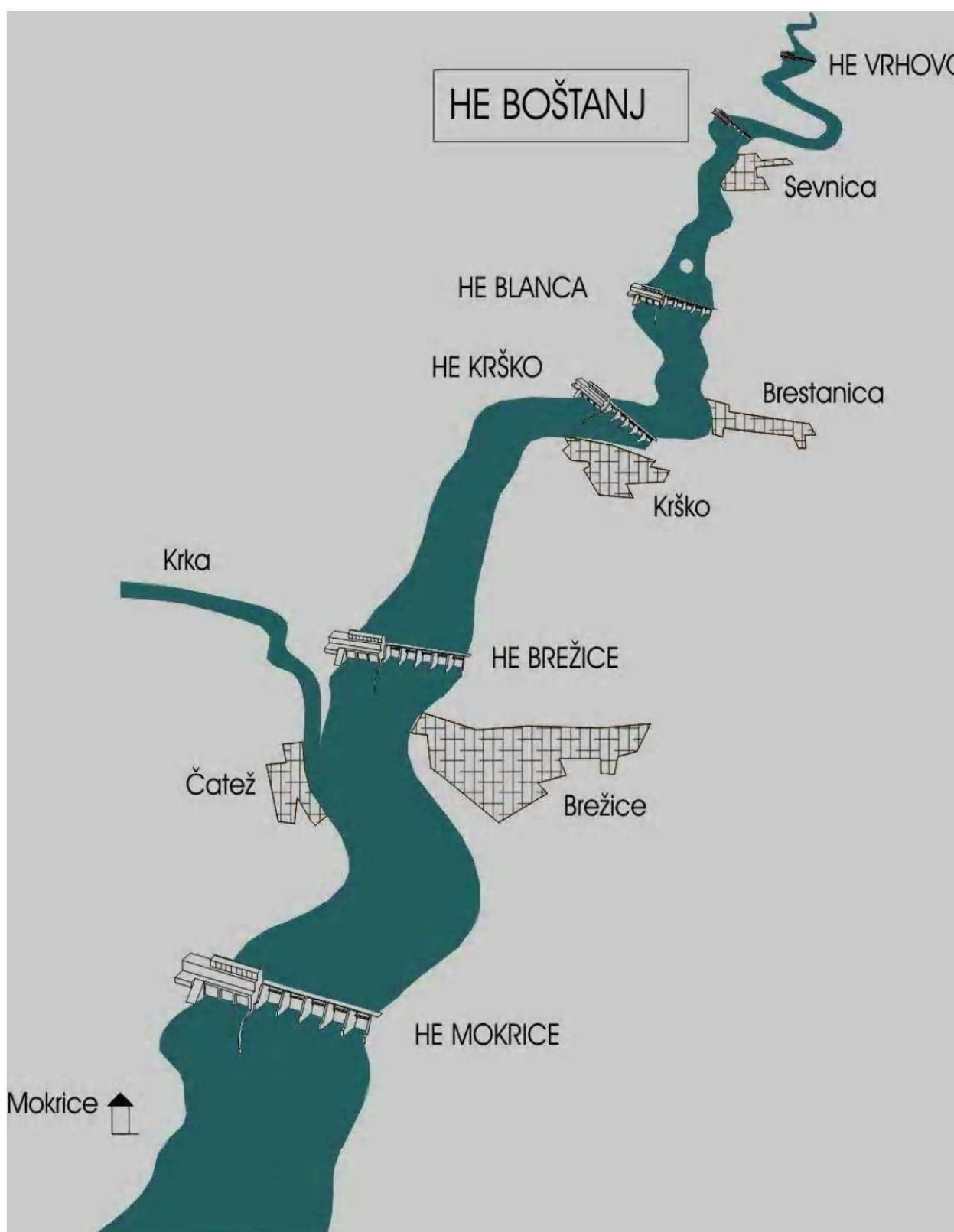
SLIKA 27. Tovornjak za črpanje betona

5.2.4 Projekt izgradnje hidroelektrarne Krško

Sodelovanje pri projektih, kot so gradnja hidrotehničnih objektov pogosto pomeni velik izziv tudi podjetjem, ki so vajena gradenj zahtevnih objektov. V začetni fazi gradnje hidroelektrarne Krško je investitor hidroelektrarn na Spodnji Savi HESS d.o.o. sklenil pogodbe z izvajalci:

- Kostak d.d. Krško, ki je zadolžen za izkop in izgradnjo masivne betonske stene za zaščito gradbene jame,
- podjetjem RGP d.o.o. za črpanje vode iz gradbene jame,
- podjetjem CGP d.d., ki je bilo zadolženo za izgradnjo prelivnih polj in
- podjetjem Horizont Inženiring, ki je zadolženo za proizvodnjo celotne kapacitete betona za hidroelektrarno Krško. Poleg nevšečnosti, ki se dogajajo pri gradnji objektov na kopnem, se pri gradnji hidrotehničnih objektov redno srečujejo še z vdorom vode v gradbeno jamo.

Gradnje hidroelektrarne Krško se je pričelo v začetku leta 2007 in je četrta hidroelektrarna v verigi šestih hidroelektrarn (SLIKA 28, SLIKA 29) na spodnji Savi. Je pretočno akumulacijskega tipa z nameščenimi tremi agregati z instaliranim pretokom 500 m³/s s petimi pretočnimi polji s prelivno zmogljivostjo 4600 m³/s ter povprečno letno proizvodnjo 144 GWh. Predvidena je polna avtomatizacija elektrarne in obratovanje brez posadke ter daljinsko vodenje iz centra. (Hess d.o.o.)



SLIKA 28: Veriga šestih hidroelektrarn na spodnji Savi

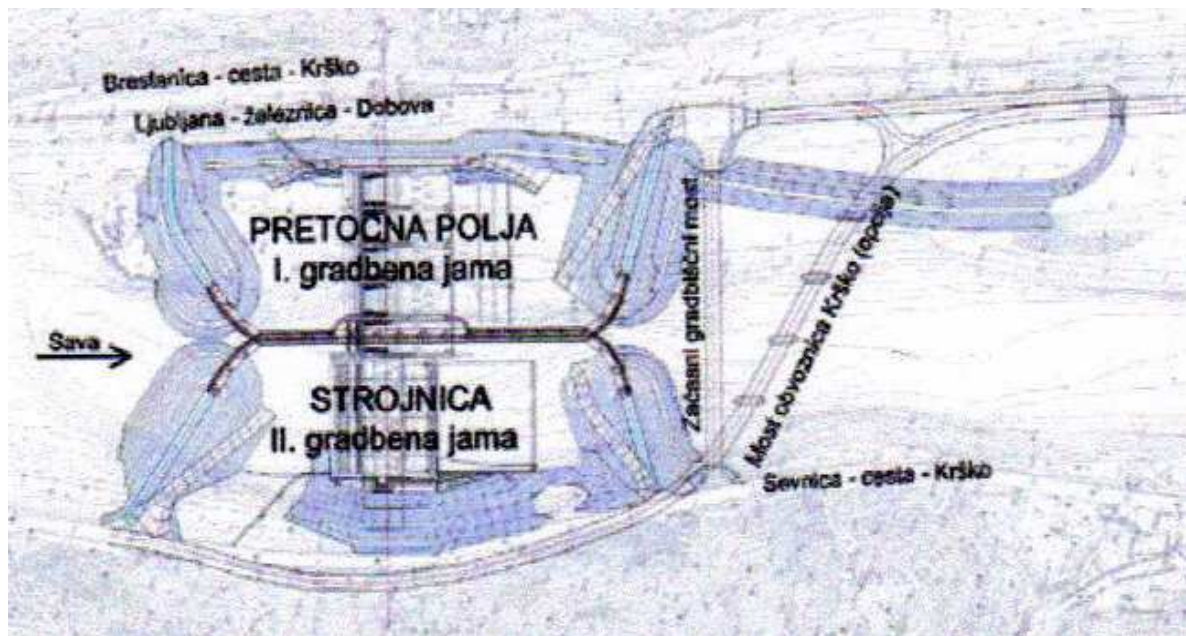


SLIKA 29: Začetek izgradnje hidrolelektrarne Krško (Hess d.o.o.)

5.2.5 Problemi pri izkopu gradbene jame

Pred izkopom gradbene jame so se izvedle zagatne stene iz hidrotehničnega betona z dodatkom aeranta, ki je odporen na zmrzovanje in tajanje, ter so tesnjene do nepropustne podlage z »jet grouting« kontaktnim injektiranjem. Izkop gradbene jame za hidroelektrarno Krško poteka predvsem v dolomitni kamnini prekritimi s sedimentnimi kamninami. Izkop poteka s kopanjem dveh gradbenih jam (SLIKA 30 in SLIKA 31). Najprej so se v prvi jami zgradila štiri pretočna polja in priključni nasip, nato pa po preusmeritvi toka preko pretočnih polj v drugi še strojnica in zadnje pretočno polje. Tak način gradnje je pogojen z ozko strugo in bo vsaj za eno leto podaljšal čas gradnje v primerjavi z ostalimi stopnjami verige HE. Zaradi ožje struge reke Save na območju izgradnje hidroelektrarne Krško, le ta povzroča višji nivo spodnje vode, zato je bila tu potrebna izvedba poglobitev dna reke Save. (Širca, 2005) Pri izkopu gradbene jame se podjetje Kostak d.d. Krško srečuje predvsem z velikim udorom vode v gradbeno jamo, ki prihaja iz dna reke Save ter iz zaledja skozi razpokane hribine. Ta problem rešuje podjetje RGP d.o.o. s črpalkami, ki neprestano črpajo vodo iz gradbene jame.

Vseeno pa se velikokrat zgodi, da zaradi črpanja velikih količin vode počí pretočna cev ali pa zataji črpalna naprava (SLIKA 32).



SLIKA 30: Organizacija gradnje hidroelektrarne Krško v dveh gradbenih jamah



SLIKA 31: Gradnja HE Krško v dveh gradbenih jamah

5.2.6 Problemi pri betoniranju

Izgradnja štirih prelivnih polj hidroelektrarne Krško je potekalo s pomočjo dveh betonskih črpalk podjetja Horizont Inženiring ter dvema žerjavoma podjetja CGP d.d. Za izgradnjo uporabljajo hidrotehnični beton z počasi vezočim cementom 32,5 lh (za doseganje nizke hidratacijske toplote pri vezanju betona) in agregatom z maksimalno velikostjo zrna 45 mm. Najprej se je na dno prve gradbene jame položil drenažni beton, ki je prekrival drenažne cevi. Količina dranažnega betona za prva štiri prelivna polja je skupaj znašala 1086 m³. Drenažne cevi imajo nalogo, da preprečujejo pojav vzgona, ko bo del objekta potopljen v vodo. Pri sami izgradnji drenažnega betona se je pojavil problem vode, ki je nenehno, kljub sprotnemu črpanju, vdirala v gradbeno jamo. Velikokrat se je zgodilo, da je zaradi prevelike količine vode ni bilo možno izvesti betoniranja, kajti voda je spirala cementno mleko iz betona, zato se beton ni mogel zgostiti.



SLIKA 32: Poplavljena gradbena jama zaradi počene cevi črpalnega sistema



SLIKA 33: Vgrajevanje drenažnih cevi

Problem se je reševal s postavitvijo drenažnih cevi (SLIKA 33) tako, da so le-te najhitreje odvajale vodo proti črpalnim sistemom. Na drenažni beton so položili 420 m³ podložnega betona, ter 17370 m³ hidrotehničnega betona za izgradnjo betonskih blokov za štiri prelivna polja. Na betonske bloke so vgradili 234 m³ betona za razbijače (SLIKA 34 in SLIKA 35), katerih naloga je zmanjšanje hitrosti vode, ki priteče skozi prelivna polja. Dodatno zaščito betonskih blokov pa so izvedli še z abrazivnim betonom, katerega je za štiri prelivna polja zneslo 1525 m³. Naloga abrazivnega betona je zaščita pred mehanskim delovanjem vode. Za izgradnjo petih stebrov, na katerih so nameščene zapornice (SLIKA 36 in SLIKA 37), in dodatno s sekundarnim betonom, zaščitnim betonom in betonom za ležišča so porabili 10064 m³ betona.

Pri samem betoniranju pa se je pojavljal problem velikega razpona objekta. Betoniranje samo z žerjavi bi bilo zelo zamudno, ter zaradi gosto postavljene armature včasih nemogoče. Zato so pri betoniranju uporabljali dve betonski črpalki (SLIKA 38), ki sta iz vsake strani gradbene jame pošiljale beton na zeleno mesto. Tako so rešili še problem segregacije, saj do nje ni prihajalo, ker so beton pri vgrajevanju spuščali z manjše višine od enega metra. V primeru

betoniranja z žerjavi pa bi na posameznih mestih zaradi zgoščene armature nastal problem segregacije. Veliko pozornosti se posveča tudi dobremu opaženju ter negi betona, ki je za hidrotehnične objekte še toliko bolj pomembna zaradi stalne prisotnosti vode. Zato je potrebno po vsakem razopaževanju podrobno pregledati površino, saj lahko že manjše vidne razpoke povzročijo katastrofo na celotnem objektu.



SLIKA 34: Izgradnja razbijačev HE Krško



SLIKA 35: Razbijači HE Krško



SLIKA 36: Izgradnja prelivnih polj



SLIKA 37: Prelivna polja hidrolelektrarne Krško



SLIKA 38: Betoniranje s pomočjo betonskih črpalk

5.2.7 Problemi pri proizvodnji betona

Zaradi velikih količin betona, ki ga je potrebno vgraditi v obravnavani hidrotehničen objekt, je pomembno, da se dolžina prevoza vseh osnovnih sestavnih materialov kar se da skrajša. To velja zlasti za agregat, pri katerem predstavlja cena transporta bistven del končne cene materiala, dostavljenega na gradbišče.

Investitorjem HESS d.o.o. ima na podlagi koncesije, ki jo je podala država Slovenija, pravico izrabe lokalnih dobrin, kot je agregat za izgradnjo hidroelektrarn. Investitor HESS d.o.o. je s pomočjo geodetskih posnetkov izračunal količino izkopanega materiala iz struge reke Save in brežin in količina materiala, ki naj bi se po čiščenju vrnila nazaj za izgradnjo hidroelektrarne v obliki betona. Kot podizvajalca je investitor HESS d.o.o. izbral podjetje Savabeton Boštanj d.o.o. za izdelavo vseh vrst betona, ki se uporablja pri gradnji. Tako ima podjetje Savabeton Boštanj sklenjeno pogodbo z investitorjem, o plačanem izkopu in prevozu agregata, ki ga podjetje izkopava iz struge reke Save oziroma njenih brežin za izdelavo betonov. Po izkopu gre agregat v separacijo, kjer ga očistijo s pomočjo vodnega curka (SLIKA 39 IN SLIKA 40) in ločijo po frakcijah (SLIKA 41). Pri velikih betonažah se pojavi problem zaradi potreb po velikih količinah betona, ter hitrega izkopavanja velikih količin agregata, saj se pri čiščenju pojavi več mulja in zato vodo za čiščenje in ločevanje agregata ni mogoče ponovno uporabiti. Rešitev je bila v postavitvi prekatnega usedalnika (SLIKA 42), kjer se voda, ki se uporablja za pranje in ločevanje agregata očisti po naravni poti s pomočjo usedanja mulja. Ločeni agregat pa se nato vozi na obe betonarni in se skladišči na deponijah.



SLIKA 39 in 40: Separacija in čiščenje agregata



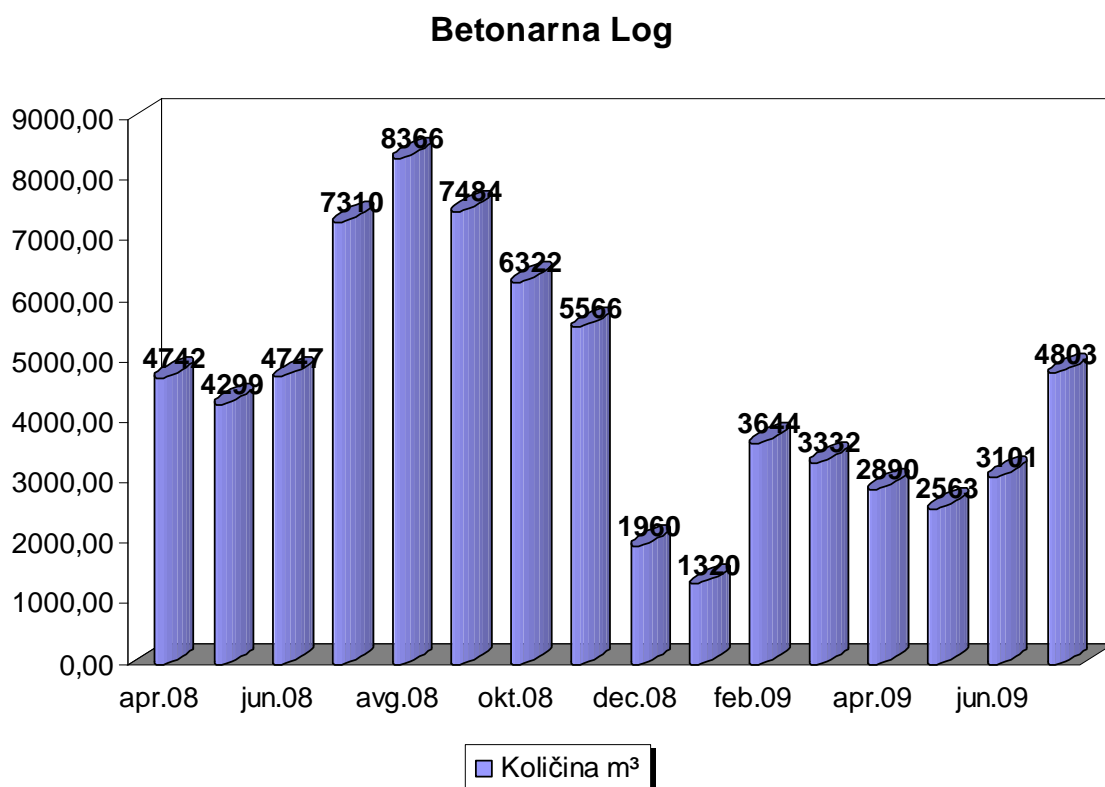
SLIKA 41: Ločevanje agregata



SLIKA 42: Prekatni usedalnik

Zaradi velikih količin betona, ki se potrebuje pri betonaži hidroelektrarn, v podjetju Savabeton Boštanj d.o.o. občasno obratujeta obe betonarni, tako v Boštanju kot v Logu. Pri proizvodnji betona morajo paziti predvsem na to, da je beton iz obeh betonarn kakovosten in da ne nastajajo razlike. Zato posvečajo veliko pozornosti dobremu čiščenju agregata, saj prisotnost mulja zmanjšuje mehanske lastnosti, zlasti tlačno trdnost betona, to pa posledično povečuje porabo cementa. V končni ceni betona, ki jo je postavilo podjetje Savabeton Boštanj d.o.o. z 10 % popustom za 1 m³ je tako všteto izkop in transport do pralnice, pranje agregata, separacija agregata, mešanje in dodajanje cementa ter dodatkov, vključno z transportom betona na gradbišče ter vgradnjo betona v opaž s pomočjo betonskih črpalk. Cena agregata pa se zaradi koncesijske pogodbe ne obračunava.

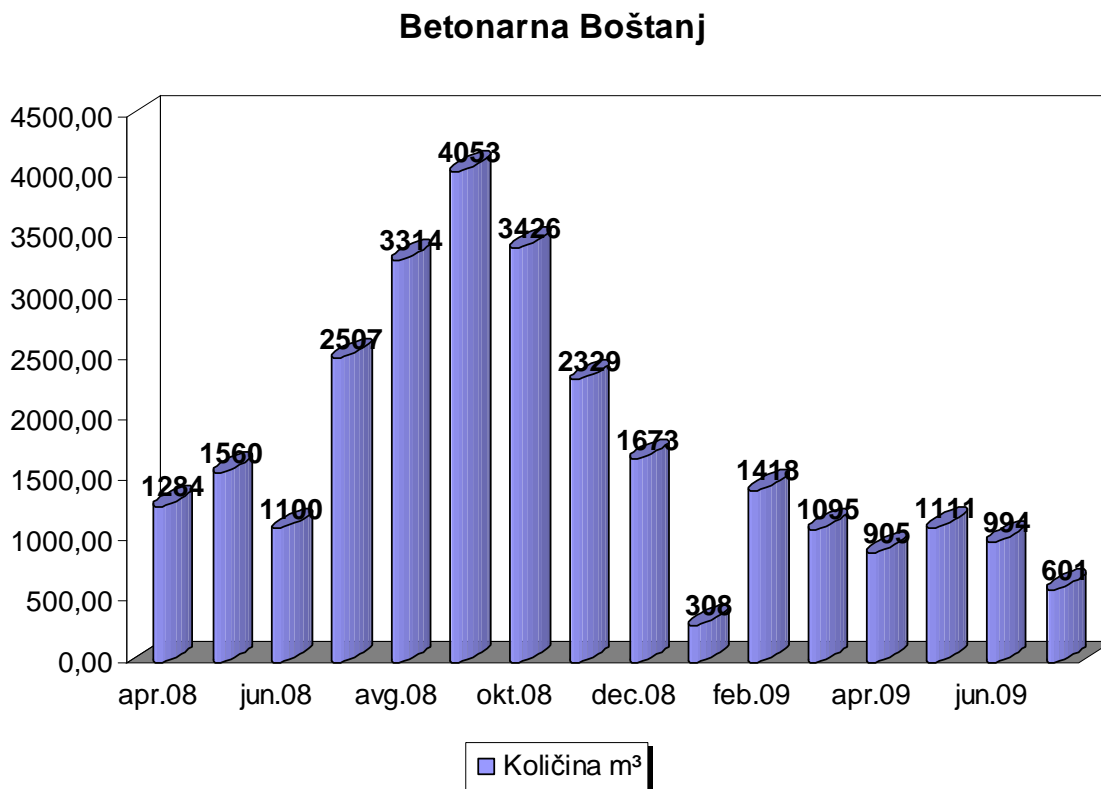
Sliki 43 in 44 prikazujeta graf količine proizvedenega betona za obdobje od 1. 4. 2008 do 31. 7. 2009 na betonarnah Log in Boštanj – po mesecih.



SLIKA 43: Prikaz količin proizvedenega betona v betonarni Log na mesec, obdobje 1.4.2008-31.7.2009

Največje količine izdelanega betona so v poletnih mesecih, najnižje pa v zimskem času. Zaradi gradnje hidroelektrarne so se količine proizvedenega betona v podjetju močno zvišale, tako da je skoraj 80 % proizvedenega betona v tem času namenjeno le za hidroelektrarno Krško. Ker je kakovost betona ključna, v podjetju skrbijo za reden pregled betona tako v sami proizvodnji betona kot tudi na samem gradbišču.

Predvidena količina proizvedenega betona za hidroelektrarno Blanca in hidroelektrarno Krško naj bi skupaj znašala okoli 200000 m³ betona



SLIKA 44: Prikaz količin proizvedenega betona v betonarni Boštanj na mesec, obdobje 1.4.2008-31.7.2009

Najpogostejši problemi na betonarnah zaradi katerih pride do zastojev so:

- obraba delov betonarne, ki jih morajo zamenjati,
- tehtnice za surovine ne tehtajo pravilno zato jih morajo ponovno kalibrirati,
- vozički agregata ne sipajo v mešalec, zato jih morajo ponovno nastaviti

Pri samem prevozu betona na gradbišče pa se srečujejo predvsem z:

- nepredvidenimi zastoji na cestah, zaradi katerih je beton dostavljen na gradbišče kasneje kot v predvidenem času,
- raznimi mehanskimi okvarami tovornjakov za prevoz betona,
- zastoji na gradbiščih, ki jih povzročajo mehanske okvare betonskih črpalk, največkrat zaradi obrabe cevi skozi katere črpalka potiska beton na želeno mesto

6.0 ZAKLJUČEK

Betonarne so pomemben člen v verigi izgradnje posameznih projektov, saj si brez tehnologije dandanes ne moremo zadati zahtevnih projektov. Zaradi vse krajših časovnih rokov za izvedbo na trgu zmaga tisti, ki je najhitrejši, najcenejši in najiznajdljivejši. Kljub temu pa je potrebno, da je izdelava betona in sama vgradnja kakovostna pri vseh projektih in ne le tistih, kateri prinašajo velik dobiček. Zato je potrebno posamezne člene v verigi gradbene panoge pozorno spremljati in pregledovati, da je končni gradbeni proizvod kakovosten.

Gradnja hidroelektrarn v Sloveniji predstavlja zelo zahteven energetski projekt, kjer je ključna dobra organiziranost in sprotno reševanje problemov. Tako le-ta predstavlja velik izziv tudi podjetju Horizont Inženiring, ki se je s kakovostno proizvodnjo in naprednim načinom delovanja, predvsem pa z dobro organizacijo, zoperstavil tako velikim projektom kot je gradnja hidroelektrarn. Podjetje kljub svoji majhnosti lahko samo proizvaja vse vrste kakovostnega betona in sledi vse hitrejšemu tempu. Zaradi sprotnemu prilagajanju trgu, jim je uspelo postati zaupanja vreden proizvajalec betonov.

7.0 VIRI

ACADEMIA Mednarodni izobraževalni center Maribor.

<http://www.academia.si/> (4. 11. 2009)

Betonarna HB 2000 - Navodila za uporabo. 1999. Ljubljana, Gradis Tosin d.o.o. 1-35

Hess d.o.o. - Hidroelektrarne na Spodnji Savi d.o.o.

<http://www.hes.si/> (20. 10. 2009)

Strojna oprema betonarne. 1999. PZI. Ljubljana, Gradis Tosin d.o.o. 1-20

Širca, Andrej. 2005. HE Blanca in HE Krško na spodnji Savi. Slovenski vodar. Celje, Društvo vodarjev Slovenije. 16: 13-14

Špoljarič, Mirko. 2008. Mobilne betonarne ne bodo izpodrinile stacionarnih.

<http://www.finance.si/204260/Mobilne-betonarne-ne-bodo-izpodrinile-stacionarnih> (15. 8. 2009)

Špoljarič, Mirko, Šelih, Jana. 2002. Preverjanje proizvodne sposobnosti betonarn. Gradbenik: revija za gradnjo, sanacije in gradbene materiale. Ljubljana, Tehnis. 6: 69 - 70.

Špoljarič, Mirko, Šelih, Jana. 2003. Betonarne. Gradbenik: revija za gradnjo, sanacije in gradbene materiale. Ljubljana, Tehnis. 6: 46 - 47.

Zygmunt, Orlowski. 2006. Selected Problems of Supply Chain Management in Monolithic Works. <http://www.springerlink.com/content/p34v7n20266t861m/fulltext.pdf> (5. 6. 2009)

Žarnić, Roko. 2003. Lastnosti gradiv. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za preskušanje materialov in konstrukcij. 110

Standardi:

SIST EN 206-1: 2008 Beton – 1. del – Specifikacija, lastnosti, proizvodnja in skladnost

SIST 1026: 2008 Beton – 1. del – Specifikacija, lastnosti, proizvodnja in skladnost – Pravila
za uporabo SIST EN 206-1