

VIŠJA STROKOVNA ŠOLA ACADEMIA

MARIBOR

**SPREMLJANJE KVALITETE BETONA NA
GRADBIŠČU**

Kandidat: Matic Škof

Vrsta študija: študent izrednega študija

Študijski program: Gradbeništvo

Mentor predavatelj: Vladimir Dragorajac, univ. dipl. inž. grad.

Mentor v podjetju: Rok Črepnjak, univ. dipl. inž. grad.

Lektorica: Lea Žiško, prof. slov.

Maribor, 2020

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Podpisani Matic Škof sem avtor diplomskega dela z naslovom Spremljanje kvalitete betona na gradbišču, ki sem ga napisal pod mentorstvom Vladimirja Dragorajaca, univ. dipl. inž. grad.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo delo izključno rezultat mojega dela,
- sem poskrbel, da so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženi nalogi, navedena oz. citirana skladno s pravili Višje strokovne šole Academia Maribor,
- se zavedam, da je plagiatorstvo – predstavljanje tujih del oz. misli kot mojih lastnih kaznivo po Zakonu o avtorskih in sorodnih pravicah (Uradni list RS, št. 16/07 – uradno prečiščeno besedilo, 68/08, 110/13, 56/15 in 63/16 – ZKUASP); prekršek pa podleže tudi ukrepom Višje strokovne šole Academia Maribor skladno z njenimi pravili,
- skladno z 32. a členom ZASP dovoljujem Višji strokovni šoli Academia Maribor objavo diplomskega dela na spletnem portalu šole.

Maribor, september 2020

Podpis študenta:

ZAHVALA

Za strokovno vodenje in nasvete pri izdelavi diplomskega dela se iskreno zahvaljujem svojemu mentorju v šoli, Vladimirju Dragorajacu, univ. dipl. inž. grad., in mentorju v podjetju, Roku Črepnjaku, univ. dipl. inž. grad., ki mi je s svojim praktičnim znanjem in podatki o projektu betona omogočil, da sem lahko napisal empirični del diplomskega dela.

Zahvaljujem se lektorici za lektoriranje in prevajalki za prevajanje povzetka.

Zahvaljujem se staršem in bratu Robertu, ki so skozi celotno študijsko pot verjeli vame in me podpirali.

Hvala puncici Anji za vso podporo, motivacijo in vse spodbudne besede skozi celoten študij in pri pisanju diplomskega dela.

Hvala Mateju, Luki in Jaki za podporo in vse spodbudne besede v času študija.

Iskreno se zahvaljujem vsem, ki ste me podpirali in pripomogli k mojemu uspehu.

POVZETEK

Beton je mešanica vode, agregata, cementa in kemijskih dodatkov. Uporabljamo ga za različne namene in je nepogrešljiv material pri vseh vrstah gradenj. Poznamo različne vrste betona, kot je na primer armirani in nearmirani beton, projektirani beton ipd. Prav tako lahko razdelimo beton glede na kraj priprave. Poznamo torej beton, ki je izdelan v betonarni, transportni beton in beton, pripravljen na gradbišču. Vrsto izbire betona za posamezen konstrukcijski element objekta izbere projektant v fazi izdelave projekta. Odgovornosti na gradbišču prevzemajo vodja del, vodja nadzora, vodja projekta in vodja gradbišča. Vsak izmed njih ima svojo nalogo, za uspešno vodenje gradbišča pa je pomembno sodelovanje vseh.

V teoretičnem delu diplomskega dela je podrobneje opisan beton, brez katerega si sodobne gradnje ne znamo več predstavljati. Opisane so sestavine betona (voda, cement, agregati in kemijski dodatki), vrste betona in nega betona. Predstavljeni so tudi opaži za izvajanje betonerskih del, del poglavja pa zajema tudi odgovornost na samem gradbišču. V teoretičnem delu sem v enem poglavju prav tako opisal sodelovanje v projektni skupini, ki je v času mojega študija potekalo v prostorih Višje strokovne šole Academia v Mariboru.

V empiričnem delu sem se poglobil predvsem v projekt betona za večstanovanjski objekt v Mariboru. Predstavil sem njegove sestavne dele ter jih podrobneje opisal. Opisal sem tudi način organizacije dela po zastavljenem projektu betona za omenjeno gradbišče. Prav tako sem v enem poglavju opisal projekt betona za temeljno ploščo, ki je bil posebej narejen za večstanovanjski objekt v Mariboru. Podatki so zbrani s pomočjo deskriptivne metode raziskovanja. Ugotovil sem, da je za vgradnjo betona na gradbišču odgovoren vodja del, da je kvaliteta betona odvisna od več dejavnikov. Prav tako sem ugotovil, da je projekt betona narejen v skladu s predpisi. V empiričnem delu sem v zadnjem poglavju opisal tveganja, ki se pojavljajo pri spremljanju betona na gradbišču za večstanovanjski objekt v Mariboru. Med raziskovanjem za potrebe diplomskega dela sem ugotovil tudi, da je tveganje na gradbišču prisotno pri vseh akterjih, ki so prisotni na gradbišču. Na primer investitor tvega z izbiro izvajalcev, izvajalci tvegajo tako pri uporabi materialov kot tudi pri sami izvedbi gradbenih del, oboji tvegajo pri izbiri strokovnega kadra in ostalih zaposlenih, kupci pa tvegajo z nakupom nepremičnine zaradi finančne nestabilnosti na trgu.

Ključne besede: beton, gradbišče, projekt betona, cement, voda.

ABSTRACT

Monitoring of concrete quality at construction site

Concrete is a mixture of water, aggregate, cement and chemical additives. It is used for various purposes and is an indispensable material in all types of construction. We know different types of concrete, such as reinforced and unreinforced concrete, designed concrete, etc. We can also divide the concrete according to the place of preparation. There is concrete made in a batching plant, ready-mixed concrete for transportation and concrete prepared on a construction site. The type of concrete for an individual structural element of the building is chosen by the designer during the design phase of the project. Responsibilities at the construction site are assumed by the site manager, the control manager, the project manager and the construction site manager. Each of them has its own task, and the cooperation of all is important for the successful management of the construction site.

In the theoretical part of my diploma work, concrete, without which we can no longer imagine modern construction, is described in more detail. The components of concrete, i.e., water, cement, aggregates and chemical additives, are described. The types of concrete and its care are also described. The components of concrete, types of concrete and its management are described. Formwork for the execution of concrete works is also presented. A large part of the chapter describes responsibilities on the construction site. In the theoretical part one chapter describes the participation in the project group. In one of the chapters in the theoretical part I also described the participation in the project group, which took place at Višja strokovna šola Academia in Maribor, during my studies.

In the empirical part, I focused mainly on the *project concrete* for a multi-apartment building in Maribor. I presented its integral parts, and described them in more detail. I also described the way of organizing the work according to the *project concrete* for the mentioned construction site. In a separate chapter I also described the *project concrete* for the foundation slab, which was specifically made for the multi-apartment building in Maribor. Data were collected by using a descriptive research method. I noted that the construction manager is responsible for the installation of concrete on the construction site and that the quality of concrete depends on several factors. I also confirmed that the *project concrete* was planned according to the regulations. Finally, in the empirical part, I described the risks that arise when monitoring concrete at a construction site for the multi-apartment building in Maribor. During the research for the diploma work I also found that everyone included in the project on

the construction site take risks. For example, the investor when choosing contractors, contractors in the use of materials as well as during the execution of construction works. Both take risks when choosing professional staff and other employees, and buyers take a risk in buying real estate due to financial instability in the market.

Keywords: concrete, construction site, project concrete, cement, water

KAZALO VSEBINE

1	UVOD.....	10
1.1	Opis področja in opredelitev problema.....	10
1.2	Namen, cilji in osnovne trditve.....	11
1.3	Predpostavke in omejitve.....	11
1.4	Uporabljene raziskovalne metode.....	11
2	DELO V PROJEKTNi SKUPINI	12
3	TEORETIČNI DEL	15
3.1	Beton.....	15
3.1.1	Voda za izdelavo betonske mešanice	15
3.1.2	Cement.....	16
3.1.3	Agregati za beton.....	20
3.1.4	Vrste dodatkov v betonu.....	22
3.2	Zahteve za beton in postopki preverjanja	24
3.2.1	Zahteve za osnovna gradiva	24
3.2.2	Temeljne zahteve za sestavo betona.....	24
3.3	Vrste betona	25
3.3.1	Projektiran beton	26
3.3.2	Delitev betonov s posebnimi lastnostmi – vodoneprepustni betoni	28
3.3.3	Predpisana specifikacija betona.....	29
3.3.4	Klasifikacija betonov.....	29
3.3.5	Dostava svežega betona na gradbišče po standardu SIST EN 206:2013+A1: 2016 30	
3.3.6	Nega betona	33
3.3.7	Temperatura betona	35
3.3.8	Konsistenca betona.....	35
3.3.9	Pogoji za beton iz okolja	37

3.3.10	Razredi izpostavljenosti betona	37
3.4	Opaži za izvajanje betonerskih del	37
3.4.1	Standardi za opazne konstrukcije	38
3.4.2	Priprava opazne površine.....	39
3.5	Prevzemanje odgovornosti na gradbišču	40
3.5.1	Vodja del	40
3.5.2	Pogoji za vodjo del	41
3.5.3	Vodja nadzora.....	41
3.5.4	Vodja projekta	43
4	EMPIRIČNI DEL	44
4.1	Naslovna stran elaborata in vsebina elaborata projekta betona, za več stanovanjski objekt v Mariboru	44
4.2	Projekt betona	44
4.2.1	Opis konstrukcije objekta in splošni podatki o objektu.....	45
4.2.2	Organizacija izvajanja betonskih konstrukcij.....	45
4.2.3	Armatura.....	49
4.2.4	Načrt betoniranja	49
4.2.5	Zahteve za izvajanje betonskih konstrukcij.....	52
4.2.6	Zahtevan opaz za beton	53
4.2.7	Izdelava betonskih površin v vidnem betonu	54
4.2.8	Načrt kontrole kakovosti betona na gradbišču	56
4.2.9	Projekt betona za temeljno ploščo	57
4.3	Upravljanje tveganja pri spremljanju betona na gradbišču večstanovanjskega objekta v Mariboru	62
5	SKLEP	67
6	VIRI IN LITERATURA.....	69

KAZALO SLIK

Slika 1: steber v kleti s skupno garažo	13
Slika 2: Izvajanje nege betona na AB temeljni plošči	34
Slika 3: Izvajanje nege betona na AB temeljnih stebrih.....	35
Slika 4: Priprava opazne površine z zaščitnimi sredstvi.....	40
Slika 5: Prevoz betona iz betonarne na gradbišče z avtomešalcem.....	47
Slika 6: Vibriranje medetažne plošče	48
Slika 7: Postavitev opaža na AB stenovečstanovanjskega objekta	54
Slika 8: Razred vidne betonske površine - VB.....	55
Slika 9: Načrt betoniranja temeljne plošče	58
Slika 10: AB temeljna plošča kleti	58

KAZALO TABEL

Tabela 1: Največja dovoljena vsebnost škodljivih snovi v vodi, za izdelavo betona.....	15
Tabela 2: Tlačna trdnost v primerjavi z betonom brez dodatkov (etanol).....	23
Tabela 3: Globina pronicanja vode za posamezne marke vodoneprepustnega betona.....	28
Tabela 4: Razvoj trdnosti betona pri 20 °C	33
Tabela 5: Stopnje poseda stožca.....	36
Tabela 6: Stopnje Vebe preskusa.....	36
Tabela 7: Stopnje preskusa zbitosti	36
Tabela 8: Stopnje preskusa razleza.....	37
Tabela 9: Oznake in zahteve za beton po projektu betona	46
Tabela 10: Minimalni čas za izvedbo nege betona glede na konstrukcijski element.....	52
Tabela 11 Minimalni plan odvzema betonskih preskušancev	57
Tabela 12 Minimalni časi nege betona glede na konstrukcijski element prikazan v dneh.....	61
Tabela 13 Priporočena minimalna temperatura betona v času dostave po standardu SIST 1026	62

1 UVOD

V sodobnem gradbeništvu si več ne moremo predstavljati življenja brez betona, saj je zelo razširjen gradbeni material, ki je cenovno dostopen, uporaben in ga lahko poljubno oblikujemo. Prav zaradi njegove cenovne dostopnosti in uporabnosti spada med najboljše gradbene materiale in je v zadnjih nekaj desetletjih najbolj uporabljen gradbeni material na svetu. Beton je osnovni gradbeni material in se uporablja v nizkogradnji, visokogradnji ter pri graditvi objektov v vodi. Zaradi vedno zahtevnejših projektov v visokogradnji je treba predvsem zaradi mehanske odpornosti in stabilnosti objektov ter zaradi varnosti spremljati kvaliteto betona, ki je odvisna od različnih dejavnikov. Pri vidnih betonih pa je še posebej treba paziti na kvaliteto zunanje površine betona, ki je po projektu betona predpisana za določen konstrukcijski element. Izvedba vidnih betonov mora biti izvedena brez napak, saj s sanacijo vidnih betonov težko dosežemo zahtevan razred vidne betonske površine in izvedba le-tega predstavlja dodaten strošek za izvajalca gradbenih del. V gradbeništvu me zanima predvsem visokogradnja, zato sem se odločil, da za diplomsko delo izberem temo na področju betona. V teoretičnem delu sem se osredotočil predvsem na sestavine betona in pomembnost le-teh. Prav tako sem opisal udeležence, ki prevzemajo odgovornost na gradbišču, in zahtevane sestavine, ki jih mora vsebovati projekt betona. V empiričnem delu sem se osredotočil prevsem na projekt betona za večstanovanjski objekt v Mariboru in preveril, če je le-ta izdelan v skladu s predpisi. Za večstanovanjski objekt v Mariboru sem naštel in podrobneje opisal vse sestavine, ki jih zajema projekt betona. V empiričnem delu sem prav tako ugotovil, kdo prevzema odgovornost za beton na gradbišču in od česa je odvisna kvaliteta betona. V sklepu sem hipoteze, ki sem si jih zadal pred pričetkom pisanja diplomskega dela, potrdil oziroma ovrgel.

Za izbrano temo diplomskega dela sem se odločil, ker sem mnenja, da se v sodobnem gradbeništvu spremljanje kvalitete betona na gradbišču ne izvaja dovolj natančno.

1.1 Opis področja in opredelitev problema

V diplomskem delu bom raziskoval predvsem kvaliteto betona na gradbišču. Zanimalo me bo, kdo je odgovoren za kvaliteto betona na gradbišču. Za izbran naslov diplomskega dela sem se odločil zato, da bi poglobil svoje znanje na področju operativnega gradbeništva in pri spremljanju kvalitete betona na gradbišču.

Za izbiro tega projekta sem se odločil, ker želim poglobiti znanje na izbranem področju. V svoji prihodnosti se imam namen še podrobneje poglobiti v teoretična znanja iz operativnega

gradbeništva, ki predstavljajo temelj vsakemu gradbenemu projektu. Znanja, ki jih bom pridobil tekom pisanja diplomskega dela, bodo vsekakor pomembno doprinesla na moji bodoči poklicni poti.

1.2 Namen, cilji in osnovne trditve

Namen diplomskega dela je podrobneje preučiti kvaliteto betona, ki se uporablja na gradbišču. Zanimali me bodo predvsem vzroki, ki lahko pripeljejo da različne kvalitete betona, ter pooblašcene osebe, ki so za to odgovorne. V okviru diplomskega dela bom tako proučil morebitne vzroke ter tudi posledice uporabe kvalitetnega betona.

Hipoteze, ki sem si jih zadal, so:

H1: Predpostavljam, da je projekt betona narejen v skladu s predpisi.

H2: Predpostavljam, da je za vgradnjo betona na gradbišču odgovoren vodja gradbišča.

H3: Predpostavljam, da je kvaliteta betona odvisna od načina vgrajevanja, nege betona in od kvalitete opaža.

1.3 Predpostavke in omejitve

Omejitve, ki so se mi pojavile tekom pisanja diplomskega dela, so predvsem poslovne skrivnosti. Zaradi le-teh namreč nisem mogel napisati točne lokacije objekta samega gradbišča ter imena betonarne, kar bi pripomoglo k še zanimivejši raziskavi. Prav tako je poslovna skrivnost tudi ime investitorja ter glavnega izvajalca na gradbišču, v okviru katerega sem pripravljaj diplomsko delo. Zaradi poslovne skrivnosti prav tako nisem izdal podatkov o izdelovalcu projekta betona, ki mi je predstavljal temeljni del empiričnega dela diplomske naloge. Kljub zgoraj naštetim omejitvam sem si zadal cilj, da bom pridobil vse potrebne podatke in preučil dejansko stanje spremljanja kvalitete betona na gradbišču.

1.4 Uporabljene raziskovalne metode

Pri raziskovanju sem uporabil deskriptivno metodo raziskovanja. Dobljene podatke sem tako preučil na nivoju opisovanja in opazovanja dejstev ter brez vzorčnega razlaganja.

2 DELO V PROJEKTNi SKUPINI

Na uvodnem srečanju za diplomsko delo, ki je potekalo v prostorih Višje strokovne šole Academia v Mariboru, smo morali vsi udeleženci pred pričetkom izdelave diplomskega dela rešiti osebnostni test. Rešili smo test vlog v timu po Belbinu in test osebnosti po Myersu Briggsu. Na podlagi pridobljenih rezultatov obeh testov so vse bodoče diplomante porazdelili v projektne skupine. Na kasnejših skupnih srečanjih za diplomsko delo smo morali sodelovati in skupinsko pripravljati diplomska dela. Skupine so sestavljali trije člani, in sicer oseba, ki je zadolžena za pripravo dela, oseba v vlogi projektanta in oseba v vlogi vodje projekta. Po rešenem Belbinovem testu so rezultati le-tega pokazali, da sem tvorec. Značilnosti tvorca po ekipnih vlogah po Belbinu so, da so zelo napeti, dinamični in odprti. Za tvorce je prav tako značilno, da so na splošno dobri vodje. Po testu osebnosti Myersa Briggsa so rezultati pokazali, da sem protagonist. Protagonisti so naravni vodje, polni strasti in karizme. Zato sem v projektni skupini opravljal vlogo vodje projekta.

Temo in naslov svojega diplomskega dela sem na prvem skupinskem srečanju predstavil ostalima dvema članoma projektne skupine. Povedal sem jima, da me zanima predvsem spremljanje kvalitete betona za večstanovanjski objekt v Mariboru in da se je investor odločil za izdelavo projekta betona. Na podlagi tega smo tako v nadaljevanju govorili predvsem o sestavinah, ki so primerne za izdelavo betonske mešanice. Za začetek smo se bolj podrobno poglobili v teorijo o betonu. Pri teoriji smo govorili o primerni vodi za izdelavo betonske mešanice, lastnostih in vrstah cementa, dodatkih v betonu in seveda o primernih agregatih za beton. Agregatna zrna sestavljajo 70–75 % prostorninskega dela v betonu. Nato smo govorili o projektu betona in njegovih sestavinah. Prav tako smo bili vsi člani v projektni skupini mnenja, da lahko investor zmanjša tveganje pri izvajanju gradbenih del na gradbišču, če se odloči izdelati projekt betona. Projekt betona mora izdelati za to odgovoren in pooblaščen inženir ali arhitekt.

V nadaljevanju sem članoma v projektni skupini razložil, da projekt betona sestavljajo:

- opis konstrukcije in splošni podatki o objektu;
- organizacija izvajanja betonskih konstrukcij; proizvodnja betona, transport in vgrajevanje betona;
- zahtevana armatura;

- načrt betoniranja; betoniranje pri visokih temperaturah v poletnem času, izvedba betonskih konstrukcijskih elementov;
- zahteve za izvedbo betonskih konstrukcij;
- zahtevan opaz za beton;
- izdelava betonskih površin v vidnem betonu.

Pri tem sem poudaril, da se mora izvajalec del držati navodil izvedbe, ki so zapisana v projektu betona. Nato sem članoma v projektni skupini predstavil izvedbo betonskih konstrukcijskih elementov za stebre na temeljni plošči v skupni kletni garaži za večstanovanjski objekt v Mariboru. Velikost stebrov znaša 2,30 m, širina stebrov pa 0,30 m. Tako kot za ostale konstrukcijske elemente se je za stebre uporabljalo jeklo za armiranje, in sicer rebrasta armatura B 500(B). Po projektu betona je bil zahtevan trdnostni razred betona za stebre C30/37 in stopnja izpostavljenosti Dmax16 XC4 XD2 S4. Izvajalec je za graditev vseh konstrukcijskih elementov uporabljal opaz od proizvajalca Peri. Izvedba betonskih stebrov v kletni garaži je potekala v poletnem času, zato je moral izvajalec zelo hitro pričeti z ustrezno nego betona. Vsi člani v projektni skupini smo bili mnenja, da je izbira primerne opaza za izvedbo betonskega konstrukcijskega elementa ključnega pomena pri površinski kakovosti betona.



Slika 1: Steber v kleti s skupno garažo

Vir: (Lastni vir)

Vloge v projektni skupni so bile zelo dobro razporejene, zato je delo potekalo uspešno. Večino problemov v skupini smo reševali skupaj. Ugotovili smo, da je bila dobra komunikacija pri članih v skupini ključnega pomena, saj smo povečali učinkovitost in zadovoljstvo.

V zaključku svoje teme za diplomsko delo sem v projektni skupini poudaril, da je na gradbišču treba upoštevati varnost in zdravje pri delu, saj v nasprotnem primeru lahko pride do nepotrebnih nezgod. Prav tako smo bili vsi člani projektne skupine mnenja, da se mora na vsakem gradbišču izvajati ustrezna kvaliteta betona.

3 TEORETIČNI DEL

3.1 Beton

»Beton je gradbeni material iz cementa, peska in vode (SSKJ, 2015).«

Beton je vsestranski material, ki ga lahko uporabljamo v različnih oblikah in za različne namene. Največkrat ga uporabljamo pri izgradnji zidov, streh in tal (Chapman & Glennon, 2017).

Beton je sestavljen iz vode in finega ter grobega agregata (gramoz, prod, pesek), veziva (cement) in kemijskih ali mineralnih dodatkov (Grum, in drugi, 2004).

Beton je gradbeni material, izdelan iz vode, cementa, agregata in dodatkov (Žitnik, in drugi, 2012).

3.1.1 Voda za izdelavo betonske mešanice

Pri izdelavi vseh vrst gradbenih gradiv uporabljamo vodo. Eden od najpomembnejših dejavnikov, ki vplivajo na korozijo gradiva, je voda. Le-to lahko delimo na več skupin, in sicer glede na poreklo, glede na uporabo in glede na vsebnost mineralov v vodi. Glede na poreklo poznamo površinsko, podzemno in atmosfersko vodo. Vodo glede na njeno uporabnost delimo na odpadno, industrijsko, pitno in kemično čisto vodo, glede na vsebnost mineralov v vodi pa poznamo trdo in mehko vodo. Vsaka voda, ki ustreza naslednjim zahtevam v tabeli, je primerna za izdelavo malt in betonov (Žitnik, in drugi, 2012).

Tabela 1: Največja dovoljena vsebnost škodljivih snovi v vodi za izdelavo betona

Škodljive snovi v vodi	Največja dovoljena količina škodljivih snovi v vodi
Vrednost pH	4,5–9,5
Vsebnost sulfatov (SO_4^{2-})	2700 mg/l
Vsebnost kloridov (Cl^-) za armirani beton	300 mg/l
Vsebnost kloridov (Cl^-) za prednapeti beton	100 mg/l
Vsebnost organskih snovi (kalijev permanganat KMnO_4)	200 mg/l
Skupna količina soli	5000mg/l

Vir: (Žitnik, in drugi, 2012)

Za izdelavo in negovanje betona je primerna voda iz vodovoda. Vsebnost kloridov mora biti pri izdelavi betonov za prednapete konstrukcije v mejah dopustnega (100 mg/l). Če gre za vodo iz reke, jo moramo še posebej preverjati vsake tri mesece, saj nimamo dokaza o kakovosti. Enako velja za vse ostale vode. Za izdelavo nearmiranega betona lahko uporabimo morsko vodo, če vsebuje škodljive snovi v dopustnih mejah in pri tem ne deluje škodljivo na hidratacijo cementa. To pomeni, da mora biti vsebnost (SO_4^{2-}) manjša kot 2700 mg/l, čeprav je znatno nad dovoljeno mejo skupna količina soli (30.000 mg/l) (Žitnik, in drugi, 2012).

Pri pripravi betona lahko vpliva kakovost vode na razvoj trdnosti betona, zaščito armature proti koroziji in na čas vezanja betona. Za proizvodnjo betona je primernost vode odvisna od njenega izvora. Standard, ki določa primernost vode za proizvodnjo betona, se imenuje SIST EN 1008. Primernost vode za uporabo v betonski industriji se mora predhodno oceniti in analizirati glede na morebitne pene, od detergentov v vodi, barve in sledov olja ter masti. Voda prav tako ne sme imeti vonja po žveplovodiku po dodajanju solne kisline. Vsebnost humoznih snovi in Ph morata biti večja od 4 ($\text{pH} > 4$) (Kavčič, in drugi, 2018).

Po zgoraj omenjenem standardu je za beton primerna pitna voda, saj je ni treba testirati. Za nearmirane betone se lahko uporablja manj slana voda ali morska voda. Za prenapeti ali armirani beton pa le-ta ni primerna. Za betone z vgrajenimi kovinskimi deli ali z jekleno armaturo mora biti največja dovoljena vsebnost klorida v betonu preverjena. Prav tako je za beton primerna voda iz podtalnice, vendar jo je treba preveriti. Mešana voda mora prav tako ustrezati zahtevam, kadar se vode mešajo. Odpadna voda ni primerna za beton. Industrijsko procesno vodo in naravno površinsko vodo je treba najprej preveriti, šele nato je primerna za beton. Na splošno je za beton primerna tudi voda, pridobljena iz procesov v betonski industriji. Za to vodo velja, da morajo biti izpolnjene zahteve iz priloge standarda A. Zaradi uporabe te vode lahko znaša dodatna masa trdnih snovi v betonu največ 1 % od celotne mase agregata v betonu (Kavčič, in drugi, 2018).

3.1.2 Cement

Cement se po reakciji z vodo (hidratacijo) veže in strdi, saj je iz silikatnega hidravličnega veziva. Cementni kamen ohrani tudi v vodi stabilnost in trdnost, ker je sestavljen pretežno iz kalcijevih silikat hidratov. Le-ta nastane iz židke cementne paste (Žarnić, 2005).

Iz fino zmlete neorganske snovi je izdelan cement, ki je hidravlično vezivo. Kemijski proces, pri katerem se cement strjuje, se začne z dodajanjem vode. Pri tem nastane osnovni nosilec

trdnosti betona, ki se imenuje trikalcijev silikat, in ohranja trdnost tudi v vodi (Žitnik, in drugi, 2012).

Zaradi enostavne uporabe, cenovne dostopnosti, fizikalno mehanskih lastnosti in dostopnosti surovin, ki so razpoložljive za njegovo proizvodnjo, je cement glavna vezivna komponenta v betonu in je eden najpomembnejših gradbenih materialov v moderni dobi (Kavčič, in drugi, 2018).

3.1.2.1 Sestavine cementa

Iz snovi, ki nastanejo pri sintranju železa, aluminijskega oksida in silicijskega oksida, je v glavnem sestavljen portlandski cementni klinker (K), iz katerega je sestavljen cement. Pod skupnim imenom »sdrovec« se imenuje mešanica anhidrida (CaSO_3) in sadre ($\text{CaSO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), ki sta dodatka za reguliranje, vezanje in mletje cementa. Dodatki za mletje so lahko organskega ali anorganskega izvora. Dodatke je treba deklarirati, če imajo le-ti tudi vpliv na boljšo kakovost cementa. Dodatkov, ki bi škodljivo vplivali na kakovost cementa, ne smemo uporabljati. Iz granulirane plavžne žindre iz visokih peči (S) je sestavljen cement. Pri proizvodnji železa v visoki peči nastane hitro ohlajena žindra, ki jo uporabljamo za proizvodnjo cementa. Cement je sestavljen iz pucolanskih snovi (P, Q), ki morajo ustrezati standardom za pucolane in so lahko naravni, silikatni in silikatno-aluminatni.

Pri mehanskem izločanju prašnih delcev iz dimnih plinov peči, ki so kurjene z uprašenim premogom ali elektrostatičnim, nastaja elektrofiltrski pepel (V, W), iz katerega je sestavljen cement. Pri temperaturi 800 stopinj celzija nastane žgani skrilavec (T), iz katerega je sestavljen cement. Le-ta vsebuje večji delež pucolansko aktivnih oksidov in vsebuje faze klinkerja. Cement je sestavljen iz apnenca (L, LL), ki mora vsebovati še največjo dovoljeno vsebnost gline, najmanjšo še dovoljeno vsebnost kalcijevega karbonata ter največjo še dovoljeno vsebnost skupnega organskega ogljika (TOC). V proizvodnji silicijskih in ferosilicijskih zlitin v elektropečeh pri redukciji zelo čistega kremena s premogom nastaja mikrosilika (D), iz katere je sestavljen cement. Iz delcev, ki vsebujejo vsaj 85 % mase amorfne silicijskega dioksida, je sestavljena mikrosilika. Med proizvodnjo cementa se dodaja ostalim surovinam kalcijev sulfat za nadzor vezanja. Cement je prav tako sestavljen iz manj pomembnih surovin. Med te uvrščamo neorganske mineralne snovi, ki so pridobljene pri proizvodnih procesih klinkerja, neorganske mineralne snovi, ki so posebej izbrane, in naštete snovi, ki so zgoraj omenjene, če niso v cementu zastopane kot glavne sestavine (Žitnik, in drugi, 2012).

3.1.2.2 Lastnosti cementa

S standardiziranimi postopki preiskujemo lastnosti cementa. S sondo se odvzamejo vzorci, ki se delijo na tri enake dele. Za osnovne preiskave se uporabi prvi del, za primerjalne preiskave drugi del in za eventualne poznejše dokazne preiskave se hrani tretji del vzorca. S pomočjo piknometra se meri specifična masa cementa, ki znaša $3,1 \text{ g/cm}^3$. Gostota rahlo nasutega cementa znaša od $0,8$ do $1,2 \text{ g/cm}^3$, če pa cement zbijemo, pa gostota znaša od $1,3$ do $1,8 \text{ g/cm}^3$. Finost mletja, vlažnost in žarilna izguba so pomembne lastnosti cementa. V stiku z zračno vlagο cement delno hidratizira in pri tem nastanejo strjene kepe. Fina zrnca $\text{Ca}(\text{OH})_2$ se najprej strdijo in se vežejo s CO_2 v CaCO_3 (Žarnić, 2005).

3.1.2.3 Primernost cementa za beton

Standard SIST EN 197-1:2011 navaja, da mora biti cement skladen po tem standardu, da je splošno primeren za uporabo v betonu (Kavčič, in drugi, 2018).

3.1.2.4 Vrste cementov

V gradbeništvu uporabljajo različne vrste cementov, največkrat uporabljeni so portlandski cement z dodatkom žindre ali pucolana ter metalurški in aluminatni cement.

Poleg teh poznamo še naslednje cemente:

- specialni cementi (cement nizke toplotne hidratacije, cement, ki je odporen proti sulfatom, super sulfatni cement in beli cement);
- drugi hidravlični cementi (ekspanzivni cement, vodo nepropustni cement, antibakterijski cement, obarvani cement in naravni cement) (Žitnik, in drugi, 2012).

»Portlandski cement je hidravlično vezivo, ki ga dobimo z mletjem portlandskega cementovega klinkerja z dodatkom 3 % sadre (Žitnik, in drugi, 2012, str. 213)«.

3.1.2.5 Finost mletja cementa

Na proces hidratacije vpliva finost mletja cementa. Višje trdnosti imajo cementi z drobnejšimi zrnji. V cementarnah so skrajnost tisti cementi, ki jih pobirajo s filtrov in lahko dosegajo marko 55. V procesu hidratacije razvijajo več toplote finejši cementi in se bolj krčijo. Na površini zrnca se razvija hidratacija in se zato fina zrna popolneje hidratizirajo. Finost definirata dva parametra:

- specifična površina zrnca (v enoti mase npr. 1 g je vsota vseh površin zrnca);

- granulometrična sestava cementa (v praksi se uporablja le specifična površina zrn, ker ni pravila za najboljšo sestavo).

Za določanje finosti cementa se v praksi uporabljata dva postopka:

- metoda z zračnim tokom (Blainov permeabilimeter),
- sedimentacijska metoda (Wagnerjev turbidimeter).

V petroleju med sedimentiranjem prepušča suspenzijo cementa sprememba intenzitete svetlobe, ki se meri pri sedimentacijski metodi. Hitrost prehoda zraka skozi zbiti vzorec cementa se meri pri metodi z zračnim tokom. Od velikosti in število por, ki prepuščajo zrak, je odvisna finost cementa. Določanje absolutne velikosti površin zrn ne omogoča nobena izmed metod, omogoča pa preskušanje različnih vrst cementa in primerjavo rezultatov. O finosti določenega cementa se da sklepati na osnovi primerjav. Iz uporabe metode z zračnim tokom izhajajo rezultati, ki so za približno 80 % višji od tistih, ki so dobljeni s sedimentacijsko metodo. Po standardu so predpisane minimalne vrednosti (JUS, 2400 cm²/g po Blainu) (Žarnić, 2005).

3.1.2.6 Standardna konsistenca cementne kaše

Z Vicatovim aparatom se ugotavlja standardna konsistenca cementne kaše. Po standardiziranemu postopku pripravimo cementno kašo. Ko se sonda Vicatovega aparata (sonda fi10, mase 300 g) ustavi od 5 do 7 mm nad dnom standardnega vzorca višine 40 mm, je standardizirana konsistenca pri kaši dosežena. Ko se Vicatova igla (površina prereza igle je 1 mm², masa 300 g) ustavi od 3 do 5 mm nad dnom vzorca, nastopi začetek vezanja (Žarnić, 2005).

3.1.2.7 Proizvodnja cementa

»Proizvodnja cementa poteka v štirih fazah (Žarnić, 2005):

- proizvodnja surovin,
- mletje surovinske mase,
- žganje klinkerja,
- mletje cementa.«

3.1.2.8 Izbira cementa za beton

Pri izbiri cementa, ki je primeren za beton, je treba upoštevati (Žitnik, in drugi, 2012):

- končno uporabo betona,
- pogoje negovanja (toplotna obdelava),

- način izvajanja del,
- pogoje okolja, ki jim bo konstrukcija izpostavljena,
- potencialno reaktivnost agregata z alkalijami iz osnovnih gradiv,
- dimenzije konstrukcije (razvoj hidratacijske toplote).

3.1.3 Agregati za beton

Približno 80 % uteženega dela oziroma 70–75 % prostorninskega dela v betonu tvorijo agregatna zrna. V betonu s cementno pasto mora biti granulometrijska struktura v čim večji meri zapolnjena z vezivom in mora biti porozna. Granulometrijsko strukturo tvorijo različne velikosti agregatnih zrn. Kvaliteto samega betona izboljšujeta optimalna uporaba kombinacije velikosti agregatnih zrn in njihova kvaliteta. Z mehanskimi procesi, kot so drobljenje, mešanje, pranje in sejanje, se običajno v kamnolomih oziroma v industrijskih obratih pripravljajo frakcionirani oziroma čisti agregati, ki se uporabljajo za visoko kvalitetne betone.

Inertni materiali, ki imajo na stiku s cementnim kamnom dober oprijem in ne vplivajo na trajnost in obstojnost betona in v procesu strjevanja cementne paste ne sodelujejo, so primerni agregati za beton. Svojih kemijskih in fizikalnih lastnosti agregati prav tako ne smejo spreminjati (Kavčič, in drugi, 2018).

V betonu ima agregat tri osnovne naloge (Saje, 2015):

- agregat zmanjšuje značilne dolgotrajne volumske spremembe za cementni kamen in daje betonu dimenzijsko stabilnost;
- k ekonomičnosti betonskih konstrukcij prav tako prispeva agregat, ker je relativno poceni;
- skelet, ki daje betonu togost in trdnost, tvorijo zrna agregata.

3.1.3.1 Vrste agregatov za beton

Agregati, ki se lahko uporabljajo za sestavo betona, so po definiciji standarda za beton lahko reciklirani zrnati mineralni materiali, le-ti morajo biti primerni za uporabo v betonski mešanici ali ponovno pridobljeni agregati, ter umetni in naravni agregati (Kavčič, in drugi, 2018).

Ločimo tri osnovne vrste agregatov glede na suho gostoto zrn:

- normalno težek agregat,
- lahek agregat,
- težek agregat.

Normalno težki agregati se običajno pridobivajo iz naravnih nahajališč, kot so drobljeni agregati iz kamnolomov in rečnih nanosov. Le-ti s suho gostoto tehtajo $2000 \text{ in } < 3000 \text{ kg}^3$. Normalno težki agregati so najširše uporabljeni in se uporabljajo za običajne vrste betonov, medtem ko se lahki agregati uporabljajo za izolacijske betone in za lahke betone. Lahki agregati so lahko sintetični produkti, kot so polistiren, gline, perlit ipd., ali ekspanzirani naravni agregati. S suho gostoto lahki agregati tehtajo $\leq 2000 \text{ kg/m}^3$ ali nasipna $\leq 1200 \text{ kg/m}^3$. Težki agregati se uporabljajo za izdelavo trezorjev, za uteži na pralnih strojih in kot zaščita pred radiacijo. Materiali, ki spadajo v to skupino agregatov, so železove granule, barit, železova ruda ipd. Suha gostota le-teh znaša $\geq 3000 \text{ kg/m}^3$ (Kavčič, in drugi, 2018).

Agregati, ki nastajajo iz odpadkov, so prav tako vključeni v standard za beton kot alternativni izvori agregata. Le-ti so že bili predhodno uporabljeni kot materiali, vgrajeni v konstrukcije, in prav tako so bili uporabljeni pri uporabi betona. Poznamo :

- reciklirani agregat,
- ponovno pridobljeni prani agregat,
- ponovno pridobljeni drobljeni agregat.

Na podlagi predhodno vgrajenih materialov v konstrukcijo pridobivamo s predelavo anorganskih materialov recikliran agregat, medtem ko pridobivamo z drobljenjem strjenega betona ponovno pridobljeni drobljeni agregat, ki ni bil predhodno vgrajen v konstrukcijo. S pranjem svežega betona pridobivamo ponovno pridobljeni prani agregat (Kavčič, in drugi, 2018).

Velikost agregata je izražena kot d/D . Pri tem je oznaka najmanjšega zrna agregata izražena z d in največjega zrna z D . $8/16 \text{ mm}$ je primer oznake frakcije agregata. Kamni delci, ki prehajajo preko sita $0,063 \text{ mm}$ in spadajo pod fine delce, so zaželeni kot sestavni deli posamezne frakcije. Kamena moka se v fazi proizvodnje svežega betona ločeno dodaja in je z največjim zrnem $0,063 \text{ mm}$ kamenega izvora. Običajno se uporablja tudi kot polnilo za specifične vrste betona (Kavčič, in drugi, 2018).

Razlika med vodo, ki jo vpije agregat in med celotno količino vode v svežem betonu, se imenuje efektivna vsebnost vode in je povezana s pojmom vodovpojnost agregata, ki ima prav tako pomemben pomen.

Agregat ima prav tako velik vpliv s svojo različno mineralno sestavo na toplotne lastnosti v betonu, saj ima običajno največji delež agregata v betonu. Poznamo tri toplotne lastnosti agregata:

- toplotna prevodnost,
- koeficient toplotnega raztezanja,
- specifična toplota.

Pri toplotnem raztezanju betona je pomemben koeficient toplotnega raztezanja betona. Le-ta je predvsem pomemben pri ustreznem dimenzioniranju konstrukcijskih elementov, medtem ko predstavljata specifična toplota in toplotna prevodnost agregata pomemben podatek za razvoj toplote v betonu. Pri tem predstavlja specifična toplota toplotno kapaciteto materiala. Material, ki je sposoben za prevajanje toplote, ponazarja toplotna prevodnost (Kavčič, in drugi, 2018).

3.1.3.2 Izbira agregata za beton

Pri izbiri posameznih kategorij in vrsti agregata za beton je treba upoštevati najmanj spodaj našteje pogoje (Kavčič, in drugi, 2018):

- agregat za strojno obdelavo površine betona ali vse zahteve za agregat, ki je izpostavljen na površini betona,
- nameravano uporabo betona,
- način izvajanja betonarskih del,
- vplivi iz okolja, ki jim bo beton izpostavljen.

3.1.4 Vrste dodatkov v betonu

Med vgrajevanjem betona dodajamo le temu različne dodatke, ki izboljšujejo njegove lastnosti. Dodatke razvrščamo v naslednje skupine (Žitnik, in drugi, 2012):

- tesnilci,
- akceleratorji, ki so pospeševalci vezanja,
- retarderji, ki so upočasnjevalci vezanja,
- pospeševalci strjevanja,
- aeranti,
- reduktorji vode – plastifikatorji.

Če so sestavine dodatkov kompatibilne, lahko uporabimo tudi kombinacijo dodatkov, vendar je proizvajalec dolžan za vsak dodatek priložiti veljaven certifikat oziroma atest. Pri zagotavljanju kakovosti in nadzorovanju dodatkov so dovoljena naslednja odstopanja:

- 5 % za prostorninsko maso v tekočem stanju,
- 5 % za prostorninsko maso v trdnem stanju,
- 1,5 % za vsebnost suhe snovi v raztopini,
- 0,5 % za vrednost pH 0,5 %,
- 5 % za klorove ione.

Naslednje lastnosti določamo samo kvantitativno (Žitnik, in drugi, 2012):

- pri uporabi aeranta mora biti vsebnost zraka povečana in večja od 4 %;
- pri uporabi fluidifikatorja mora biti zmanjšanje potrebne vode pri isti konsistenci najmanj 5 %;
- v skladu s pravilnikom mora biti ohranjena prostornina cementa z dodanim fluidifikatorjem, tesnilcem, aerantom in čas vezanja;
- glede na beton mora biti tlačna trdnost betona z dodatkom večja za vrednosti, ki so prikazane v spodnji tabeli.

Tabela 2: Tlačna trdnost v primerjavi z betonom brez dodatkov (etanol)

<i>Tlačna trdnost v primerjavi z betonom brez dodatkov (etanol)</i>				
Dodatek k betonu	1 dan	3 dni	7 dni	28 dni
Fluidikator	90	95	95	95
Aerant	Zmanjšanje 5 % za vsak % aeriranega zraka			
Upočasnjevalec	Ni predpisano			95
Pospeševalec	115	100	100	90
tesnilec	Ni predpisano		100	100

Vir: (Žitnik, in drugi)

Standardno konsistenco cementne paste in čas vezanja je treba pred vsako novo partijo preveriti. Kljub dodatkom proti zmrzovanju mora biti odpornost betona enaka. Odpornost betona se poveča za 20 % pri dodatku aeranta. Pri dodatku tesnilca mora biti vodoneprepustnost vsaj za dve stopnji boljša, pri drugih pa enaka betonu (Žitnik, in drugi, 2012).

3.2 Zahteve za beton in postopki preverjanja

3.2.1 Zahteve za osnovna gradiva

V količinah, ki bi lahko poslabšale trajnost betona ali povzročile korozijo armature, osnovna gradiva ne smejo vsebovati škodljivih primesi. V betonu morajo biti primerna le za predvideno uporabo. Za vsako sestavo betona ni primerno vsako osnovno gradivo, ki velja za splošno primerno v vseh okoliščinah. Samo tisto osnovno gradivo, ki velja za predpisano rabo, se sme uporabljati v betonu, ki je skladen s SIST EN 206-1. Cement, ki je skladen po standardu SIST EN 197-1, velja za splošno primerne.

Za splošno primerne agregate veljajo:

- lahki agregati,
- normalni in težki agregati.

Za pripravo betona sta primerni dve vrsti vode. Voda, ki je primerna za pripravo betona, in reciklirana voda iz proizvodnje betona. Prav tako morajo biti v skladu z ustreznimi standardi mineralni in kemijski dodatki (Žitnik, in drugi, 2012).

3.2.2 Temeljne zahteve za sestavo betona

Vključno s trdnostjo, gostoto, konsistenco in trajnostjo betona je treba izbrati osnovne materiale in sestavo betona za predpisan ali projektiran beton, da se zadovoljijo zahteve, ki so predpisane za svež ali strjen beton. Pri tem je treba upoštevati način, ki je predviden za izvajanje betonarskih del in proizvodni postopek (Slovenski standard, Beton – Specifikacija, lastnosti, proizvodnja in skladnost, 2016).

Če ni predpisano drugače, je treba beton projektirati tako, da bosta izločanje vode in segregacija čim manjša v svežem betonu (Slovenski standard, Beton – Specifikacija, lastnosti, proizvodnja in skladnost, 2016).

V skladu s predpisi, ki veljajo za predpisane pogoje okolja v kraju uporabe, mora proizvajalec izbirati med tistimi razredi in vrstami osnovnih materialov z dokazano primernostjo, če to ni podrobno določeno v specifikaciji betona (Slovenski standard, Beton – Specifikacija, lastnosti, proizvodnja in skladnost, 2016).

Za predpisani ali projektirani beton je treba izbrati osnovna gradiva in sestavo betona tako, da se pri svežem oziroma strjenem betonu zadovoljijo vse predpisane zahteve. Pred korozijo

vgrajenega jekla in na trajnost vplivajo konsistenca, gostota in trdnost. Predvideni način izvajanja betonskih del in proizvodni postopek je treba prav tako upoštevati. Sestava je za standardiziran predpisan beton omejena na:

- kemijske dodatke, razen aerantov;
- naravni normalno težek agregat;
- sestave, ki so v skladu z standardom in izpolnjujejo merila za sprejetje začetnih preizkusov;
- prašnate mineralne dodatke, pod pogojem, da se upoštevajo v vodocementnem razmerju in v vsebnosti cementa (Žitnik, in drugi, 2012).

3.3 Vrste betona

»Glede na stopnjo strjevanja ločimo:

- sveži beton,
- otrdeli beton.

Sveži beton je v plastičnem stanju. Lahko ga plastično oblikujemo in zgostimo. Otrdeli beton je beton, ki ga ne moremo več plastično preoblikovati ali zgostiti« (Saje, 2015).

»Glede na vrsto ojačitve ločimo (Saje, 2015):

- nearmirani beton,
- armirani beton:
 - z vzdolžno armaturo armirani beton,
 - vlaknasti beton,
 - z vzdolžno armaturo armirani beton z vlakni,
 - prednapeti beton.«

Glede na kakovost in sestavine betona lahko betone delimo na različne vrste. Z mešanjem cementa, vode, finega in grobega agregata ter z dodajanjem mineralnih ali kemijskih dodatkov nastane gradivo, ki se imenuje beton. S hidratacijo cementa beton razvije svoje lastnosti. Svež beton je dobro premešan beton, ki še vedno omogoča zgostitev z določeno metodo. Strjen beton je tisti beton, ki je že razvil določeno trdnost in je v čvrstem stanju. Na gradbišču zmešan beton je tisti beton, ki ga uporabnik na gradbišču proizvede sam. Transportni beton v svežem stanju na gradbišče dostavi tista oseba, ki ni uporabnik. K transportnemu betonu štejemo tudi beton, ki je proizveden zunaj gradbišča s strani uporabnika, in proizveden beton na gradbišču, ki ga proizvede nekdo, ki ni uporabnik. Suha gostota normalno teškega betona ne sme presegati 2600

kg/m³ in mora biti večja od 2000 kg/m³. Lahek beton se proizvaja v celoti ali v delni količini iz lahkega agregata. Gostota le-tega ne sme biti manjša od 800 kg/m³ in ne sme presegati 2100 kg/m³. Pri težkem betonu mora biti suha gostota večja od 2600 kg/m³. Pri betonu visoke trdnosti je razred tlačne trdnosti višji od C55/67 pri normalno težkem in težkem betonu. Razred tlačne trdnosti pri lahkem betonu je višji od LC 50/55.

Pri projektiranem betonu je proizvajalec odgovoren za pripravo zelenega betona. Le-ta mora betonu predpisati zahtevane lastnosti in dodatne značilnosti (Žitnik, in drugi, 2012).

Za pripravo predpisanega betona in predpisane sestave betona je odgovoren proizvajalec betona. Proizvajalec mora uporabiti osnovna gradiva in sestavine betona, ki so predpisani za omenjen beton. Pri standardiziranem predpisanem betonu je v standardu podana sestava betona, ki velja samo v kraju uporabe betona (Žitnik, in drugi, 2012).

3.3.1 Projektiran beton

V Slovenskem standardu za beton SIST EN 206:2013+A1 piše, da je projektiran beton tisti beton, za katerega se proizvajalcu predpišejo zahtevane lastnosti in značilnosti betona. Za ustreznost zahtevanih lastnosti, dodatne značilnosti in za pripravo betona je odgovoren proizvajalec betona (Slovenski standard, Beton – Specifikacija, lastnosti, proizvodnja in skladnost, 2016).

Z osnovnimi zahtevami iz standarda SIST EN 206-1 je treba vedno specificirati projektiran beton. Prav tako je treba beton specificirati tudi z dodatnimi zahtevami, če so le-te zahtevane. Razred tlačne trdnosti, zahtevo po skladnosti s SIST EN 206-1, nazivno velikost največjega zrna agregata, stopnje izpostavljenosti in razred vsebnosti kloridov v skladu s standardom morajo vsebovati osnovne zahteve in specifikacijo za projektiran beton. Dodatne zahteve za zahtevnejše betone prav tako predvideva standard SIST EN 206-1 (Žitnik, in drugi, 2012).

3.3.1.1 Specifikacija projektiranega betona

Z osnovnimi zahtevami je treba vedno specificirati projektiran beton. Prav tako se projektiran beton specificira z dodatnimi zahtevami, če so le-te potrebne. Specifikacija betona pri osnovnih zahtevah mora vsebovati (Slovenski standard, Beton – Specifikacija, lastnosti, proizvodnja in skladnost, 2016):

- stopnje izpostavljenosti,
- razred vsebnosti kloridov,

- Dupper in Dtower, skladno z EN 1992-1-1 naj ne bo Dupper večji od dg,
- zahtevo po skladnosti s tem standardom,
- razred tlačne trdnosti.

Za lahek beton mora specifikacija vsebovati (Slovenski standard, Beton – Specifikacija, lastnosti, proizvodnja in skladnost, 2016):

- ciljno gostoto ali razred gostote.

Specifikacija za beton, ki je pripravljen na gradbišču in transportni beton, mora vsebovati:

- ciljno vrednost konsistence in konsistenčni razred.

V dodatnih zahtevah za specifikacijo projektiranega betona se lahko v obliki preizkusnih metod in zahtevanih lastnosti, če je primerno in smiselno, predpiše naslednje (Slovenski standard, Beton – Specifikacija, lastnosti, proizvodnja in skladnost, 2016):

- razredi cementa ali posebne vrste,
- razredi agregata ali posebne vrste.

Za sestavo betona v teh primerih, kjer se naj zmanjša škodljiva alkalnosilikatna reakcija, prevzema odgovornost izdajatelj specifikacije betona: (Slovenski standard, Beton – Specifikacija, lastnosti, proizvodnja in skladnost, 2016)

- modul elastičnosti, krčenje ob izsuševanju in lezenje,
- odpornost proti obrabi,
- upočasnjeno vezanje,
- razvoj trdnosti,
- dodatne zahteve za samozgoščevalni beton,
- razvijanje toplote med hidratacijo,
- dodatne zahteve za beton za geotehnična dela,
- zahtevane lastnosti za odpornost proti zmrzovanju/tajanju,
- odpornost betona proti prodoru vode,
- razcepna natezna trdnost,
- druge tehnične zahteve (npr. posebni postopki vgrajevanja betona ali zahteve glede posebne površinske obdelave ali glede trajanja ohranjanja konsistence),

- zahteve za temperaturo svežega betona, če se razlikujejo od navedenih v poglavju 2.3.6 o temperaturi betona na strani 37.

3.3.1.2 Vsebina dobavnice za projektiran beton

Za vsako dostavljeno količino betona na gradbišče mora proizvajalec betona predati uporabniku dobavnico, na kateri morajo biti vpisani, odtisnjeni ali natiskani naslednji podatki: ime kupca, čas prihoda betona na gradbišče, količina betona v kubičnih metrih, ime obrata za proizvodnjo transportnega betona, kraj in naziv gradbišča, serijska številka dobavnice, čas začetka raztovarjanja betona, izjava o skladnosti s sklici na specifikacije in na ta evropski standard, čas konca raztovarjanja betona, razpoznavna oznaka vozila ali registrska številka tovornjaka, čas prvega stika med cementom in vodo (čas in datum polnjenja), sklici na specifikacije ali podrobnosti (npr. številka naročila, številčna koda s seznama) in ime certifikacijskega organa ali oznaka, če je le-ta vključen (Slovenski standard, Beton – Specifikacija, lastnosti, proizvodnja in skladnost, 2016).

3.3.2 *Delitev betonov s posebnimi lastnostmi – vodoneprepustni betoni*

Betone po markah vodoneprepustnosti delimo glede na vodoneprepustnost: V-2, V-4, V-6, V-8, V-10, V-12 in V-14. Na preizkusnem telesu, ki je lahko v obliki plošče, kocke ali cilindra, lahko s tlakom vode določimo marko vodoneprepustnosti. To naredimo tako, da v določenem času merimo največjo globino pronicanja vode. Na spodnji tabeli je za posamezne marke vodoneprepustnega betona razvidna globina pronicanja vode v milimetrih, ki se razlikuje glede na razred in tlak. Najmanjšo globino pronicanja vode doseže razred V-14 in znaša 15 mm.

Tabela 3: Globina pronicanja vode za posamezne marke vodoneprepustnega betona

Razred	Tlak (bar)	Globina pronicanja (mm)
V-2	1	150
V-4	3	150
V-6	7	150
V-8	7	100
V-10	7	50
V-12	7	30
V-14	7	15

Vir: (Žitnik, in drugi, 2012)

3.3.3 Predpisana specifikacija betona

Z osnovnimi zahtevami standarda je treba specificirati predpisani beton. Specifikacija za predpisan beton in osnovne zahteve za beton morajo vsebovati (Žitnik, in drugi, 2012):

- vsebnost cementa;
- konsistenco ali vodocementno razmerje;
- največjo vsebnost klorida, kategorijo agregata in vrsto agregata; maksimalno oziroma minimalno gostoto agregata se upošteva pri težkem ali lahkem betonu;
- po standardu SIST EN 206-1 zahtevo po skladnosti;
- trdnostni razred cementa in vrsto cementa;
- vse omejitve zrnivosti in nazivno velikost največjega zrna agregata;
- količino kemijskega in mineralnega dodatka in vrsto, če ju beton vsebuje;
- nadomestilo za karakteristike kot poreklo cementa, ki jih ni mogoče drugače opredeliti
- in poreklo pri uporabi mineralnih in kemijskih dodatkov.

3.3.4 Klasifikacija betonov

Betone lahko delimo glede na (Žitnik, in drugi, 2012):

- prostorninsko težo,
- lastnosti strjenega betona (kakovost betona),
- preverjanje kakovosti in režim zavarovanja (kategorija betona),
- namen (betoni za posebne konstrukcije),
- obdelavo svežega betona.

Betone lahko prav tako razdelimo glede na kraj priprave:

- beton, ki je izdelan v betonarni,
- transportni beton,
- beton, ki je pripravljen na gradbišču.

Standard SIST EN 206-1 obravnava specifikacije, skladnost betonov, proizvodnjo in lastnosti ter predpisuje naslednje zahteve (Žitnik, in drugi, 2012):

- merila skladnosti in vrednotenje skladnosti,
- osnovna gradiva za beton,
- postopke nadzora proizvodnje,
- omejitve za sestavo betona,
- lastnosti svežega in strjenega betona ter njihovo preverjanje,

- dostavo svežega betona.

3.3.5 Dostava svežega betona na gradbišče po standardu SIST EN 206:2013+A1: 2016

Pri dostavi svežega betona se morata proizvajalec in uporabnik sporazumeti o povprečni hitrosti dostave betona, času in datumu dostave betona, posebnih metodah vgrajevanja betona, načinu transporta betona na gradbišče in o vrsti vozil za dostavo betona na gradbišče. Prav tako se morata proizvajalec in uporabnik med seboj dogovoriti o omejitvah pri dostavi betona. Dogovorjena mora biti velikost, višina in skupna teža agigatorja za transport betona na gradbišče. Uporabnik lahko od proizvajalca betona zahteva podatke, ki so potrebni za oceno priraščanja trdnosti betona, in podatke o osnovni sestavi betona, na podlagi katerih lahko uporabnik pravilno vgrajuje sveži beton in poskrbi za ustrezno nego betona. Na zahtevo uporabnika mora proizvajalec pred dostavo svežega betona posredovati podatke v ustrezni obliki.

Pri projektiranemu betonu mora proizvajalec na zahtevo uporabnika posredovati naslednje podatke: nadzor proizvodnje ali začetnih preizkusov in rezultate betona pri prejšnjih pomembnejših preizkusih, trdnostni razred cementa, vrsto cementa in vrsto agregata, ciljno vodocementno razmerje, vrsto kemijskih dodatkov, poreklo osnovnih gradiv in razvoj trdnosti betona. Zahtevani podatki se lahko posredujejo pri transportnem betonu s sklicem na proizvajalčev katalog mešanic betona. V tem katalogu so navedene podrobnosti o stopnjah konsistence, teže dobavljenih količin betona, trdnostni razredi betona in drugi pomembni podatki. Za vsako dostavljeno količino betona mora proizvajalec predati uporabniku dobavnico za transportni beton, na kateri morajo biti vpisani, natisnjeni ali odtisnjeni naslednji podatki (Žitnik, in drugi, 2012):

- ime kupca,
- kraj in naziv gradbišča,
- serijska številka dobavnice,
- količina betona v kubičnih metrih,
- ime obrata za proizvodnjo betona,
- oznaka in ime certifikacijskega organa, če je vključen,
- razpoznavna oznaka vozila ali številka tovornjaka,
- čas začetka raztovarjanja,
- čas konca raztovarjanja,
- SIST EN 206-1 in izjava o skladnosti s sklici na specifikacije,

- čas prihoda na gradbišče,
- čas prvega stika med cementom in vodo, to je čas polnjenja in datum,
- številka naročila, številčna koda in podrobnosti ali sklici na specifikacije.

Dobavnica mora zraven teh podatkov vsebovati podrobnosti za projektirani beton in za predpisani beton. Za projektirani beton mora dobavnica vsebovati naslednje podrobnosti (Žitnik, in drugi, 2012):

- mejne vrednosti za sestavo betona, če so predpisane,
- trdnostni razred,
- trdnostni razred cementa in vrsto cementa, če sta predpisana,
- posebne lastnosti, če so zahtevane za beton,
- stopnjo izpostavljenosti,
- razred vsebnosti klorida,
- nazivno velikost največjega zrna agregata,
- razred gostote in ciljna skupina pri težkem ali lahkem betonu,
- ciljno vrednost ali stopnjo konsistence.

Za predpisani beton mora dobavnica vsebovati naslednje podrobnosti:

- npr. vrsto kemijskega dodatka, če je zahtevana, in vsebnost cementa, ter podrobnosti o sestavi;
- konsistenco ali vodocementno razmerje, izraženo s stopnjo ali ciljno vrednostjo, ko je predpisano;
- nazivno velikost največjega zrna agregata.

Zahtevane podatke je treba pri standardiziranem predpisanem betonu podati v skladu z določili ustreznega standarda (Žitnik, in drugi, 2012).

3.3.5.1 Prevozna sredstva za dostavo svežega betona na gradbišče

Prevozna sredstva za dostavo svežega betona na gradbišče so: agitator in avtomešalnik, na gradbišče pa lahko pripeljejo beton tudi s prevozom brez agitatorja (Slovenski standard, Beton – Specifikacija, lastnosti, proizvodnja in skladnost, 2016).

Agitator

Agitator je naprava, ki je sposobna med transportom ohraniti svež beton v homogenem stanju in je nameščena običajno na podvozje z lastnim pogonom.

Avtomešalnik

Na podvozju prevoznega sredstva je nameščen mešalnik betona z lastnim pogonom. Le-ta je sposoben zmešati in dostaviti homogen beton na gradbišče (Slovenski standard, Beton – Specifikacija, lastnosti, proizvodnja in skladnost, 2016).

Prevoz betona brez agitatorja

Prevoz betonske mešanice brez agitatorja na gradbišče se vrši s transportnim silosom ali s kamionom prekucnikom oziroma kiperjem (Slovenski standard, Beton – Specifikacija, lastnosti, proizvodnja in skladnost, 2016).

3.3.5.2 Podatki uporabnika betona za proizvajalca

S proizvajalcem se mora uporabnik betona sporazumeti o času, datumu in povprečni dostavi betona na gradbišče. Prav tako mora uporabnik obvestiti proizvajalca betona, če bo vgrajeval beton po posebnih metodah vgrajevanja, posebnem transportu betona na gradbišče in pri morebitnih omejitvah pri dostavnih vozilih. Uporabnik mora sporočiti proizvajalcu betona vrsto dostavnega vozila (prevoz z agitatorjem ali brez njega), velikost vozila, skupno težo ali višino vozila (Slovenski standard, Beton – Specifikacija, lastnosti, proizvodnja in skladnost, 2016).

3.3.5.3 Podatki proizvajalca betona za uporabnika

Za projektiran beton mora proizvajalec na zahtevo uporabnika posredovati trdnostni razred cementa, vrsto cementa in vrsto agregata. Če so predpisana vlakna, mora proizvajalec le-ta opisati skladno s standardom EN 14889-1 in definirati količino vlaken z EN 14889-2. Proizvajalec mora prav tako opisati vlakna, če so le-ta predpisana s trdnostnim razredom mikroarmiranega betona skladno z EN 14889-1 ali EN 14889-2. Prav tako mora proizvajalec betona uporabniku posredovati vrsto mineralnih dodatkov ali vrsto kemijskih dodatkov, če se le-ti uporabijo, in ciljno vodocementno razmerje.

Iz kontrole proizvodnje betona mora proizvajalec posredovati podatke uporabniku betona o kontroli skladnosti betona, začetnih preizkusih in rezultate pomembnejših prejšnjih preskusov betona, razvoj trdnosti betona, D_{max} in poreklo osnovnih materialov za sestavo betona (Slovenski standard, Beton – Specifikacija, lastnosti, proizvodnja in skladnost, 2016).

Za določitev časa negovanja betona se podatek o razvoju trdnosti betona lahko navede s krivuljo razvoja trdnosti pri 20 °C med 2 in 28 dnevi ali z vrednostmi iz spodnje tabele, ki prikazuje

razvoj trdnosti betona pri 20 °C (Slovenski standard, Beton – Specifikacija, lastnosti, proizvodnja in skladnost, 2016).

Tabela 4: Razvoj trdnosti betona pri 20 °C

Razvoj trdnosti betona	Ocenjeno razmerje trdnosti betona $r = f_{cm2} / f_{cm28}$
Hiter	$\geq 0,5$
Srednje hiter	$\geq 0,3$ do $< 0,5$
Počasen	$\geq 0,15$ do $< 0,3$
Zelo počasen	$< 0,15$

Vir: (Slovenski standard, Beton - Specifikacija, lastnosti, proizvodnja in skladnost, 2016)

Na podlagi znanih lastnosti betona s primerljivo sestavo ali iz začetnih preizkusov betona se določi razmerje trdnosti betona, ki kaže na hitrost razvoja trdnosti betona. Razmerje trdnosti prikazuje razmerje betona med srednjo tlačno trdnostjo po 2 dneh (f_{cm2}) in 28 dneh (f_{cm28}). Po standardih EN 12350-1, EN 12390-1, EN 12390-2 in EN 12390-3 je treba preizkušance za začetne preizkuse vzorčiti, negovati, izdelati in preskusiti (Slovenski standard, Beton – Specifikacija, lastnosti, proizvodnja in skladnost, 2016).

Za projektirani beton mora dobavnica vsebovati tudi naslednje podrobnosti: stopnje izpostavljenosti betona, ciljno gostoto ali razred gostote pri lahkem ali težkem betonu, ciljno vrednost ali konsistenčni razred betona, trdnostni razred betona, vrsto mineralnega ali kemijskega dodatka, če sta predpisana, razred vsebnosti klorida, D_{max} , posebne lastnosti, če so zahtevane, razred lastnosti mikroarmiranega betona ali količino in vrsto vlaken, če so le-ta predpisana, trdnostni razred cementa in vrsto cementa, če sta predpisana in mejne vrednosti za sestavo betona, če so le-te predpisane (Slovenski standard, Beton – Specifikacija, lastnosti, proizvodnja in skladnost, 2016).

3.3.6 Nega betona

V notranjosti betona ohranjamo z nego betona takšno stopnjo vlage, da omogoča največje zmanjšanje poroznosti in maksimalen razvoj odpornosti med hidratacijo cementa. Zato je med proporcioniranjem zmesi za doseganje vseh potencialnih kakovosti, ki so podeljene betonu, dobra nega betona ključnega pomena. Za uspeh izvedbe je pri betonih visoke trdnosti ta postopek še bolj odločilen in pomemben (Zajc, Betoni visokih trdnosti, 2016).

Pri betonih trdnostnega razreda $\geq 75 \text{ N/mm}^2$ je v/c (vodocementno razmerje) zagotovo nižje od 0,40. Za to je še posebej treba izvajati mokro nego betona z materialom, ki dobro vpija in zadržuje vodo, ali pa izvajati mokro nego betona, ki se vrši neprekinjeno z namočenim filcem. Če pride do delne ali celotne osušitve betonske površine, so prekinitve namočenosti površine nesprejemljive. Pomembno je, da sveže vgrajeni beton ni izpostavljen visoki temperaturi med nego betona, saj le-ta spodbuja dehidracijo. Beton moramo ustrezno zaščititi pred hitrostjo vetra, če je le-ta večja od 2 m/s in direktnimi sončnimi žarki (Zajc, Betoni visokih trdnosti, 2016).

Zaščita pred izparevanjem (curing compound) oziroma sredstva za nego svežega betona so priporočena samo tam, kjer ni možno neprekinjeno močenje betona. Vode ne dodajajo in ohranjajo prvotno vlago v betonu (Zajc, Betoni visokih trdnosti, 2016).



Slika 2: Izvajanje nege betona na AB temeljni plošči

Vir: (Lastni vir)



Slika 3: Izvajanje nege betona na AB temeljnih stebrih

Vir: (Lastni vir)

3.3.7 Temperatura betona

V času dostave temperatura svežega betona ne sme biti nižja od 5 stopinj celzija. Z dovoljenimi odstopanji je treba predpisati drugačno temperaturo betona za najnižjo ali najvišjo temperaturo, če je potrebno. Pred dostavo betona se morata med seboj dogovoriti proizvajalec in uporabnik o vsaki zahtevi za gretje betona ali za umetno hlajenje betona (Slovenski standard, Beton – Specifikacija, lastnosti, proizvodnja in skladnost, 2016).

3.3.7.1 Odpornost betonov proti zmrzovanju

Betoni so lahko, če so odporni proti zmrzovanju, izdelani iz naslednjih kakovosti: M-50, M-100, M-150 in M-200. Pri zmrzovanju preizkusne betonske kocke pri $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ in odmrzovanju pri $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ nam številke zraven oznake betona povedo število zamrzovalnih ciklov (Žitnik, in drugi, 2012).

3.3.8 Konsistenca betona

Od konsistence v svežem betonu, ki je lahko mehko plastična, židka ali lita, zemeljsko vlažna oziroma trdo plastična in srednje plastična, je odvisna obdelavnost svežega betona. S preskusom stopnje zbitosti, z razlezom, z Vebe poskusom, s posedom stožca in s posebnimi metodami pri betonih za posebne namene se izmeri konsistenco betona (Saje, 2015).

»Priporočljivo območje uporabe metode (Saje, 2015):

- s posedom stožca svežega betona je med 10 in 210 mm,

- z Vebe preskusom je med 5 in 30 sekundami,
- s preskusom stopnje zbitosti je med 1,04 in 1,46,
- z razlezom je med 300 in 620 mm.«

»Stopnje poseda stožca«

Tabela 5: Stopnje poseda stožca

Stopnja	Posed v mm
S1	10 do 40
S2	50 do 90
S3	100 do 150
S4	160 do 210
S5	≥ 210

Vir: (Saje, 2015)

»Stopnje Vebe preskusa«

Tabela 6: Stopnje Vebe preskusa

Stopnja	Vebe v sekundah
V0	≥ 31
V1	30 do 21
V2	20 do 11
V3	10 do 6
V4	5 do 3

Vir: (Saje, 2015)

»Stopnje preskusa zbitosti«

Tabela 7: Stopnje preskusa zbitosti

Stopnja	Mera zbitosti
C0	$\geq 1,46$
C1	1,45 do 1,26
C2	1,25 do 1,11
C3	1,10 do 1,04

Vir: (Saje, 2015)

»Stopnje preskusa razleza«

Tabela 8: Stopnje preskusa razleza

Stopnja	Premer v mm
F1	≤ 340
F2	350 do 410
F3	420 do 480
F4	490 do 550
F5	560 do 620
F6	≥ 630

Vir: (Saje, 2015)

3.3.9 Pogoji za beton iz okolja

V okolju, kjer je nevarnost kemičnih vplivov, oddaljevanja in cikličnega zmrzovanja, korozije zaradi kloridov, korozije zaradi kloridov v morski vodi, korozije zaradi karbonatizacije in kjer ni nevarnosti agresivnega vpliva ali korozije, se lahko nahaja betonski element (Saje, 2015).

3.3.10 Razredi izpostavljenosti betona

»Izpostavljenost betona okolju je klasificirana s stopnjami izpostavljenosti po skupinah vplivov (Kavčič, in drugi, 2018):

- SIST EN 206: X0, XC, XD, XS, XF, XA,
- SIST 1026: XM«

3.4 Opaži za izvajanje betonarskih del

Za izvajanje betonarskih del se uporabljajo opaži. Naloga opažev je, da podpirajo in oblikujejo vse elemente, v katerih je vgrajen beton, dokler le-ta ne doseže zadostne nosilnosti in trdnosti. Opaži zagotavljajo, da vsak posamezen element doseže takšno končno obliko, kot je določena po projektu. Ena od odličnih lastnosti betona je ta, da se lahko tekoča masa betona v svežem stanju zaradi poljubne židkosti oblikuje na različne načine. Le-ta se strdi v procesu hidratacije in pridobi potrebno trdnost. Opaži se lahko odstranijo šele takrat, ko beton doseže zadostno nosilnost in trdnost. Posamezne dele opaža, ki v določenih primerih ostanejo v delih konstrukcije, imenujemo izgubljeni opaži (Zajc, in drugi, 2017).

Za vsak objekt posebej je treba narediti opažni načrt, zato so opaži za vsak objekt edinstveni. Za projektiranje opažev se uporabljajo Eurocodi. Pri projektiranju opažev je treba upoštevati vrsto uporabljenega betona, usposobljenost delavcev za opaževanje in razopaževanje opažnih elementov, izbokline ali vključke na površinah, vrsto opažnega premaza, ustrezen varnostni faktor, nosilnost, vertikalne in horizontalne obremenitve, geometrijo elementov in vrsto konstrukcije, vrsto materiala, iz katerega je opaž narejen, izgled razopažene površine opažnih elementov ter ekonomiko pri izvajanju betonarskih del. Opaži so postavljeni kot začasna konstrukcija in so del gradbenih odrov (Zajc, in drugi, 2017).

V standardu SIST EN 13670:2010 so podane zahteve za izgled betonske površine po razopaževanju opažnega sistema. Le-ta nam prikazuje, koliko znanja ima izvajalec pri delu z opaži in izvajanjem betonarskih del (Zajc, in drugi, 2017).

3.4.1 Standardi za opažne konstrukcije

Že leta 1955 so si v ZDA zadali cilj za izdelavo standarda za opaž z izvajanjem različnih študij. Potreba za izdelavo standarda je nastala zaradi vedno bolj pogostih porušitev opažev in nesreč ter vse večje zahtevnosti betonskih konstrukcij. V takratnem času je cena stroškov opaža znašala od 35 % do 60 % vseh betonarskih del in na tem je temeljila želja za izdelavo standarda za opaž. Leta 1963 so poimenovali prvi Standard za opaže z naslovom ACI standard: Recommended Practice for Concrete Formwork (ACI 347-63) (1). Kasneje je bil omenjeni standard še večkrat izdan, danes pa velja za enega najboljše uporabljenih dokumentov na področju uporabe opažev na svetu. Standardov za opaže v Evropi nimamo, imamo pa priporočila za opaže in navodila za uporabo le-teh (Zajc, in drugi, 2017).

Evropski standard SIST EN 13670:2010 je izšel leta 2010 in je namenjen za izvajanje betonskih konstrukcij. Z nacionalnim slovenskim dodatkom SIST EN 13670:2010 /Oa101 je Slovenija prevzela omenjeni standard in ga dopolnila. V 5. poglavju oba standarda obravnavata opaže z naslovom Opaži in nosilni odri (8, 9). Omenjeno poglavje, ki je posvečeno opažem, obsega naslednja poglavja (Zajc, in drugi, 2017, str. 2):

»1 Osnovne zahteve

2 Materiali

2.1 Splošno

2.2 Opažni premazi

3 Projektiranje in postavljanje nosilnega odra

- 4 Projektiranje in nameščanje opaža
- 5 Posebni opaži
- 6 Vstavljeni elementi in vbetonirani sestavni deli konstrukcije
 - 6.1 Splošno
 - 6.2 Zapolnitev začasnih vdolbin in odprtin
- 7 Odstranjevanje opaža in nosilnega odra«.

3.4.2 Priprava opazne površine

Priprava opažev je zelo pomembna pri končnem izgledu površine betona. Z uporabo primernih zaščitnih sredstev za opaže skušamo čim bolj preprečiti adhezijo strnjenega betona na opaž in zagotoviti čiščenje. Estetski videz površine betona, izboljševanje trajnosti betona, gladko in gosto betonsko površino je mogoče doseči s pravilno uporabo primernih zaščitnih sredstev za opaže (Zajc, in drugi, 2017).

Zaščitna sredstva za opaže (SZO) se delijo v dve skupini (Zajc, in drugi, 2017):

- Pregradna sredstva med opažem in betonom ustvarjajo fizično pregrado.
- Reaktivna zaščitna sredstva za opaže ustvarjajo na površini betona s prostim apnom kemijsko reakcijo maščobnih kislin. S tvorbo kovinskih mil, ki so kemično inertna in so v vodi netopna, povzroči tvorbo le-teh zgornja reakcija. Dviganje ujetega zraka na površino betona in enostavno sproščanje opaža pri vertikalnih stenah omogoča zgoraj omenjeno kovinsko milo.

»Od SZO pričakujemo naslednje (Zajc, in drugi, 2017):

- enostavno in »čisto« ločitev opaža in betona (brez adhezije betona, brez poškodb opaža);
- vizualno brezhibno površino betona;
- nobenega negativnega vpliva na kvaliteto betona na površini;
- brez težav z naknadnim nanosom zaščitnih sredstev ali barv;
- zaščito opažev pred korozijo in prezgodnjim staranjem;
- enostavno uporabo, lažje čiščenje opažev po uporabi;
- najmanjši oz. nikakršen vpliv na okolje, zdravje in varnost za uporabnike na gradbiščih;
- neprijeten vonj ni priporočljiv, predvsem pri proizvodnji betonskih izdelkov v zaprtih ali polzaprtih prostorih;
- odpornost oz. obstojnost na povečane temperature (segrevanje opaža in betona);

- pri zunanji uporabi je priporočljiva odpornost sredstev na vlago (dež) in UV-žarčenje, ki dodatno lahko zaščitijo beton tudi po odstranitvi opaža.«



Slika 4: Priprava opažne površine z zaščitnimi sredstvi

Vir: (Lastni vir)

3.5 Prevezemanje odgovornosti na gradbišču

3.5.1 Vodja del

S predpisi s področja zdravja pri delu na gradbiščih in zagotavljanja varnosti, s podrobno določitvijo predpisov, s katerimi se določijo bistvene in druge zahteve in odgovornost za skladnost del, ki so izvedena v skladu s projektno dokumentacijo, odgovarja izvajalcu del po 3. členu Gradbenega zakona vodja del, ki je fizična oseba (Gradbeni zakon, 2018).

Za vodenje gradnje mora izvajalec po 14. členu Gradbenega zakona določiti vodjo del. Le-ta mora biti pri izvajalcu zaposlen in mora prevladovati glede na vrsto del. Za vodenje gradbišča, za skladnost izvajanja del s projektno dokumentacijo in uskladitev del, ki se izvajajo na gradbišču ter za zdravje in varnost pri delu na gradbišču, odgovarja vodja gradnje vodilnemu izvajalcu (Gradbeni zakon, 2018).

3.5.2 Pogoji za vodjo del

Po 14. členu Gradbenega zakona mora vodja del izpolnjevati naslednje pogoje:

- S predpisom, ki ureja inženirsko in arhitekturno dejavnost, mora izpolnjevati pogoje, ki so določeni za pooblaščenega inženirja.
- V Gospodarski zbornici Slovenije je vpisan v imenik vodij del in izpolnjuje pogoje za delovodjo.
- Pri Obrtno-podjetniški zbornici Slovenije je vpisan v imenik vodij del in izpolnjuje pogoje za mojstra s področja gradbeništva.
- Za vodenje del mora imeti opravljen strokovni izpit pri Inženirski zbornici Slovenije, na področju izvajanja gradenj mora imeti najmanj tri leta delovnih izkušenj, s področja graditve objektov mora imeti vsaj srednješolsko izobrazbo tehnične smeri ali višješolsko strokovno izobrazbo s tehnične smeri s področja graditve objektov ali pridobljeno izobrazbo v skladu z zakonom, ki ureja visoko šolstvo, pridobljeno najmanj na ravni prve stopnje po študijskih programih (Gradbeni zakon, 2018).

3.5.3 Vodja nadzora

3.5.3.1 Gradbeni nadzornik

Po 13. členu Gradbenega zakona nadzornik ne sme pri graditvi istega objekta hkrati nastopati kot izvajalec. Prav tako ne sme biti v poslovni povezavi z izvajalcem. Nadzornik lahko na trgu nastopa samo kot fizična ali pravna oseba. V imenu nadzornika lahko nastopa samo strokovnjak posameznik, ki opravlja naloge nadzora. Pri tem ne sme nastopati kot strokovnjak pri graditvi istega objekta, ki opravlja naloge vodje del ali druge naloge izvajalca ali kot drug posameznik.

3.5.3.2 Naloge gradbenega nadzora

Za izpolnjevanje in zagotovitev zahtev po 13. členu tega zakona mora gradbeni nadzornik izvajati nadzor tako, da na podlagi preventivnega in pravočasnega delovanja preprečuje morebitne napake. Le-ta mora z drugim nadzornikom skleniti pogodbo, ki razpolaga s svojimi pooblaščenimi inženirji in arhitekti, če glede na vrsto del in vrsto objekta ter s potrebnimi izkušnjami in strokovnim znanjem iz stroke ne razpolaga s svojimi pooblaščenimi arhitekti in inženirji (Gradbeni zakon, 2018).

V okviru nadzora mora nadzornik (Gradbeni zakon, 2018):

- zlasti redno spremljati gradnjo objekta na gradbišču in sodelovati pri zakoličenju objekta;
- vse udeležence pri graditvi objektov mora ustno in pisno opozoriti, če ugotovi dejanja in kršitve, ki so z določbami tega zakona v nasprotju;
- investitorju mora pravočasno sporočiti morebitne potrebe po dopolnitvi dokumentacije ali spremembi za izvedbo gradnje. Vse morebitne spremembe mora nadzornik uskladiti s projektantom in investitorjem;
- s svojega področja dela in strokovno podporo mora nadzornik zagotoviti informacije vsem udeležencem pri pripravi in zagotavljanju predpisanih dokumentov;
- v dokumentaciji za izvedbo gradnje mora nadzornik nadzorovati pravilnost vpisov sprememb, ki jih beleži izvajalec in nastanejo med gradnjo objekta. Na podlagi tega se izdela dokumentacija za pridobitev uporabnega dovoljenja;
- s kakovostnimi zahtevami investitorja mora nadzornik od vseh izvajalcev preverjati, prevzemati in zbirati potrdila o ustreznosti in skladnosti gradbenih materialov in drugih proizvodov;
- pri izvajanju preizkusov, testiranj in meritev mora nadzornik sodelovati in zagotoviti koordinacijo strokovnjakov;
- po opravljenem tehničnem pregledu objekta mora nadzornik do zaključka upravnega postopka sodelovati pri odpravi pomanjkljivosti;
- ustreznost dokumentacije za pridobitev uporabnega dovoljenja mora vsebinsko preveriti in potrditi s podpisom;
- če se napake in kršitve kljub opozorilom nadaljujejo, mora nadzornik ustaviti gradnjo objekta; če kršitve in napake niso pravočasno odpravljene, mora nadzornik ugotovljene kršitve prijaviti gradbenemu inšpektorju;
- v skladu z gradbenim dovoljenjem, gradbenimi in drugimi predpisi, z dokumentacijo za izvedbo gradnje in v skladu s prostorskim izvedbenim aktom mora nadzornik v skladu s pravili stroke in tem zakonom zagotoviti kakovost nadzora, ki omogoča dokončanje objekta v skladu z dokumentacijo;
- s predpisi, na podlagi katerih se podrobneje določijo bistvene zahteve in druge zahteve, z gradbenim dovoljenjem in drugimi predpisi za izvedbo gradnje mora nadzornik opozoriti na tehnične rešitve, ki bi lahko bile v nasprotju s tem Gradbenim zakonom.

Nadzornik mora upoštevati le tiste tehnične rešitve, ki so določene s tem zakonom in se nanašajo na izpolnjevanje bistvenih zahtev, ki so določene s tem zakonom.

3.5.3.3 Vodenje nadzora na gradbišču

Za vodenje nadzora mora nadzornik iz stroke določiti pooblaščenega inženirja ali arhitekta. Leta mora v skladu z zakonom, ki ureja inženirsko in arhitekturno dejavnost v eni od predpisanih oblik, opravljati poklicne naloge za vodjo nadzora in prevladovati glede na vrsto del. Nad celotno gradnjo koordinira in izvaja nadzor vodja nadzora (Gradbeni zakon, 2018).

Po 13. členu Gradbenega zakona lahko nadzornik izdeluje spremembe projektne dokumentacije samo, če nastopa pri istem objektu kot projektant (prav tam).

3.5.4 *Vodja projekta*

12. člen Gradbenega zakona navaja, da mora projektant iz stroke določiti pooblaščenega inženirja ali arhitekta, ki prevladuje glede na namen gradnje in v eni od predpisanih oblik v skladu z zakonom, ki ureja inženirsko in arhitekturno dejavnost, opravlja poklicne naloge za projektanta. Pooblaščen inženir ali arhitekt mora prav tako voditi izdelavo projektne dokumentacije. Vodja projekta mora koordinirati izdelavo projektne dokumentacije in jo potrditi (prav tam).

Vodja projekta in projektant s podpisano projektno dokumentacijo jamčita, da so izpolnjeni vsi pogoji iz 12. člena Gradbenega zakona (prav tam).

4 EMPIRIČNI DEL

4.1 Naslovna stran elaborata in vsebina elaborata projekta betona za večstanovanjski objekt v Mariboru

Na enem izmed gradbišč v Mariboru, kjer gradimo večstanovanjski objekt, je bil narejen projekt betona. Le-ta vsebuje na naslovni strani elaborata naslednje podatke:

- Podatki o izdelovalcu projekta betona, ki mora biti pooblaščen inženir ali arhitekt in njegova identifikacijska številka ter podpis.
- Osnovni podatki o gradnji: lokacija objekta, naslov od naročnika in izvajalca ter vrsta gradnje. V našem primeru gre za novogradnjo.
- V Podatkih o elaboratu je definirana številka elaborata, strokovno področje elaborata, gre za gradbeništvo, in datum izdelave elaborata. Elaborat je bil izdelan v maju leta 2019.
- V podatkih o projektantu je napisana identifikacijska številka projektanta, ime in priimek vodje projekta, naslov, naziv projektantske družbe ter podpis odgovorne osebe projektanta.

Kazalo vsebine elaborata zajema:

- naslovno stran elaborata,
- vsebino elaborata,
- projekt betona.

4.2 Projekt betona

Elaborat projekta betona za omenjeni večstanovanjski objekt vsebuje naslednja poglavja:

- opis konstrukcije in splošni podatki o objektu,
- organizacija izvajanja betonskih konstrukcij; proizvodnja betona, transport in vgrajevanje betona,
- zahtevana armatura,
- načrt betoniranja; betoniranje pri visokih temperaturah v poletnem času, izvedba betonskih konstrukcijskih elementov,
- zahteve za izvedbo betonskih konstrukcij,
- zahtevan opaz za beton,
- izdelava betonskih površin v vidnem betonu,
- načrt kontrole kakovosti betona na gradbišču.

Pri izvajanju betonskih del na gradbišču se mora izvajalec strogo držati vseh zahtev, ki jih navaja projekt betona.

4.2.1 Opis konstrukcije objekta in splošni podatki o objektu

Večstanovanjski objekt se nahaja na enem izmed gradbišč v Mariboru. Sama konstrukcija večstanovanjskega objekta spada v 2. izvedbeni razred po standardu SIST EN 13670:2010/oA101 in SIST EN 13670:2010. V tem projektu betona so zajeti naslednji konstrukcijski elementi: betonske stene, stebri v kleti, betonske plošče, medetažne plošče, stopnišča, plošča nad kletjo, uvozna rampa in stropne plošče blokov. V posebnem projektu betona je zajeta temeljna plošča dimenzije 52 x 67 m in debeline 60 cm. Okrog 5000 m³ bo znašala skupna količina vgrajenega betona.

4.2.2 Organizacija izvajanja betonskih konstrukcij

V projektu betona piše, da je za kontrolo dostavljene količine betona na gradbišče, izpolnjevanje obrazca za tekočo kontrolo na gradbišču in izvajanje betonskih del na gradbišču odgovoren vodja del. S strani izvajalca vodi kontrolo kakovosti vgrajenega betona delovodja na večstanovanjskem objektu v Mariboru. Le-ta je s strani odgovornega vodje del pooblaščen, da opravlja kontrolo kakovosti vgrajenega betona.

4.2.2.1 Proizvodnja betona

Betoni se bodo proizvajali v betonarni, ki se nahaja v okolici Maribora. V skladu z zahtevami tehnične specifikacije po standardu SIST EN 206:2013, SIST EN 206:2013+A1:2016 in SIST 1026:2016 je betonarna pridobila certifikat in številko izdanega certifikata, ki ga je izdal certifikacijski organ IRMA.

V spodnji tabeli so prikazane zahteve za beton, oznake sestave in prevideni dodatki v betonu za vsak konstrukcijski element posebej. Prav tako so prikazane oznake stopenj izpostavljenosti betona, zahtevan minimalni trdnostni razred betona in seveda oznaka recepture betona.

Tabela 9: Oznake in zahteve za beton po projektu betona

Zaporedna številka	Konstruktivski element	Količina betona	Minimalni trdnostni razred betona	Stopnja izpostavljenosti betona	Oznaka recepture betona
1	Temeljna plošča	2000	C30/37	Dmax22 XC4 XD2 S4	R4022Č
2	Slopi/stebri garaže in kleti		C30/37	Dmax16 XC4 XD2 S4	R4016Č
3	Plošče nad kletmi in garažo	850	C30/37	Dmax22 XC4 XD2 S4	R4022Č
4	Stene garaže in kleti	460	C30/37	Dmax16 XC4 XD2 S4	R4016Č
5	Stropne plošče blokov		C25/30	Dmax16 XC1 S4	R3016Č
6	Nosilci v ploščah nad garažo		C30/37	Dmax16 XC4 XD2 S4	R4016Č
7	Stopnišča		C25/30	Dmax16 XC1 S4	R3016Č
8	Uvozna rampa		C30/37	Dmax16 XD3 XF4 S3	-
9	Stene v blokih		C25/30	Dmax16 XC1S4	R3016Č

4.2.2.2 Transport betona na gradbišče

V projektu betona za večstanovanjski objekt v Mariboru piše, da se mora transport sveže betonske mešanice od betonarne do gradbišča vršiti z agitatorji. Betonarna se nahaja v okolici Maribora na približni razdalji 10 km, zato znaša predviden čas celotnega transporta betona približno 15 minut. Kot piše v projektu betona, se mora najkasneje 90 minut po prvem stiku cementa z vodo pričeti praznjenje agitatorja na gradbišču. Največji dovoljeni čas se lahko podaljša na 120 minut samo v primeru, kadar je temperatura betona in zraka nižja od 15 °C. Če temperatura betona in zraka preseže 30 °C, se čas dostave svežega betona na gradbišče bistveno zmanjša, in sicer na 45 minut. Do mesta vgrajevanja betona na gradbišču se mora beton transportirati s črpalko. Le-ta naj poteka s čim krajšimi prekinitvami. Po praznjenju betona iz agitatorja mora biti le-ta vgrajen najkasneje v 15 minutah.

Samo z dodajanjem ustreznega kemijskega dodatka v agitator se lahko na gradbišču popravlja obdelavnost svežega betona v primeru nepredvidenih zastojev na cesti ali ostalih nepredvidenih vzrokov in okoliščin. V svežo betonsko mešanico dodajanje vode ni dovoljeno. V avtomešalec se lahko dozira na licu mesta samo tisti kemijski dodatek, ki je z uporabljenimi dodatki v sveži betonski mešanici kompatibilen. Le-ta se mora za vsak kubik betona v avtomešalcu pri polnih obratih dodatno mešati vsaj 1 minuto. To pomeni, da če skupna količina svežega betona v avtomešalcu znaša 8 m³, se mora vrtenje bobna po dodanem plastifikatorju vrteti 8 min pri polnih obratih. Kemijski dodatek se naj po priporočilu v projektu betona doda v boben mešalca v dveh korakih, če je avtomešalec poln. To pomeni, da se prva polovica kemijskega dodatka doda v poln boben mešalca, druga polovica pa se naj doda po polovici izpraznitve betona v avtomešalcu.

Proizvajalec betona naj poda posamezne sestave betona in še dovoljeno količino in vrsto dodatka, ki se na licu mesta lahko dodajo v avtomešalec. V projektu betona prav tako piše, da se med pripravo stremi k optimalni uporabi dodane vode v sveži beton zaradi čim manjšega krčenja strjenega betona in dobre obdelovalnosti sveže betonske mase zaradi zahtevanega in želenega ponašanja svežega betona in strjujočega se betona.



Slika 5: Prevoz betona iz betonarne na gradbišče z avtomešalcem

Vir: (<https://www.mascus.si/transport/rabljeni-avtomesalci-za-beton/man-41-440/pfrajitl.html>)

4.2.2.3 Vgrajevanje betona na gradbišču

Za večstanovanjski objekt v Mariboru je v projektu betona napisano, da višina prostega pada svežega betona ne sme presegati 1,5 m. Prav tako se mora beton vgrajevati s tako debelino po slojih, da bo zgoščevanje z vibratorji omogočalo učinkovito vgrajevanje betona. Vgrajevanje betona naj poteka tako, da ko je v vgrajenem spodnjem sloju beton še plastičen, se naj na tega

vgradi sveži beton. Na takšen način omogočimo, da za vstavljenim vibratorjem ne ostane luknja v betonu. Maksimalna debelina betona lahko znaša do 50 cm.

Vibracijske igle se bodo uporabljale pri horizontalnih in vertikalnih elementih za zgoščanje betona. Glede na dimenzije betonskih elementov se bodo določile velikosti in število vibracijskih igel. Po projektu betona znaša minimalna amplituda vibracijskih igel 0,6 mm, za uporabljane vibracijske igle pa znaša minimalna frekvenca 10000 rpm. V sveži beton se mora vibrator hitro vertikalno spustiti in nato počasi izvleči. Vibrator se mora spustiti v spodnji sloj vsaj do globine 150 mm. Beton se mora vibrirati oziroma zgoščevati toliko časa, dokler se dovolj dobro ne zgosti.



Slika 6: Vibriranje medetažne plošče

Vir: (Lastni vir)

Pri tem ne sme priti do prekomernega izločanja fine malte na površino betona oziroma do segregacije betona. Le na takšen način poteka pravilno odzračevanje in zgoščanje betona. S pomočjo vibracijske igle ni dovoljeno horizontalno razgrinjanje oziroma transportiranje betona zaradi kopičenja betona v opažu na enem mestu. Po betonu prav tako ni dovoljeno vlečenje oziroma metanje vibratorja. Vsak beton je nagnjen k naknadnemu posedanju po vgraditvi in nezadostni zgostitvi betona. Z dodatnim zgoščanjem se lahko naknadno izboljša le beton, ki je že zgoščen. Pri tem se teži k tesnjenju razpok, k spajanju posameznih slojev betona in k doseganju večje tesnosti strukture betona. Na mestih, kjer so večje spremembe debelin betona ali nad armaturnimi palicami lahko nastanejo razpoke v betonu. Zaradi naknadnega posedanja betona po vgraditvi lahko nastanejo takšne razpoke. Z dodatnim zgoščanjem betona lahko nastanek takih razpok v znatni meri zmanjšujemo.

4.2.3 *Armatura*

V projektu betona piše, da se mora armatura na gradbišču skladiščiti skladno z načrtom organizacije gradbišča in varnostnim načrtom. Prav tako piše, da ne sme priti do zmanjšanja prereza armature zaradi korozije ali do umazanije armature, ki lahko zmanjša adhezijo. Armaturo je treba transportirati in skladiščiti tako, da ne pride do lomov oziroma mehanskih poškodb armature. Površina armature lahko vpliva na nosilnost jekla, betona in vez med jeklom in betonom, če je na njej rja. Na armaturi je površinska rja še dovoljena. Armaturne palice se lahko prav tako krivijo samo enkrat in morajo biti brez razpok. Z izvedbeno specifikacijo mora biti dovoljeno, da se lahko krivljenje armature izvaja s segrevanjem in kadar je temperatura zraka nižja od 5 °C. Če se preklopi in stiki izvajajo po predpisanem standardu za izvajanje betonskih konstrukcij SIST EN 13670, se lahko povezujejo z varjenjem ali žico. Armaturo, ki je umazana z oljem, cementnim mlekom, rjo, ledom ali betonom, je treba ustrezno očistiti pred pričetkom betoniranja. Kot je določeno v načrtu gradbenih konstrukcij, je treba preveriti mejo plastičnosti in stopnjo žilavosti armature, velikost prerezov armaturnih palic, stabilnost armature v opažu, dolžino sidranja armature, pravilnost pozicije armature in dolžine preklapov pred pričetkom betoniranja. Da bo dosežen zadosten zaščitni sloj betona, se mora v opažu armatura tako položiti, da bo to zagotovljeno. Skladnost izvedbe položene armature z zahtevami v načrtu gradbenih konstrukcij mora potrditi gradbeni nadzornik z vpisom v gradbeni dnevnik.

4.2.4 *Načrt betoniranja*

4.2.4.1 Betoniranje pri visokih temperaturah v poletnem času

Med izvajanjem betonerskih del v poletnem času se lahko pojavijo naslednji neugodni vremenski pogoji: močno sonce, visoka temperatura zraka, nizka relativna vlažnost, močan veter in visoka temperatura betona.

Na sveži beton lahko zgoraj naštetimi vremenski pogoji vplivajo na naslednje načine: zaradi plastičnega krčenja je večja možnost, da se pojavijo razpoke v betonu, nekontrolirano dodajanje vode na gradbišču zaradi padca poseda betona in hitrejše izgube obdelovalnosti betona, za isto stopnjo poseda potrebuje beton več vode, zato je potreba po vodi povečana in pri tem so posledično tlačne trdnosti betonov nižje, težave pri vgrajevanju betona pa lahko povzroči hitrejše vezanje betona (cca -2h/+10 °C). Do nižjih končnih tlačnih trdnosti pripelje visoka temperatura med strjevanjem betona in z nego betona je treba zaradi zgoraj omenjenih vremenskih vplivov zgodaj pričeti.

Zaradi povečanega vodocementnega razmerja (v/c) in posledično znižane trdnosti betona se voda v sveži beton na gradbišču v takšnih pogojih ne sme dodajati. Z dodajanjem vode prav tako lahko pride do povečanja krčenja in nastanka razpok v betonu, povečane vodoprepustnosti in slabše trajnosti betonske konstrukcije zaradi pojava razpok v betonu.

Čas za ukrepe pri betoniranju pri visokih temperaturah nastopi takrat, ko temperatura svežega betona preseže 25 °C. Ukrepi pri betoniranju pri visokih temperaturah svežega betona so naslednji:

- zmanjšati je treba vpliv neugodnih vremenskih pogojev (veter, pripeka) tako, da se izvajajo betonska dela tempirano;
- čas čakanja avtomešalcev na gradbišču in transport betona od betonarne do gradbišča se mora skrajšati;
- za hitro vgrajevanje je treba uporabiti beton s takšno konsistenco, ki to omogoča.

Kot je zapisano v standardu SIST 1026, t 5.2.8, moramo pri betoniranju upoštevati, da temperatura svežega betona ne sme biti višja od +30 °C v času dostave na kraj vgrajevanja betona. Najdaljši priporočeni čas transporta betona pri temperaturi zraka >30 °C znaša 45minut.

Oprema za manipulacijo betona mora biti zaščitena pred direktnim soncem. Opaže, podložne betone in armaturo moramo pred pričetkom betoniranja poškropiti z vodo, da jih ohladimo. V svežem betonu na takšen način preprečimo prehitro izgubo vode.

Iz svežega betona s pršenjem vode v primerih izjemne vročine na gradbišču zmanjšujemo izhlapevanje vode. Pri visokih temperaturah moramo skrajšati čas transporta betona iz betonarne na gradbišče na najkrajšo možno mero. S pršenjem vode prav tako preprečujemo nastanek razpok zaradi plastičnega krčenja.

Po končanem betoniranju je treba pristopiti k negi betona v čim krajšem možnem času. Po betoniranju se na najbolj kritičnih izpostavljenih površinah prvih 24 ur priporoča mokra nega betona. S PVC-folijo in prekrivanjem betonske površine s filcem se po navadi kasneje vrši nega betona.

4.2.4.2 Izvedba betonskih konstrukcijskih elementov

Na gradbišču v Mariboru, kjer se bo gradil večstanovanjski objekt, se bo uporabljal beton, ki ima črpno konsistenco S4, kot je prikazano v zgornji tabeli, ki prikazuje zahteve za beton. Le-

ta se bo vgrajeval v opaže od proizvajalca Peri. S politiko kakovosti podjetja je definirana maksimalna starost opažev.

S kovinskim tesnilnim trakom Fradiflex metal water stop se bo izvedel stik med stenami kleti in talno ploščo.

V projektu betona piše, da je od zunanje temperature odvisno razopaževanje konstrukcijskih elementov. Razopaževanje konstrukcijskih elementov se lahko prične v fazi, ko se betonska mešanica dovolj strdi. Razopaževanje opažev mora potekati v fazah brez krušenja in tresljajev.

Kot je napisano v projektu betona, se mora pričeti z nego betona takoj po končani površinski obdelavi in končanem zgoščanju betona, ko je stopnja površinske strditve betona za to primerna. Nega betona je odvisna od zunanjih temperatur in od razreda izpostavljenosti betona, ki spada po standardu SIST EN 13670 – XM1 v 4. razred nege. V spodnji preglednici so po dnevih prikazani minimalni časi glede na izvajanje nege betona za posamezen konstrukcijski element. S prekrivanjem betonske površine s filcem in z močenjem površine ali v opažih se lahko vrši nega sveže vgrajenega betona.

Nego betona izvajamo na gradbišču po končanem betoniranju z namenom, da zagotovimo manjšo prepustnost betona in večjo kvaliteto površinskega sloja betona. Če se pred koncem obdobja nege betona opaži odstranijo, se mora ustrezna nega betona zagotoviti s prekrivanjem površine s filcem, navlaženim z vodo, in z močenjem celotne betonske površine. Prehitro izhlapevanje vode iz betonske površine lahko preprečujemo tako, da s PVC-folijo filc prekrijemo. Mokra nega na površini betona mora biti konstantna in mora potekati brez vmesne izsušitve in ponovnega močenja.

Tabela 10: Minimalni čas za izvedbo nege betona glede na konstrukcijski element

Delež končne trdnosti	Konstrukcijski element	Stopnja izpostavljenosti	Najkrajši čas nege betona, prikazan v dnevih v odvisnosti od razvoja trdnosti betona		
			hiter $r \geq 0.5$	srednji $0.5 > r \geq 0.3$	počasen $0.3 > r \geq 0.15$
0.35 f_c	Stene in stropne plošče blokov	$T \geq 25$	1	1.5	2.5
		$25 > T \geq 15$	1	2.5	5
		$15 > T \geq 10$	1.5	4	8
		$10 > T \geq 5^1$	2	5	11
0.5 f_c	Stopnišča, stene, stebri, nosilci in plošča nad kletjo	$T \geq 25$	1.5	2.5	3.5
		$25 > T \geq 15$	2	4	7
		$15 > T \geq 10$	2.5	7	12
		$10 > T \geq 5^1$	3.5	9	19
0.7 f_c	Uvozna rampa	$T \geq 25$	3	5	6
		$25 > T \geq 15$	5	9	12
		$15 > T \geq 10$	7	13	27
		$10 > T \geq 5^1$	9	18	30

Tabela 10 prikazuje minimalne čase za izvedbo nege betona glede na konstrukcijski element. Nega betona je v tabeli prikazana po dnevih. Pri $T < 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ se čas nege betona podaljša za čas, ko so bile temperature $< 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

4.2.5 Zahteve za izvajanje betonskih konstrukcij

Za izvajanje betonskih konstrukcij so zahtevani osnovni kriteriji kakovosti betona, in sicer: trdnostni razred betona mora biti C30/37 oziroma C25/30 in ob uporabi minimalne količine dodane vode mora biti vgradljivost betona dobra in nesegregabilnost svežega betona. Pri izvajanju betonskih konstrukcij se bo uporabljalo jeklo za armiranje, in sicer zahtevana je rebrasta armatura B 500 (B). Na stopniščih se bo izdelala kvaliteta vidnega betona po razredu VB3, medtem ko se bodo opažene betonske površine izdelale po kvaliteti vidnega betona razreda VB2.

4.2.6 *Zahtevan opaž za beton*

V standardu SIST EN 636:2004 za vezane plošče in specifikacije so podani materiali za oblogo opaža, zahteve in sestavo opaža, za posamezne vrste vezanih plošč opaža in za pridobitev gladkih površin opaža. Dokler betonski element ne doseže zahtevane oblike in trdnosti, mora opaž zagotavljati zahtevano obliko le-tega. Opažna konstrukcija ne sme poškodovati površin vidnih betonov in mora biti dovolj toga ter mora prenesti predvidljivo obtežbo, da so tolerance zgradbe dosežene. Zaradi slabe izvedbe opažnih konstrukcij se ne smejo povzročiti poškodbe mladega betona zaradi deformacije med in po betoniranju konstrukcijskih elementov. Opaž prav tako ne sme iz betona vpijati prekomerne količine izparjene in atmosferske vode. Armaturo ali površino opaža in betona ne smejo poškodovati pritrdilni deli in opažno olje. Na kvaliteto betonske površine, barvo ali teksturo betona prav tako ne sme vplivati opažno olje. V standardu za izvajanje betonskih konstrukcij SIST EN 13670 piše, da morajo biti dno in stranice opaža ustrezno očiščeni in morajo biti brez žčnikov, ledu in prahu.

Za gradnjo večstanovanjskega objekta na gradbišču v Mariboru bo glavni izvajalec za gradbena dela uporabljal opažni sistem od proizvajalca Peri.

Kot je zapisano v projektu betona, bo pri postavitvi opažnih sistemov na gradbišču moral izvajalec posvetiti posebno pozornost pri naslednjih fazah dela:

- paziti bo moral na dovoljene pritiske svežega betona in hitrost betoniranja konstrukcijskih elementov;
- upoštevati bo moral gladkosti opaža;
- za opažne stranice bo moral izvajalec uporabiti primerno opažno olje, ki ne bo poškodovalo armature, betona ali betonske površine s puščanjem madežev;
- kjer so predpisane trikotne letvice, jih mora vgraditi;
- na stikih opažev mora izvajalec preprečiti iztekanje cementnega mleka;
- izvajalec mora upoštevati navodila od proizvajalca opaža pri montaži opaža;
- kot je prikazano v zgornji tabeli, mora izvajalec upoštevati predpisane čase za razopaževanje posameznih konstrukcijskih elementov.



Slika 7: Postavitev opaža na AB steno večstanovanjskega objekta

Vir: (Lastni vir)

4.2.7 Izdelava betonskih površin v vidnem betonu

Kot sem že napisal v prejšnjem poglavju, ki govori o zahtevah za izvajanje betonskih konstrukcij, se bodo betonske površine po projektu betona na vseh stopniščih v večstanovanjskem objektu izdelale v vidnem betonu razreda VB3. Po standardu za vidne betone razreda VB3, ki se imenuje SIST EN 13670:2010/A101:2010, so zahtevane betonske površine brez eflorescence in mikro razpok na površinskem sloju, brez izcedkov, brez segregacije in krušenja robov betonskih elementov. Po kriteriju C(3) je dovoljeno barvno odstopanje betona. Tekstura in zračne luknjice na betonski površini so dovoljene po kriteriju T(3). Po standardu SIST-TP CEN/TR 15739 je ravnost betonske površine definirana po kriteriju P(3).

To pomeni, da je lahko ravninsko odstopanje največ 2 mm pod 200 mm ravnilom oziroma 5 mm pod 2 m letvijo. Od površine betona mora biti opazovalec oddaljen najmanj 5 m. Pri oddaljenosti opazovalca 5 m v stran od betonske površine ne sme biti opažena napaka na površini, ki je večja od 15 cm². Po kriteriju T(3), ki določa dovoljena odstopanja pri teksturi betona in zračnih luknjicah, je lahko največja globina luknjice 2 mm, medtem ko pa je lahko največja površina luknjice 0,3 cm². Največ 2 % celotne skupne površine betona je lahko luknjastega. Po kriteriju C(3), ki določa barvno odstopanje betonske površine, se lahko razlika betonske površine razlikuje za 2 odtenka.

V projektu betona piše, da so za večstanovanjski objekt v Mariboru vsi ostali konstrukcijski elementi izdelani v vidnem betonu razreda VB2. Po standardu za vidne betone razreda VB2, ki

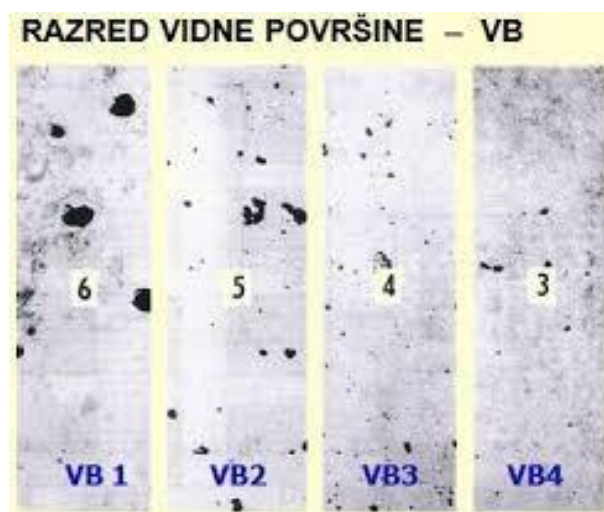
se imenuje SIST EN 13670:2010/A101:2010, so zahtevane betonske površine brez izcedkov, brez segregacije in krušenja robov betonskih elementov. Po kriteriju T(2) se določajo odstopanja za zračne luknjice in teksturo betona. Po standardu SIST-TP CEN/TR 15739 je ravnost betonske površine definirana po kriteriju P(2). To pomeni, da je lahko ravninsko odstopanje največ 3 mm pod 200 mm ravnilom oziroma 8 mm pod 2 m letvijo. Najmanj 5 m mora biti oddaljen opazovalec od betonske površine. Od celotne betonske površine lahko znaša koncentracija por v skupinah 5 %. Po kriteriju T(2), ki določa dovoljena odstopanja pri teksturi betona in zračnih luknjicah, je lahko največja globina luknjice 3 mm, medtem ko pa je lahko največja površina luknjice 1,5 cm². Največ 3 % celotne skupne površine betona je lahko luknjastega področja.

Na oblogi gladkega opaža so dopustna naslednja odstopanja:

- ostanki betona v utorih in poškodbe opaža zaradi vibratorja niso dovoljene;
- v opažu morajo biti vsi preboji zatesnjeni;
- na oblogi gladkega opaža so dovoljeni manjši ostanki cementne koprene, manjše praske in luknje v opažu zaradi žičnikov.

Na spodnji sliki so prikazani razredi vidne površine betona od VB1 do VB4. Na sliki je razvidno, da je razred vidne betonske površine VB4 izveden na najvišjem kakovostnem nivoju, VB1 pa na najnižjem.

Za različne razrede vidne površine betona so prikazane koncentracije zračnih por (Zajc, in drugi, 2017).



Slika 8: Razred vidne betonske površine – VB

Vir: (Lastni vir)

4.2.8 Načrt kontrole kakovosti betona na gradbišču

Z zahtevami standarda SIST EN 13670:2010/A 101:2010 je usklajena kontrola kakovosti betona, ki zajema vse konstrukcijske elemente iz armiranega betona. Kontrola kakovosti betona zajema naslednje postopke:

- Homogenost mešanice in vizuelno preverjanje enakomernosti betonske mešanice za vsako dostavljeno količino betona na gradbišče.
- Za vsako dostavljeno količino je treba v aeriranem betonu preveriti vsebnost zraka v svežem betonu.
- Po standardu SIST EN 12350-2 je treba za sveže dobavljeni beton izmeriti konsistenco za vsako prvo dostavljeno količino betona na gradbišče in če se ob dobavljenem betonu za vgradnjo pojavijo dvomi o primernosti konsistence le-tega. Za izdelavo preskušancev se mora prav tako izmeriti konsistenca svežega betona.
- Za vsako dostavljeno količino betona na gradbišče je treba narediti vizuelno kontrolo konsistence dobavljenega betona.
- Za vsako dostavljeno količino betona je treba preveriti temperaturo betona in zraka.

Glede na zahtevane kriterije kakovosti iz zgornje tabele, ki prikazuje zahteve za beton, se za preskus lastnosti strjenega betona pripravijo kalupni preskušanci hkrati z vgradnjo svežega betona. V skladu s standardom SIST EN 12350-1 je treba jemati vzorce betona za izdelavo preskušancev. V skladu s standardom SIST EN 12390-2 je treba preskušance izdelati in negovati. Kot je navedeno v spodnji preglednici, ki prikazuje minimalni plan odvzema betonskih preskušancev, se mora pripraviti vsaj tako število preskušancev za vsak konstrukcijski element, kot je napisano v preglednici.

Po standardu SIST 1026:2016, Dodatek B oziroma SIST EN 206:2013, se mora izdelati poročilo na osnovi ugotovljenih rezultatov preskusov o doseženi kakovosti vgrajenega betona v konstrukcijo.

Tabela 11: Minimalni plan odvzema betonskih preskušancev

Zaporedna številka	Konstruktivski element	Količina betona	Minimalni trdnostni razred betona	Oznaka recepture betona	Število vzorcev za TT
1	Temeljna plošča	2000	C30/37	R4022Č	12
2	Slopi/stebri garaže in kleti		C30/37	R4016Č	
3	Plošče nad kletmi in garažo	850	C30/37	R4022Č	8
4	Stene garaže in kleti	460	C30/37	R4016Č	4
5	Stropne plošče blokov		C25/30	R3016Č	
6	Nosilci v ploščah nad garažo		C30/37	R4016Č	
7	Stopnišča		C25/30	R3016Č	
8	Uvozna rampa		C30/37	-	
9	Stene v blokih		C25/30	R3016Č	

4.2.9 Projekt betona za temeljno ploščo

Za večstanovanjski objekt v Mariboru je bil projekt betona za temeljno betonsko ploščo posebej izdelan. Izdelal ga je enak izdelovalec projekta betona kot za ostale konstrukcijske elemente večstanovanjskega objekta. Vsebina naslovne strani elaborata je skoraj enaka oziroma zelo podobna. Izdelovalec projekta betona je v kazalu vsebine pri določenih poglavjih nekatere vsebine dodal in jih bom v nadaljevanju tudi napisal. Prav tako je v kazalu vsebine elaborata projekta betona dodal naslednja poglavja:

- načrt betoniranja; betoniranje pri nizkih temperaturah v zimskem času in preračun temeljne plošče glede na širino razpoke 0,2 mm.

4.2.9.1 Opis konstrukcije objekta in splošni podatki o objektu

Kot sem že omenil, se večstanovanjski objekt nahaja na enem izmed gradbišč v Mariboru. Sama konstrukcija večstanovanjskega objekta spada v 2. izvedbeni razred po standardu SIST EN 13670:2010/oA101 in SIST EN 13670:2010. V tem projektu betona je zajeta le klasično

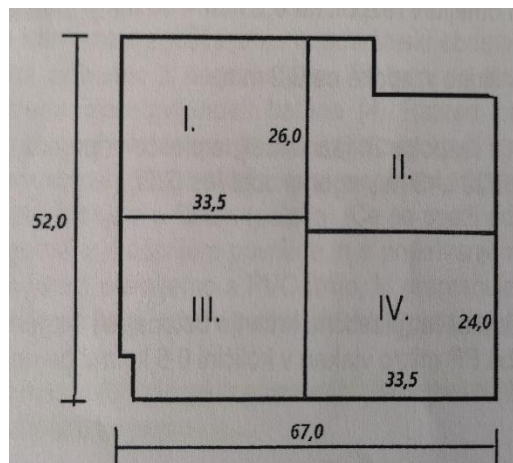
armirana betonska temeljna plošča, ki znaša dimenzije 52 x 67 m in debeline 60 cm. Okrog 2000 m³ bo znašala skupna količina vgrajenega betona.

4.2.9.2 Zahteve za izvajanje betonskih konstrukcij

Osnovni kriteriji za kakovost betona so pri izvedbi armirano betonske temeljne plošče enaki kot za ostale konstrukcijske elemente. Izdelovalec projekta betona je v tem poglavju dopisal, da se bo površina temeljne plošče enostavno obdelala. Površina le-te se bo strojno zagladila.

4.2.9.3 Načrt betoniranja

Na spodnji sliki je prikazan načrt betoniranja temeljne plošče za večstanovanjski objekt v Mariboru. Izvedba betonaže temeljne plošče bo potekala v 4 izvedbenih fazah.



Slika 9: Načrt betoniranja temeljne plošče

Vir: (Lastni vir)



Slika 10: AB temeljna plošča kleti

Vir: (Lastni vir)

4.2.9.4 Preračun temeljne plošče glede na širino razpoke 0,2 mm

Zaradi odtekanja hidratacijske toplote je treba narediti izračun zgodnjih nateznih napetosti.

Vhodni podatki:

Dolžina talne plošče = 33,5 m

Širina talne plošče = 26 m

Debelina talne plošče = 0,60 m

Zaščitni sloj betona = 5 cm

Predvidena armatura = Q785 + $\phi 8/30$ cm (9,53 cm²/m) spodaj in zgoraj

Trdnostni razred betona = C30/37

Trenje s podlago = 0,70 (enoslojna PE folija)

Max. debelina razpoke = 0,2 mm

Izračun:

Minimalna armatura za omejitev razpok (Meyer G., Meyer R., Rissbreitenbeschränkung nach DIN 1045) = 7,14 cm²/m – **ustreza**

Napetost v jeklu zaradi reoloških deformacij (glede na izbrano armaturo Q785 + $\phi 8/30$ cm) = 200 N/mm²

Največji dovoljeni premer armaturnih palic za omejitev razpok na 0,20 mm = 10 mm – **ustreza**

Izračun končnih napetosti v temeljni plošči zaradi krčenja betona:

Vhodni podatki

Dolžina talne plošče = 33,5 m

Širina talne plošče = 26 m

Debelina talne plošče = 0,70 m

Zaščitni sloj betona = 5 cm

Predvidena armatura = Q785 + $\phi 8/30$ cm (9,53 cm²/m) spodaj in zgoraj

Trdnostni razred betona = C30/37

Trenje s podlago = 0,70 (enoslojna PE folija)

Max. debelina razpoke = 0,2 mm

Izračun:

Minimalna armatura za omejitev razpok (Meyer G., Meyer R., Rissbreitenbeschränkung nach DIN 1045) = 7,82 cm²/m – **ustreza**

Napetost v jeklu zaradi reoloških deformacij (glede na izbrano armaturo Q785 + $\phi 8/30$ cm) = 102 N/mm²

Največji dovoljeni premer armaturnih palic za omejitev razpok na 0,2 mm = 36 mm – **ustreza**

Predvidena armatura je primerna za omejitev širine razpoke na 0,2 mm.

V 2. fazi temeljne plošče se poleg navedene armature za preprečevanje razpok priporoča vgradnja dodane diagonalne armature 10 fi 10/20 L = 3 m v zgornji coni (os G/2f).

Zaradi plastičnega krčenja betona se v izogib razpokanju zgornje površine temeljne plošče priporoča uporaba PP mikro vlaken v količini 0,6kg/m³ v zgornjem sloju betona debeline 20 cm.

4.2.9.5 Izvedba betonskih konstrukcijskih elementov

V projektu betona piše, da so zahteve za podlago podložnega betona za večstanovanjski objekt v Mariboru naslednje: na razdalji 4 cm je dovoljeno ravninsko odstopanje ≤ 2 cm.

Ločilni sloj med temeljno ploščo in podlago

Do deformacij armiranobetonske talne plošče prihaja predvsem zaradi spreminjanja temperatur med strjevanjem betona in obratovanjem. Do pojava razpok pa lahko pride, če so deformacije zaradi prevelikega trenja s podlago onemogočene. Omejiti je treba koeficient trenja s podlago na max. 0,7 in predvideno debelino razpoke na največ 0,2 mm ter predvideno armaturo za

izvedbo temeljne plošče. PE folija bo prevzela funkcijo ločilnega sloja med podlago in temeljno ploščo.

Za graditev večstanovanjskega objekta na gradbišču v Mariboru se bo uporabljal beton, ki ima črpno konsistenco S4 in s ciljnim posedom $S = 160$ mm. Le-ta se bo vgrajeval v opaže od proizvajalca Peri. S politiko kakovosti podjetja je definirana maksimalna starost opažev. Kot je razvidno na sliki 2, se bo zaradi reoloških omejitev konstrukcijski element armirano betonske talne plošče izvajal v 4 izvedbenih fazah. Posamezna faza se bo izvajala v dveh slojih, in sicer spodnji sloj bo debeline 40 cm, zgornji sloj pa 20 cm. Časovni zamik lahko znaša največ 4 ure med betoniranjem spodnjega in zgornjega sloja. Med fazami betoniranja armirano betonske plošče se bo izvedel stik s »Streckmetalom.« Predvsem od zunanje temperature je odvisno razopazevanje konstrukcijskih elementov. Šele takrat, ko se beton dovolj strdi, se lahko prične odstranjevanje opažnih elementov brez krušenja in treslajev.

Nega betona mora potekati po istem principu kot pri že zgoraj omenjenih konstrukcijskih elementih v poglavju 3.2.4.2 (Izvedba betonskih konstrukcijskih elementov). Razen pri temeljni plošči, ki spada pod masivne konstrukcijske elemente, je treba pred hitrim ohlajanjem zaščititi strjujoči se beton.

Tabela 12: Minimalni časi nege betona glede na konstrukcijski element, prikazani v dneh

Delež končne trdnosti	Konstrukcijski element	Stopnja izpostavljenosti	Najkrajši čas nege betona (dni) v odvisnosti od razvoja trdnosti betona		
			Hiter $r \geq 0.5$	Srednji $0.5 > r \geq 0.3$	Počasen $0.3 > r \geq 0.15$
0.7 f_c	Temeljna plošča	$T \geq 25$	3	5	6
		$25 > T \geq 15$	5	9	12
		$15 > T \geq 10$	7	13	27
		$10 > T \geq 5^1$	9	18	30

Pri $T < 5$ °C se čas nege betona podaljša za čas, ko so bile temperature < 5 °C.

4.2.9.6 Betoniranje pri nizkih temperaturah v zimskem času

V projektu betona za večstanovanjski objekt v Mariboru je zapisano, da ko je povprečna dnevna temperatura > 4 °C in hkrati nižja od 10 °C več kot 12 ur v dnevu in če to poteka več kot 3 dni zaporedoma, se na gradbišču odvija betoniranje v hladnem vremenu. Kadar se na gradbišču

odvija betoniranje pri nizkih temperaturah, mora biti na gradbišču prisotna vsa oprema za zaščito svežega betona.

V hladnem vremenu na gradbišču mora priprava površin za betoniranje vključevati naslednje:

- za linijske elemente, kot so nosilci in stebri, še posebej velja, da je potrebno izoliranje opažev;
- pred betoniranjem je treba očistiti ostanke ledu in snega iz armature;
- na gradbišču je treba preprečiti prepih z ustreznim zapiranjem odprtih površin;
- po potrebi se na gradbišču pripravijo prenosni grelci.

Še preden beton doseže zadostno trdnost, se lahko pojavi nevarnost zmrzovanja betona pri betoniranju pri nizkih temperaturah. Prav zato mora imeti beton višjo začetno temperaturo pri zelo nizkih zunanjih temperaturah.

Tabela 13: Priporočena minimalna temperatura betona v času dostave po standardu SIST 1026

Dnevne temperature	Minimalna temperatura
Nad $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$	$5\text{ }^{\circ}\text{C}$
Pod $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$	$10\text{ }^{\circ}\text{C}$

Do zaključka nege betona se mora vzdrževati temperatura opažev, ki so v stiku z svežim betonom oziroma površine svežega betona, in sicer prve 3 dni nad $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ in nad $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ vse nadaljnje dni do zaključka le-tega. Kot je razvidno iz tabele 4, se čas nege betona sorazmerno podaljša, saj je z nižjo temperaturo naraščanje trdnosti betona počasnejše kot pri betonu z višjo temperaturo.

4.3 Upravljanje tveganja pri spremljanju betona na gradbišču večstanovanjskega objekta v Mariboru

V sodobnem gradbeništvu se vsi udeleženci vsak dan srečujejo z raznoraznimi tveganji, ki so prisotna pri opravljanju različnih del na gradbišču. Pred pričetkom vsakega projekta se mora najprej vsak investitor vprašati, ali se bodo stanovanja ali hiše prodale na določeni lokaciji, ali je gradnja na tej lokaciji sploh izvedljiva in ali bo investitor sploh dobil gradbeno dovoljenje za parcelo. Na podlagi raziskave trga in spremljanja konkurenčnih cen, ki se pojavljajo na trgu za nepremičnine za novogradnje in povpraševanju za nakup nepremičnin, se investitor odloči, ali bo investirjal svoje premoženje v projekt ali ne. Če raziskava trga ni dovolj kvalitetno izvedena, lahko dobi investitor napačno informacijo glede povpraševanja po stanovanjih, kar pomeni, da

je povpraševanje na trgu dejansko nižje, kot pa je pokazala raziskava. Pri tem se pojavi vprašanje, kdaj in po kakšni ceni bo lahko investitor sploh stanovanje na trgu prodal. Prav tako bo moral investitor spustiti ceno stanovanja, če ga bo zaradi slabe kupne moči želel prodati. Na koncu je boljše, da investitor proda stanovanje z manjšim dobičkom, kot pa da ostane to stanovanje samo strošek investitorju. Riziko za investitorja prav tako predstavlja previsoka cena za kupce stanovanj, ki si jih ne morejo privoščiti. V takšnem primeru poiščejo boljšo ponudbo in kupijo stanovanje pri konkurenčnem podjetju. S previsoko ceno stanovanj investitor prav tako tvega, da kupec za stanovanje ne bo dobil kredita z dovolj ugodno obrestno mero ali bo le-ta za kupca nedostopen.

Ob nakupu stanovanja višjega cenovnega razreda, ki je nadstandardno in v katerem so vgrajeni zelo kvalitetni materiali, se za kupca pojavi tveganje v obliki finančnih zmožnosti, saj se zaradi trenutnega stanja v gospodarstvu pojavi tveganje v primeru, da kupec stanovanja postane brezposeln in pri tem se zmanjša njegova zmožnost odplačevanja njegove mesečne anuitete. Če kupec stanovanja več ni zmožen odplačevati, ga je prisiljen prodati po nižji ceni, kot ga je kupil, da ga bo lahko čim prej prodal.

Če investitor nima dovolj svojih sredstev in gre za večji projekt, kot je recimo gradnja večstanovanjskega objekta s skupno kletno garažo, se mora dogovoriti za ugoden kredit pri banki, ki je finančno stabilna. Za odobritev kredita s strani banke mora investitor na banki predstaviti celoten projekt po fazah izvedbe in predložiti terminski plan izvedbe. Investitor mora prav tako narediti finančno konstrukcijo in porazdeliti sredstva po fazah izvedbe projekta. Pred odobritvijo posojila za investitorja se mora banka zavarovati, da bodo vsa denarna sredstva res namenjena za izvedbo in graditev večstanovanjskega objekta.

Kontrolo porabljenih sredstev za projekt tako s strani banke preverja super nadzor, ki na terenu preverja dejansko stanje gradbišča in porabljenih sredstev. Pri odobritvi posojila investitorju za projekt so vsekakor prisotna velika tveganja s strani banke. Prav tako so prisotna velika tveganja s strani investitorja, če le-ta stanovanj ne bo mogel prodati in banki vrniti sredstev, ki so bila namenjena za izgradnjo večstanovanjskega objekta v Mariboru. Prav tako investitor ne bo mogel plačati glavnega izvajalca za graditev objekta in vseh podizvajalcev, s katerimi je investitor podpisal pogodbo.

Velik finančni problem lahko tudi nastane za investitorja in vse izvajalce, če gre za projekt, ki bo trajal več let. V nekaj letih se lahko cene na trgu povečajo zaradi inflacije za gradbene

materiale, kot so na primer: cement, pesek, bitumenski premaz, bitumenski trakovi, opeka ipd. Zaradi višjih cen gradbenih materialov na trgu se lahko investicija projekta precej podraži. Če betonarna zaradi razmer na trgu poviša ceno betona, lahko le-ta zelo vpliva na finančno konstrukcijo celotnega projekta. Na to mora izvajalec pomisliti, preden podpiše pogodbo z investitorjem, saj lahko v nasprotnem primeru posluje z izgubo. Zaradi takšnih razmer na trgu so izvajalci in podizvajalci prisiljeni povečati cene objektov, ker so tudi dobavitelji povečali cene gradbenih materialov. Pri zvišanju cen materialov in posledično tudi storitev za opravljanje gradbenih del pri investitorju tvegajo izvajalci in podizvajalci, saj lahko zaradi tega investitor z njimi prekine pogodbo in preneha sodelovati.

Pri tem investitor prav tako tvega, če gleda samo na ceno izvedbe in ne na kvaliteto izvedbe, ki jo lahko zagotovi samo dober izvajalec ali podizvajalec, ki je na gradbenem trgu uveljavljen in priznan že več let. Prav zato je pomembno, da se investitor in glavni izvajalec za graditev objekta pred podpisom pogodbe o sodelovanju dogovorita za ceno izvedbe vseh gradbenih del, ki je realna in sprejemljiva za oba. To se naredi na podlagi popisa del z normativi porabe posameznih materialov. Popis del opravi pooblaščen inženir. Pri izbiri glavnega izvajalca za izvedbo grobih gradbenih del in vseh podizvajalcev za zaključna gradbena dela investitor tvega, da le-ti ne bodo opravili vseh del v zadanem terminskem planu in dogovorjenih rokih. Pri tem lahko tveganja investitor zmanjša tako, da se v pogodbi ovrednotijo stroški zamudnih penalov kot zamud na gradbišču. Na tak način se mora investitor zaščititi, saj lahko v nasprotnem primeru zaradi zamud na gradbišču stranke odstopijo od kupnine stanovanja.

Pred pričetkom izvajanja del na gradbišču izvajalec prav tako veliko tvega z izbiro podizvajalcev, ki bodo za njega opravili zaključna dela v gradbeništvu in jih ne pozna dobro. Posledično lahko pride do dodatnih stroškov izvedbe, ki jih mora plačati izvajalec, če podizvajalci niso opravili vseh del v skladu s projektom in navodili izvajalca. Če pride do tega, je lahko izvajalec na veliki finančni izgubi, saj mora sam pokriti nepredvidene dodatne stroške in eventuelno poiskati drugega podizvajalca, ki bo odpravil vse nepravilnosti.

Ko investitor izbere primerne izvajalca za graditev večstanovanjskega objekta, lahko zmanjša tveganja, ki se pojavijo pri izvedbi betonerskih del tako, da naroči betonarni izdelavo projekta betona. Projekt betona lahko izdelata samo pooblaščen inženir ali arhitekt. Z izdelanim projektom betona investitor preda navodila izvedbe betonerskih del izvajalcu, ki se jih mora pri izvedbi le-teh na gradbišču strogo držati v skladu s projektom. Projekt betona za večstanovanjski objekt v Mariboru zajema naslednja poglavja:

- opis konstrukcije in splošni podatki o objektu,
- organizacija izvajanja betonskih konstrukcij; proizvodnja betona, transport in vgrajevanje betona,
- zahtevana armatura,
- načrt betoniranja; betoniranje pri visokih temperaturah v poletnem času, izvedba betonskih konstrukcijskih elementov,
- zahteve za izvedbo betonskih konstrukcij,
- zahtevan opaz za beton,
- izdelava betonskih površin v vidnem betonu.

Izvajalec mora pri izvajanju betonskih del zagotoviti, da bodo le-ta izvedena kvalitetno in v dogovorjenem terminskem planu. Izvajalec mora za doseženo kvaliteto betona uporabiti opazne elemente, ki so predvideni po projektu betona. V projektu betona piše, da mora izvajalec po končanih betonskih delih poskrbeti za ustrezno nego betona, ki je odvisna od vremenskih razmer in zelo vpliva na kvaliteto betona.

Izvajalec prav tako tvega, da bo dela opravil kvalitetno in v dogovorjenem terminskem planu, če nima ustrezno kvalificiranih delavcev in primerne težke gradbene mehanizacije. Če so delovni stroji na gradbišču prestari, lahko pride zaradi okvar do zastojev in posledično do dodatnih stroškov za izvajalca na gradbišču. V sodobnem gradbeništvu se pri izvajanju del pojavijo tveganja za izvajalce in podizvajalce, če dela izvajajo prehitro in pri tem nastane vprašljiva kvaliteta vgrajenih materialov.

To se zgodi predvsem takrat, kadar izvajalec ali podizvajalec izvaja dela po nizki ceni ali zamuja z deli po terminskem planu. Da ne bi plačal zamudnih penalov, izvaja dela prehitro in nekvalitetno. Na podlagi tega prihaja na gradbiščih do nepotrebnih reklamacij in na koncu lahko izvajalec del posluje z izgubo, saj mora zaradi slabe izvedbe plačati strošek sanacije. Pri tem prav tako tvegata nadzornik in vodja del. Nadzornik odgovarja za ustreznost vseh vgrajenih materialov, ki so po projektu predpisani za večstanovanjski objekt, saj zaradi neustreznosti letih lahko pride na tehničnem pregledu objekta do velikih problemov in v povezavi z njimi do nepotrebnih dodatnih stroškov. V projektu betona piše, da je za kontrolo dostavljene količine betona na gradbišče, izpolnjevanje obrazca za tekočo kontrolo na gradbišču in izvajanje betonskih del na gradbišču odgovoren vodja del.

Investitor mora skleniti pogodbo z izvajalci in podizvajalci tako, da se zaščitijo interesi vseh udeležencev. Pri tem je treba natančno definirati obveznosti posameznih udeležencev tako, da se zagotovi dokončanje in predaja objektov v dogovorjenih rokih, ustrezni kakovosti in okviru finančne konstrukcije.

5 SKLEP

V diplomskem delu, ki temelji predvsem na projektu betona za večstanovanjski objekt v Mariboru, sem predstavil njegove sestavne dele in jih tudi podrobneje opisal. Za omenjeno gradbišče sem prav tako opisal tudi način organizacije dela po zastavljenem projektu betona. Ugotovil sem, da je prišlo do odstopanj pri projektu betona v teoriji in praksi.

V prvi hipotezi sem predpostavljal, da je projekt betona narejen v skladu s predpisi. Skozi pisanje diplomskega dela sem tako ugotovil, da to drži, saj vsebuje osnovne zahteve, ki so predpisane na specifikaciji za projektiran beton. Projekt betona za večstanovanjski objekt v Mariboru vsebuje stopnje izpostavljenosti betona, razred vsebnosti kloridov, nazivno velikost največjega zrna agregata, razred tlačne trdnosti, stopnjo konsistence in zahteve po skladnosti s tem standardom, ki se imenuje SIST EN 206-1. Na podlagi pridobljenih informacij za projekt betona za večstanovanjski objekt v Mariboru lahko v celoti potrdim prvo hipotezo (H1).

V drugi hipotezi sem predpostavljal, da je za vgradnjo betona na gradbišču odgovoren vodja gradbišča. V projektu betona piše, da je na omenjenem gradbišču, kjer se gradi večstanovanjski objekt v Mariboru, za kontrolo dostavljene količine betona na gradbišče, izpolnjevanje obrazca za tekočo kontrolo na gradbišču in izvajanje betonskih del na gradbišču odgovoren vodja del. S strani izvajalca pa vodi kontrolo kakovosti vgrajenega betona delovodja, ki ga je pooblastil vodja del. Na podlagi 3. člena Gradbenega zakona sem ugotovil, da odgovornost za skladnost del, ki so izvedena v skladu s projektno dokumentacijo, odgovarja izvajalcu del vodja del, ki je fizična oseba. To pomeni, da vodja del prav tako odgovarja za kontrolo kakovosti vgrajenega betona na gradbišču, čeprav je delovodja pooblaščen s strani vodje del, da vodi kontrolo kakovosti vgrajenega betona na gradbišču. Na podlagi pridobljenih informacij moram drugo hipotezo (H2) tako v celoti zavrniti.

Pri tretji hipotezi (H3) sem ugotovil, da je kvaliteta betona odvisna od načina vgrajevanja betona, nege betona in od kvalitete opaža. Ugotovil sem, da je način vgrajevanja betona in zgoščanje betona z vibratorjem, dokler se le-ta ne strdi, ključnega pomena.

Kot je zapisano v projektu betona, je izvajalec na gradbišču prav tako izvajal vizualni pregled betona pri vsaki dostavljeni količini le-tega na gradbišče. Pri izvajanju betonskih del vlečenje oziroma metanje vibratorja po betonu ni dovoljeno, saj je vsak beton nagnjen k posedanju in pri tem lahko pride do razpok zaradi nezadostne zgostitve betona na določenem mestu in kasneje posledično do izgube tlačne trdnosti betona. Nega betona je prav tako zelo pomembna

pri kvaliteti betona. Na omenjenem gradbišču, kjer gradimo večstanovanjski objekt, smo izvajali ustrezno nego betona, kot je zapisano v projektu betona. Nego betona smo izvajali tako, da smo celotno betonsko površino namočili in prekrili s filcem, da je le-ta zadržala zadostno vlago v betonu. Betonska površina je bila konstantno namočena in se med izvajanjem nege betona vmes ni izsušila. Nego betona smo na gradbišču po končanem betoniranju izvajali zato, da smo zagotovili večjo kvaliteto površinskega sloja betona in preprečili razpoke zaradi prehitrega sušenja.

Pri opazovanju izvajalca, ki je postavljal opazne konstrukcije na gradbišču v Mariboru, sem ugotovil, da je pravilna postavitev opaznih elementov zelo pomembna, ker je od tega predvsem odvisen izgled površinskega sloja betonskega elementa. Na izgled površinskega sloja betona prav tako vplivajo ustrezno očiščene stranice opaža in ustrezno opažno olje. Le-to ne sme vplivati na barvo, teksturo in kvaliteto betonske površine. Menim, da mora izvajalec za izvajanje kvalitete vidnih betonskih elementov uporabljati takšen opažni sistem, ki je primeren za doseganje določenega razreda vidnega betona, in upoštevati predvsem navodila proizvajalca opažnega sistema pri postavitvi na gradbišču. Izvajalec, ki je na našem gradbišču izvajal betonska dela, se je držal navodil proizvajalca pri montaži opaža in navodil, ki so zapisana v projektu betona.

Na podlagi zbranih informacij lahko v celoti potrdim tretjo hipotezo (H3), saj je kvaliteta betona odvisna od načina vgrajevanja betona, nege betona in od kvalitete opaža. Pri načinu vgrajevanja betona z zadostnim zgoščanjem betona zagotovimo, da ne pride do razpok v betonu na določenih mestih, kjer se pojavijo različne debeline konstrukcijskih elementov in pri armaturnih palicah. Prav tako zagotovimo, da konstrukcijski element doseže predpisano tlačno trdnost. Z ustrezno nego betona zagotovimo zahtevano kvaliteto površinskega sloja betona in preprečimo nastajanje razpok. Z ustreznim opažnim sistemom pa zagotovimo kvaliteten zunanji videz betonskega elementa, ki je zahtevan po projektu betona. Menim, da morajo biti za ustrezno izvedbo vseh konstrukcijskih elementov na gradbišču izpolnjeni vsi trije pogoji, ki sem si jih zadal v tretji hipotezi, saj lahko le na takšen način zagotovimo zahtevano kvaliteto posameznih konstrukcijskih elementov, ki so zahtevani po projektu betona.

6 VIRI IN LITERATURA

Chapman, P., & Glennon, C. (2017). *Foundations & Concrete Work*. Newtown: The Taunton Press.

Gradbeni zakon. (1. junij 2018). Pridobljeno 20. junij 2020 iz Pravno-informacijski sistem: <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=ZAKO7108>

Grum, B., Čebular, U., Kavčič, F., Šušteršič, J., Gerbec, B., Leskovar, I., . . . Dobnikar, V. (2004). *Sanacije betonskih objektov*. Ljubljana: I2.

Kavčič, F., Cotič, Z., Prebil, D., Ipavec, A., Jereb, V., Bokan Bosiljkov, V., & Šajna, A. (Maj 2018). *Priročnik za beton - Načrtovanje in proizvodnja betona*. Ljubljana, Slovenija: ZBS Združenje za beton Slovenije.

Saje, D. (10. 2 2015). Tehnologija betona. Ljubljana, Slovenija. Pridobljeno 29. 6 2020 iz http://fgg-web.fgg.uni-lj.si/KMLK/Drago/IPiMK/IPiMK_2015_2016/2015_10_02_0003_Tehnologija_betona_TEO_RIJA.pdf

Slovenski standard, Beton – Specifikacija, lastnosti, proizvodnja in skladnost. (2016). Bruselj: CEN-CENELEC.

SSKJ. (2015). Pridobljeno januar 2020 iz Slovar slovenskega knjižnega jezika: <https://fran.si/iskanje?View=1&Query=beton+&hs=1>

Zajc, A. (2016). *Betoni visokih trdnosti*. Ljubljana: IRMA Inštitut za raziskavo materialov in aplikacije Ljubljana . Pridobljeno 21. junij 2020

Zajc, A., Šušteršič, J., Bernik, M., Leskovar, I., Dobnikar, V., & Narobe, G. (2017). *Opaži betonskih konstrukcij*. Ljubljana: IRMA inštitut za raziskavo materialov in aplikacije Ljubljana.

Žarnić, R. (2005). *Lastnosti gradiv*. Ljubljana: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo katedra za preskušanje materialov in konstrukcij.

Žitnik, D., Žitnik, J., Berdajs, A., Slak, T., Gruden, T., Vratuša, S., . . . Galonja, S. (2012). *Gradbeniški priročnik, peta, dopolnjena izdaja*. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije.