



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIKAN JA LIIKENTEEN ALA

VESITIIVIINBETONIN VA- LUTEKNIikka

TEKIJÄ/T: Markus Seppänen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Rakennustekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä(t) Markus Seppänen			
Työn nimi Vesitiiviinbetonin valutekniikka			
Päiväys	5.11.2017	Sivumäärä/Liitteet	30
Ohjaaja(t) Juha Pakarinen, Matti Ylikärppä			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Lapra Oy, Kari Lappalainen			
Tiivistelmä			
<p>Tämän opinnäytetyön aiheena on tutkia vesitiiviin betonin valutekniikkaa, siihen vaikuttavia ilmiöitä ja seurauksia. Tutkimuksesta saatujen tietojen perusteella Lapra Oy voi kehittää toimintaansa vesitiiveissä betonivaluissa ja lisätä työntekijöiden tietämystä asiasta.</p> <p>Tutkimustyön taustojen kerääminen aloitettiin työmaalla perehtyen siellä esiintyviin ongelmiin ja kohteisiin, joissa havaittiin tietämättömyyttä tai epäröintiä. Lisäksi työn sisältö käytiin läpi ohjaavan opettajan Juha Pakarisen ja Lapra Oy:n omistajan Kari Lappalaisen kanssa. Opinnäytetyöhön otettiin käytännönläheinen lähestymistapa ja työstä pyrittiin tekemään helposti ymmärrettävä. Tietoa haettiin Betoniyhdistyksen tuottamasta kirjallisuudesta ja jo valmistuneista opinnäytetöistä.</p> <p>Suurin vaikutus betonin vesitiiveyteen on käytettävällä betonimassalla. Toimen merkittävä tekijä on betonin jälkihoito. Tutkimuksesta saatujen tietojen perusteella Lapra Oy pystyy kehittämään toimintaansa vesitiiveissä betonivaluissa ja jatkaa tutkimuksen laajentamista työmaalta saatavalla tietämyksellä. Tulosten avulla yrityksen henkilöstön tietämys vesitiiveistä betonivaluista laajenee ja lisäksi helpottaa työnjohtoa kiinnittämään huomiota oikeisiin seikkoihin, jotta toteutus ja laatu ovat kilpailevia rakennusliikkeitä paremmalla tasolla.</p>			
Avainsanat Betoni, vesitiivis, valutekniikka, betonointi			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Construction Engineering			
Author(s) Markus Seppänen			
Title of Thesis Casting Technique of Watertight Concrete			
Date	5 November, 2017	Pages/Appendices	30
Supervisor(s) Mr Juha Pakarinen, Lecturer and Mr Matti Ylikärppä, Lecturer			
Client Organisation /Partners Lapra Oy, Kari Lappalainen			
<p>Abstract</p> <p>The aim of this final year project was to research the casting technology of waterproof concrete and the effects on it and its consequences. Poor casting technique makes the concrete structure weak. Based on the results of this research, Lapra Oy will be able to develop its operations in waterproof concrete casting technology and to increase the know-how of their employees in this field.</p> <p>First, background information for the reseach was collected on the building site, focusing on appering problems and targets, where unawareness and hesitation was detected. This project was done by using a practical approach to make the work easy to understand. The material for this project was collected in the literature published by Betoniyhdistys as well as in other theses in the same field of study.</p> <p>The research showed that the type of concrete that was used has the greatest impact on finished products. Another significant factor on the perfect result is curing of concrete. Based on this research Lapra Oy is able to develop its operations in waterproof concrete casting technology and widen this research further in the future by using the information gathered from the site. The results will increase the know-how of workers and also help the supervisors to focus on crucial matters in order to be able to keep the implementation and quality of work on a better level than the competitors have.</p>			
Keywords concrete, watertight, casting technology, concreting			

ESIPUHE

Tämä opinnäytetyö tehtiin Lapra Oy:lle vesitiiviin betonin valutekniikasta. Haluan kiittää opinnäytetyöni ohjaajaa lehtori Juha Pakarista Savonia ammattikorkeakoulusta, Lapra Oy:n omistajaa Kari Lappalaista, Lapra Oy:n Insinööriä Henri Savolaista, sekä läheisiäni, jotka ovat tukeneet työni edistymistä.

Kuopiossa 5.11.2017

Markus Seppänen

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	7
1.1	Työn tavoite	7
1.2	Työn rajaus	7
1.3	Tausta	7
1.4	Lyhenteet ja määritelmät	8
1.5	Yhteistyökumppanit ja tekijänoikeuksien haltijat tai muut tahot	8
2	TEORIA	9
3	TUTKIMUSMENETELMÄT	10
4	VESITIIVIS BETONI	11
5	VALUTEKNIikka	12
5.1	Muottityöt	12
5.1.1	Muottijärjestelmät	12
5.1.2	Muottijärjestelmän valinta	12
5.2	Rauditus	13
5.3	Betonin valu	14
5.3.1	Tiivistäminen	14
5.3.2	Liippaus	15
5.3.3	Hierro	15
6	KUORMITUKSET JA JÄNNITYKSET	16
6.1	Muottipaine	16
6.2	Muotin purkulujuus	20
6.3	Puristuslujuus	21
6.4	Vetolujuus	21
7	HALKEILU	22
7.1	HALKEILUTYYPIT	22
7.2	KORROOSION ETENEMINEN	23
7.3	KORROOSION SEURAUKSET	25
8	JÄLKIHOITO	26
8.1	Suojaaminen	26
8.2	Jälkihoito talviolosuhteissa	26
9	SAUMAT	27

9.1	TYÖSAUMAT.....	27
9.2	LÄPIVIENNIT.....	29
10	YHTEENVETO.....	30
11	LÄHTEET.....	31

1 JOHDANTO

Betoni ja sen valutekniikka kehittyvät jatkuvasti. Betonia on aloitettu käyttämään entistä haastavemmissa kohteissa ja se on aiheuttanut lisää haasteita suunnittelijoille ja betonin valamisen oikeaoppisen valamisen merkitys on kasvanut.

1.1 Työn tavoite

Työn tavoitteena on tutkia, miten tehdään paras vesitiivis betonivalu. Tarkoituksena on selvittää, mitkä tekijät vaikuttavat betonin vesitiivyyteen, esimerkiksi betonin resepti, betonin tiivistäminen ja betonin valun nousunopeus. Kaikilla näillä tekijöillä on suuri vaikutus, valun onnistumiseen ja betonin elinkaareen.

1.2 Työn rajaus

Työssä tutkitaan ainoastaan paikallavalettuja betonirakenteita, jotka ovat vesitiiviitä. Työssä perehdytään oikean betonin valintaan ja tutkitaan oikeaoppista valutekniikkaa, jolla päästään hyvään lopputulokseen. Lisäksi tutkitaan muotteja ja niiden jäykistämisen tarvetta valun onnistumisen kannalta. Työssä otetaan kantaa muottitöihin, betonin reseptiin, valun nousunopeuteen, tiivistykseen ja jälkihoitoon.

Työssä ei tutkita betonipintojen vesieristämistä eikä oteta kantaa betonin korjausrakentamiseen. Lisäksi työstä on rajattu pois jännitetyt ja elementti betonirakenteet

1.3 Tausta

Rakentamisen kehittyessä normaalia erikoisempien rakenneratkaisuiden rooli kasvaa yhä merkittävämmäksi. Vesitiiviiden betonivalujen lisääntyessä tietämystä niiden oikeaoppisesta toteuttamisesta on liian vähän. Suunnittelijalta vaaditaan paljon ammattitaitoa ja kokemusta vesitiiviiden betonivalujen toteuttamisessa. Hyvien suunnitelmien lisäksi työmaalla tulee olla pätevä työporukka vesitiiviiden betonivalujen onnistumisen varmistamiseksi. Työmaamestareilla ja insinööreillä on nykyään melko hyvä tietämys valun toteutuksesta, mutta yötä tekevillä ihmisillä on vielä puutteita siinä.

Betonivalujen virheet ja kosteusvauriot ovat lisääntyneet rakentamisen vauhdin ja vaatavuuden kasvaessa. Lisää vaikeutta tuo valujen erillaisuus, yksikään valu ei ole enää samanlainen kuin mitä edellinen. Tämä vaatii saumatonta yhteistyötä suunnittelijoiden ja työmaan välillä, jotta pääsy hyvään lopputulokseen on mahdollista.

Tässä työssä ei käsitellä betonirakenteista aiheutuneita vaurioita tai työvirheitä. Työn tarkoitus on etsiä keinot, joilla vesitiivis valu on mahdollista toteuttaa onnistuneesti ja työn avulla jalkauttaa tietoa työtä tekeville organisaatiolle.

1.4 Lyhenteet ja määritelmät

Vesitiivisbetoni = Betoni katsotaan vedenpitäväksi, jos standardin SFS-EN 12390-8 mukaisesti testattu paineellisen veden tunkeutumasyvyys on enintään 100 mm.

Valutekniikka = Betonin valamiseen liittyvä toteutustapa ja toteutus tekniikka.

Betonointi = Betonin valaminen

Kuormitus = Rakenteeseen kohdistettava paino tai rasitus joka aiheuttaa rakenteeseen kuormaa.

Jännitys = Rakenteeseen kuorman aiheuttama, jossa esimerkiksi vetoteräs tanko joutuu jännitykseen kuorman aiheuttaman tangon venymän takia.

Korroosio = Korroosio on ympäristön epäpuhtauksien aiheuttamaa. Korroosiossa vahingoittuva aine liikenee tai muuten reagoi epäpuhtauksien kanssa. Esimerkiksi teräsbetonirakenteen raudoituksen ruostuminen, jos se altistuu epäpuhtauksille.

Muott i= Betonirakenteen valamiseen käytettävä, valmis tai rakennettava umpinainen rakenne joka pitää valetun betonin muodossaan kovettumiseen saakka.

Muottipaine = Valetun betonin aiheuttama paine muottia vasten.

Vibra = Betonin tiivistämiseen käytettävä kone.

Teräsbetoni = Betoni rakenne, jonka sisällä on rauditus. Betoni sitoo raudituksen osaksi rakennetta ja rauditus ottaa vastaan kuormituksia tehden betonirakenteesta kestävämmän.

Valu = Vastaa sanaa betnointi tai betonivalu. Käytetään puhekielessä.

Nousunopeus = Valettavan betonimassan paksuuden kasvun nopeus muotin sisällä. Ilmoitetaan millimetreissä.

Rakennesuunnittelija = Suunnittelee ja mitoittaa rakennuksen rakenteet ja asettaa niille vaatimukset, jotka toteutetaan rakennusvaiheessa. Rakennesuunnittelijoille on pätevyysluokitukset, jotka määräytyvät kohteen haastavuuden mukaan.

1.5 Yhteistyökumppanit ja tekijänoikeuksien haltijat tai muut tahot

Lappalainen, Kari. Yrittäjä. Lapra Oy. Siilinjärvi.

2 TEORIA

Betoni on keinotekoinen kivi. Betonin muodostaa sementti ja sen reaktio veden kanssa. Sementin ja veden lisäksi betoniin tarvitaan runkoaines. Runkoaineina käytetään yleensä soraa tai murskattua kalliota. Betonirakenteita on raudoittamattomia ja raudoitettuja. Raudoitetut betoni rakenteet ovat yleisempiä niiden paremman kestävyysansioon.

Raudoitus sitoo betonirakennetta poistamalla siitä vetojännitykset. Betoni puolestaan kestää hyvin puristusrasitusta.

Betonirakenteet jaetaan suunnittelun ja työnjohdon pätevyyden perusteella kolmeen rakenneluokkaan 1...3 "betonynormien by 50" kohdan 1.1 mukaisesti (Betoniteknikanoppikirja 2004 by201). Vaativin luokka on 1. Sitä käytetään haastavissa kohteissa, esimerkiksi jännitetyissä rakenteissa. Betoni luokitellaan sen puristuslujuuden perusteella 5 MPa:n välein. Esimerkiksi K10, K15, K20...K100. On olemassa myös korkealujuus betoneita. Lujuuden tulee olla yli K60, jotta betoniluokitellaan korkealujuus betoniksi.

3 TUTKIMUSMENETELMÄT

Kyseessä on klavitatiivinen tutkimus eli laadullinen tutkimus. Tässä tutkimuksessa tutkitaan vesitiiviin betonin valutekniikkaa ja siihen liittyviä ilmiöitä. Tutkimuksen tavoitteena on saada syvämpi käsitys aiheesta ja mitkä ilmiöt ovat suurimassa roolissa valun onnistumisen kannalta. Tutkimus tuloksena syntyy selkeä pohdinta valutekniikkaan vaikuttavista ilmiöistä, jotta tulevaisuudessa opinnäytetyötä voidaan käyttää nostamaan vesitiiviin betonivalun laadullista lopputulosta.

4 VESITIIVIS BETONI

Betoni katsotaan vedenpitäväksi, jos standardin SFS-EN 12390-8 mukaisesti testattu paineellisen veden tunkeutumasyvyys on enintään 100 mm. Koekappale on kuormitettuna 72-tuntia 500kPa veden paineella. Mikäli vedentunkeutumis syvyys on alle 100mm, 72-tunnin jälkeen betoni voidaan todeta vedenpitäväksi. Vesitiiviiseen betoniin sekoitetaan veden imeytymistä vähentäviä aineita. Lisäaineilla saadaan tehtyä betonista tarvittavan notkeaa. Lisäksi betoni- tehtaalla pitää tietää betonin lujuus. Vesitiiviit rakenteet sijaitsevat usein ulkona ja ovat säälle alttiita. Tällöin tehtaalta tulee tilata säänkestävää betonia, joka suojahuokostensa ansiosta ei lähde rapeutumaan pakkasella. Tällöin betoni säilyttää vesitiiveytensä myös haastavissa olosuhteissa.

Betonissa olevat kapilaarihuokokset heikentävät betonin kykyä pitää vesitiiveytensä. Tästä syystä kapilaarihuokosten määrää pyritään pienentämään vesitiiveissä betonirakenteissa. Vesi-sementti suhteella pystytään vaikuttamaan kapilaarihuokosten syntymiseen. Vesi-sementti suhteen lähestyessä 0,4 kapilaarihuokosia ei esiinny juuri ollenkaan. Kapilaarihuokokset voidaan pyrkiä poistamaan rakenteesta, mutta käytännössä se ei ole mahdollista. Betonirakenne on aina huokoinen ja sieltä löytyy aina kapilaarihuokosia, jotka ovat yhteydessä toisiinsa. Betonin valu vaiheessa on oltava tarkka tiivistyksen kanssa, jotta ylimääräinen ilma pääsee rakenteesta pois ja betoni tiivistyy täydellisesti. Valun nousunopeus saa olla enintään 250mm tunnissa. Betonin vesitiiveyden tärkein vaihe on betonin jälkihoito. Jälkihoidon on onnistuttava, jotta pinnan halkeilu on mahdollisimman pientä. Mikäli jälkihoito epäonnistuu, betoniin pääsee tunkeutumaan vettä ja epäpuhtauksia. Lisää valutekniikasta kappaleessa 5.

5 VALUTEKNIikka

5.1 Muottityöt

Muotit voidaan jakaa vaaka- ja pystymuotteihin. Muotteja voidaan valmistaa puusta, alumiinista, teräksestä ja lujitemuovista. Pienissä valuissa on tehokasta käyttää joko vaneri- tai lautamuotteja. Mikäli valettavan betonin määrä on suuri ja rakenteissa on paljon toistuvuutta, on tehokasta käyttää muottijärjestelmää. Käytettiinpä työmaalla kappaletavarasta tehtävää muottia tai muottijärjestelmää, työn vaiheet pysyvät samoina. Muottien pinnan puhtaudella on suuri vaikutus valunpinnan onnistumiseen. Mikäli muoteissa on kolhuja tai pintaan on jäänyt kiinni likaa tai roskia, niin ne näkyvät valmiissa betonipinnassa välittömästi.

5.1.1 Muottijärjestelmät

Muottijärjestelmiä on olemassa monenlaisia ja monen merkkisiä. Pystyrakenteille on omat järjestelmät, kuten myös vaakarakenteille ja pilareille sekä palkeille. Pystyjärjestelmille on olemassa esimerkiksi paikalla tehdyt lauta- ja vanerimuottijärjestelmät, suurmuotti, kasettimuotit ja järjestelmämuotit. Pilareiden muotitukseen voidaan käyttää kasettimuotteja, teräsmuotteja tai paikalla tehtyjä sahatavaramuotteja. Vaakarakenteita voidaan tehdä lauta- ja levymuottijärjestelmällä, kuten pystyrakenteitakin. Lisäksi vaakarakenteita voidaan muotittaa pöytämuotilla, kannatinpalkkijärjestelmällä sekä vakiopalkit- ja muottilevyt järjestelmällä.

Paikalla tehdyt muotit on aina karkeasti mitoitettava. kts. 6.1

5.1.2 Muottijärjestelmän valinta

Vesitiivitä betonivaluja tehtäessä on oltava tarkka muottijärjestelmän valinnassa. Muotin tulee kestää muotin tarkka huolellinen vibraus, joka nostaa valupainetta muotin sisällä. Ennen töiden aloitusta on tarkasti suunniteltava muottijärjestelmä. Muottien kasaus- ja purkunopeuksissa on eroja. Muottijärjestelmää valittaessa kannattaa ottaa huomioon valutyön laatuvaatimukset, aikataulu ja se, kuinka paljon valettavia kuutoita on. Kun muottijärjestelmä on valittu, tehdään muottisuunnitelma. Muottisuunnitelmalla varmistetaan muottijärjestelmän sopivuus työkohteeseen. Muottisuunnitelmasta saadaan myös laskettua muottitarvikkeiden menekit. Muottisuunnitelman pohjalta voidaan tilata tarvittavat tarvikkeet työmaalle. Muottijärjestelmän saapuessa työmaalle muottien kasaus voidaan aloittaa muottisuunnitelman mukaisesti.

5.2 Raudoitus

Betonirakenteita on raudoitettava niiden lujuuden kasvattamiseksi. Mikäli betoniin kohdistuu kuormia, niin esimerkiksi betonipalkissa on palkin oltava raudoitettu. Raudoitus ottaa vastaan kuormia ja estää betonin halkeilun. Mikäli raudoitus ei ole riittävä, alkaa betonin rakenne halkeilla ja pahimmassa tapauksessa menee poikki. Raudat sijoitetaan rakenteen vetopuolelle. Vaakaan sijoitettavien rautojen lisäksi rakenteessa on hakaraudoitus. Haat estävät pitkittäissuunnassa kulkevien rautojen nyrjähtämistä. Haat ovat yleensä hieman ohuempaa harjaterästä, esimerkiksi vetoteräksien ollessa T12 on haat T8. Yleisimmät harjateräskoot ovat 8,10 mm ja 12 mm. Vesitiiviit betonivalut ovat tiheimmin raudoitettuja kuin normaalit rakenteet. Halkeilu on minimoitava, jotta betoni säilyttää vesitiivytensä.



KUVA 1. Raudoitettu seinämuotti (Seppänen Toukokuu 2017)

5.3 Betonin valu

Kun rakenne on raudoitettu ja muotitettu on rakenne valettava betonilla. Betonointi suoritetaan maksimissaan 0,3...0,5 metrin kerroksina. Valun nousunopeus riippuu betonista ja sen notkeudesta. Erityisvaatimuksia aiheuttaa esimerkiksi vesitiiveys vaatimus, jolloin nousunopeutta on laskettava 0,3m.

Betonia ei saa puottaa muottiin yli metrin korkeudelta. Korkea pudotusmatka aiheuttaa massan erottumista, jolloin painavampi aines painuu muotin pohjalle ja hieno aine jää valettavan kerroksen pintaan. Korkeissa valuissa on tehtävä raudoitukseen tilaa esimerkiksi 0,8 m:n välein, jotta pumppuau-ton letku saadaan laskettua riittävän syväälle.

Kun kerrosta valetaan, tulisi valun tapahtua liukuvasti. Letkun tulisi olla koko ajan pienessä liikkeessä eteenpäin, jotta kerrosvahvuudet eivät kasva liian suuriksi. Letkulla ei saa myöskään valaa kasoja etenemissuuntaan nähden. Valun tulisi onnistua saumattomasti, kuten liukuhihna toimii.

5.3.1 Tiivistäminen

Betonin tiivistäminen tapahtuu täryttämällä. Täryttämiseen käytetään yleensä sauvatäryä, jonka halkaisija on 50mm. Tärytys on tarkkaa, jotta valetut kerrokset saadaan tiivistettyä tarkasti ja hieman sotkettua keskenään.

Täryttämisen tulisi tapahtua noin 20 cm:n välein, antaen sauvatäryn pudota omalla painollaan valuun. Täryn kärjen tulisi upota aikaisempaan valettuun kerrokseen 10 cm. Painumaa on helppo seurata, kun täryttimen varteen on esimerkiksi teipillä tehty 10 cm:n välein merkit. Täryttämisen tulisi säilyä samana koko ajan, jotta betonista tulee tasalaatuista. Täryn painumat eivät saisi vaihdella tärytyksen edetessä.

Täryllä ei saa myöskään siirtää valettua massaa, koska täry siirtää raskaat ainekset sivuille ja jättää keskelle vain hienoaineen.

Mikäli betonin tiivistys laiminlyödään tai tehdään huonosti, on siitä seurauksena betoniin syntyvät rotankolot eli ilmataskut. Lisäksi betonin huokoisuus kasvaa ja sen lujuus heikentyy. Betoni ei myöskään pääse täysin kiinnittymään teräksiin, jolloin työsaumojen laatu laskee. Huonoimmassa tapauksessa peräkäin valetut osat ovat irrallaan toisistaan.

5.3.2 Liippaus

Laattoja valettaessa valu on liipattava. Yleensä laattoihin tehdään kallistuksia viemäreille, jotka toteutetaan liippaamalla. Liippaaminen on raskasta käsityötä, joka toteutetaan linjarilla. Linjari on yleensä pari metriä pitkä alumiininen lauta. Jotta kallistukset onnistuvat, käytetään yleensä laser-korko mittausjärjestelmää. Liippaus on tarkkaa touhua, jotta laattaa ei tarvitse hioa niin paljon tai jopa piikata valun kovettumisen jälkeen.

5.3.3 Hierto

Hierrolla tiivistetään betonin pintahuokokset ja samalla parannetaan betonin pinnan tiiveyttä, lujuutta ja kulutuksen kestävyttä. Yleensä valu on tehty puu- tai teräshiertopinnalle. Nykyään edellä mainituilla keinoilla ei tehdä kuin pieniä kohteita. Suurissa kohteissa käytetään suurempia hiertokoneita, joilla saadaan päivän työsaavutus moninkertaiseksi.



KUVA 2. Hiertokone (Renta Oy)

Laatan kulutuskestävyys perustuu sen pinnan onnistumiseen. Koneellisella hierrolla on saavutettu huomattavasti parempia tuloksia kulutuskestävyydessä verrattuna käsin hiertoon. Nykyään suurinosa laattavaluista hierretään koneellisesti juuri, parempien tuloksien ja työn tehokkuuden takia. Koneellinen hierto on ajallisesti moninkerroin tehokkaampaa, kuin käsinhierto.

6 KUORMITUKSET JA JÄNNITYKSET

6.1 Muottipaine

Betonin valutöiden alettua, valettu betoni synnyttää muotin sisälle painetta. Painava betonimassa kuormittaa muottia, pyrkien työntämään sitä ulospäin. Liian nopealla valunopeudella betonin raskaat ainekset painuvat muotin pohjalle nostaen muottipainetta entisestään ja aiheuttaen muotin alalaidan pettämisen. Yleisesti valujen nousunopeus on 0,6...0,8 m tunnissa. Mikäli valunopeutta kasvatetaan, on muottien kestävyyttäkin kasvatettava. Esimerkiksi paikalla tehdyissä muoteissa puutavaran pak-suutta on kasvatettava ja koolausta tihennettävä. Paikalla rakennettavat muotit on aina mitoitettava. Betonitekniikan oppikirja antaa karkeat mitoitusarvot tavanomaisille puutuotteille.

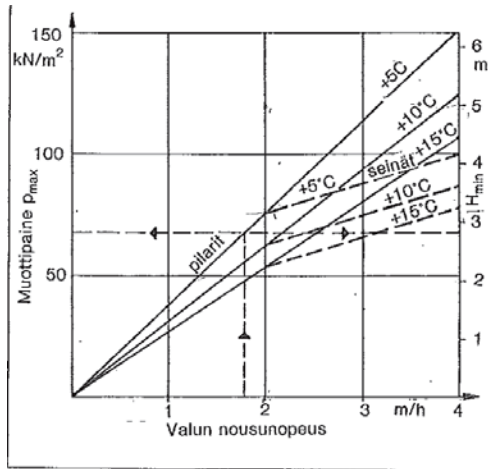
Koolaus	22x100...50x100mm	k 250...350
Niskat	50x100...150mm	k 600...1000
Tolpat	Halkaisija: 60mm	k 900...1200

(Betonitekniikan oppikirja 2004 By201 s.233)

Käytettäessä valmiita muottijärjestelmiä muottien tekniset tiedot on tarkkaan ilmoitettu ja käyttö on ohjeistettu. Valmiita muottijärjestelmiä ei tarvitse välttämättä mitoitaa uudelleen työmaalle, koska niistä on mahdollista löytää netistä mitoitettut arvot.

Valun aikana betonin tiivistämiseen käytettävät vibrat aiheuttavat lisää muottipainetta, koska ne tiivistävät betonin. Vibroilla on mahdollista kasvattaa muottipaine niin suureksi, että se rikkoo muotin. Vibraa on kuitenkin käytettävä riittävästi, jotta ylimääräinen ilma pääsee poistumaan valusta. Suurin merkitys muottipaineen kasvuun on käytettävästä betonimassasta ja sen notkeudesta.

Alla suuntaa antava kuva muottipaineen kehittymisestä.



Kuva 7.51 Tiivistettävässä täryttimillä valupaine aiheuttaa betonimassassa suunnilleen saman paineen kuin neste, jolla on sama tiheys. Kuvassa on esitetty valupaineen suurin arvo valunopeuden funktiona betonin eri lämpötiloissa. Jos rakenteen korkeus on pienempi kuin H_{min} , ei valupaine pääse täysin kehittymään vaan valupaine on laskeuttavissa kaavasta. $p = \rho h$, missä h = korkeus ja $\rho = 2,4 \text{ kg/dm}^3 / 13/$.

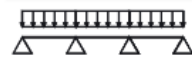
TAULUKKO 1. Savonia-amk ERN4120 (Teppo Houtsonen, 2017) [Kursssiaineisto]

Vanerikäsikirja antaa valmiita taulukoita, joissa ilmenee mitoitusarvot suomalaisille vanereille muotti-
toissa. Käytän esimerkkinä ohutviiluista havuvaneria:

Taulukko 4-45. Havuvaneri, ohutviiluisen

Tasainen kuorma kolmiaukkoisella laattakaistalla.
Pintaviilujen syiden suunta jännevälin suunnassa.

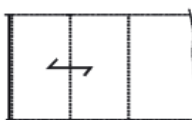
Jänneväli k/k mm	Nimellispaksuus (mm)															
	9		12		15		18		21		24		27		30	
	q	u	q	u	q	u	q	u	q	u	q	u	q	u	q	u
100	79 s	0.4	106 s	0.4	124 s	0.3	150 s	0.3	169 s	0.3	194 s	0.3	214 s	0.3	238 s	0.3
150	53 s	0.9	71 s	0.7	83 s	0.6	100 s	0.6	113 s	0.5	130 s	0.5	143 s	0.5	159 s	0.5
200	39 s	1.7	53 s	1.3	62 s	1.0	75 s	0.9	84 s	0.8	97 s	0.7	107 s	0.7	119 s	0.7
250	26 b	2.4	42 b	2.1	50 s	1.6	60 s	1.4	68 s	1.2	78 s	1.1	86 s	1.0	95 s	0.9
300	18 b	3.2	29 b	2.7	41 s	2.4	50 s	2.0	56 s	1.7	65 s	1.5	71 s	1.3	79 s	1.3
350	13 b	4.1	22 b	3.4	32 b	3.1	43 s	2.8	48 s	2.3	56 s	2.0	61 s	1.8	68 s	1.7
400	10 b	5.2	16 b	4.3	24 b	3.7	33 b	3.4	42 s	3.1	49 s	2.7	53 s	2.3	60 s	2.1
500	7 b	7.8	11 b	6.3	15 b	5.4	21 b	4.8	28 b	4.4	36 b	4.1	43 s	3.8	48 s	3.4
600	5 b	11.0	7 b	8.7	11 b	7.3	15 b	6.4	19 b	5.8	25 b	5.4	31 b	5.1	38 b	4.9



Kuorman aikaluokka lyhytaikainen

q:n yksikkönä kN/m^2

u:n yksikkönä mm



Käyttöluokka 3

$k_{mod} = 0.70$

$k_{def} = 0.40$

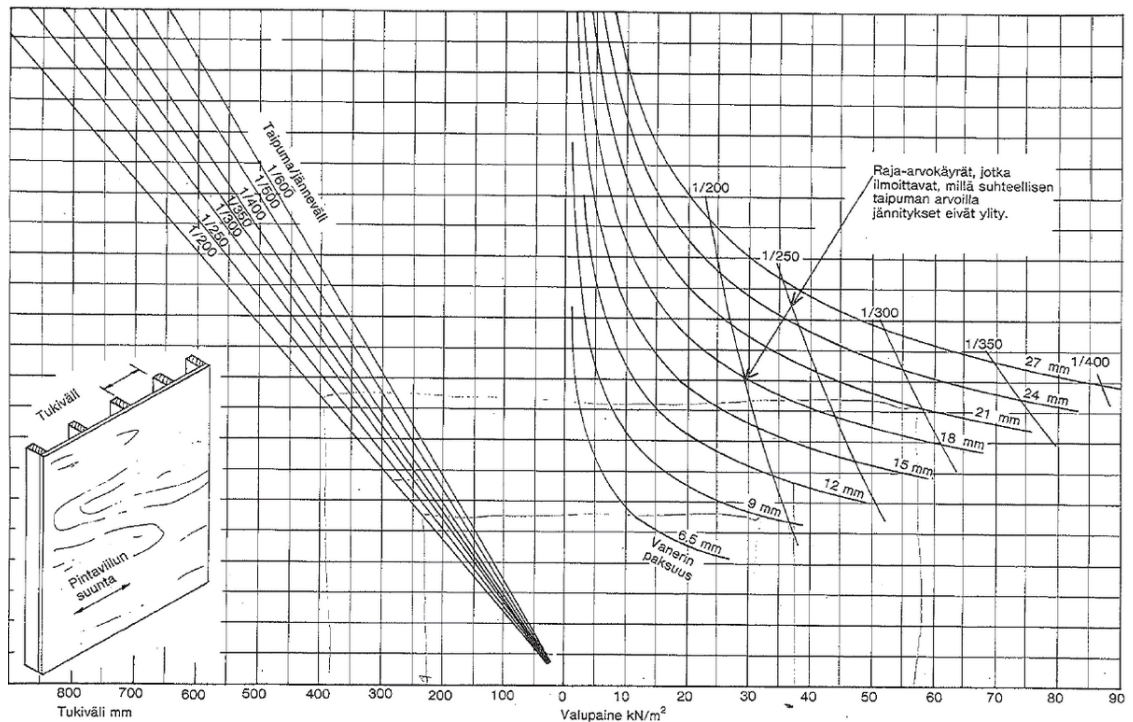
$\gamma_q = 1.2$

$\gamma_m = 1.3$

← pintaviilujen syiden suunta

TAULUKKO 2. Vanerikäsikirja (Lahti 2005, 57)

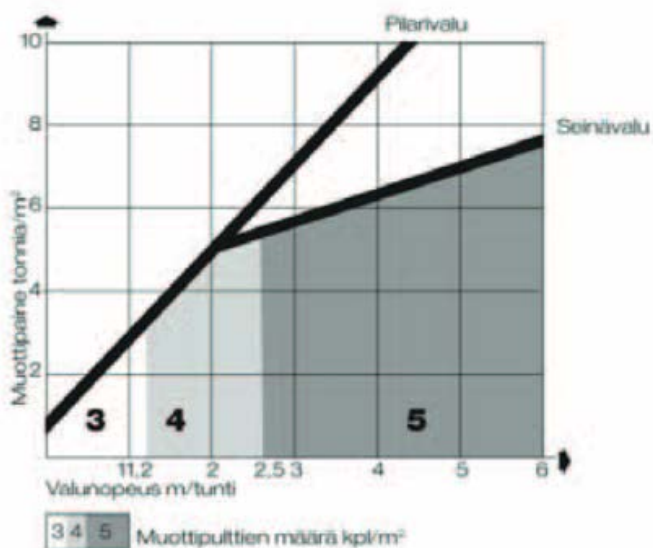
Toisena esimerkkinä muottivanerin mitoitukseen käytettävä taulukko.



TAULUKKO 3. Savonia-amk ERN4120 (Teppo Houtsonen, 2017) [Kurssiaineisto]

Taulukossa on tarkoitus valita muottipaine, josta nousee suoraan ylöspäin, jotta saadaan vanerin paksuus ja raja-arvot taipumalle. Vanerin valinnan jälkeen vedetään viiva vaakasuoraan vasemmalle, jotta saadaan taipuma / jänneväli. Tämän jälkeen vedetään viiva suoraan alaspäin, josta saadaan tukien väli millimetreissä.

Muotin muottipaineen kestoan vaikuttaa myös muottilukkojen määrä/m². Muottilukkoja valmistava Malthus on kuvastossaan ilmoittanut tarvittavan muottilukko määrän/m² kun tehdään pilari tai seinä valuja.



MALTHUS-muottivälikkeet valmistetaan 6 mm teräksestä (ST 80), jonka mitoitusvetolujuus on 14 kN (1400 kg). Murtolujuus >20 kN.

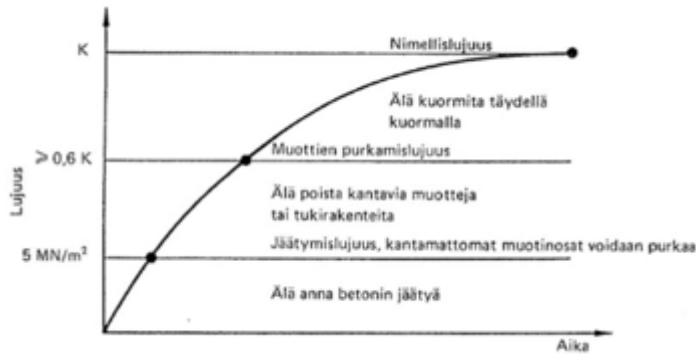
TAULUKKO 4. Malthus-muottivälikkeet (Okaria, 2017) [verkkoaineisto]

Jokainen muotti on suunniteltava tarkasti, koska kohteissa on aina omat erityispiirteensä. Erilaiset betonit muodostavat muottipainetta eri tavalla kuin toiset. Samalla on mitoitettava muotit suunnitellulle massalle. Muottien tekemiseen ei ole yhtä oikeaa tapaa. Yllä esitetyt taulukot antavat kuitenkin hyvän varmuuden muottien suunnitteluun ja muottipaineen määrittämiseen.

Työmaalla työnjohtajalla tulee olla hyvä käsitys oikeaoppisen muotin valmistuksesta ja käsitys siihen kohdistuvista kuormista ja tuennoista. Pätevä työnjohtaja voi tällöin vähentää muotin valmistus kuluja ja lisätä työn tehokkuutta, kun usein työmiehien asentamat varmistuksen varmistus tuet jäävät pois.

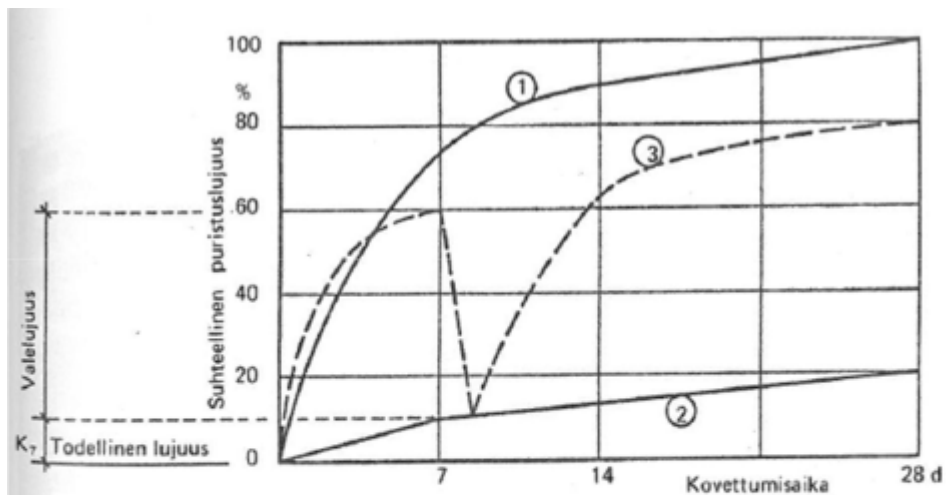
6.2 Muotin purkulujuus

Muottien purkulujuus on, kun rakenne saavuttaa 60% nimellislujuudesta. Lujuuden kehitykseen vaikuttavat: sääolosuhteet, betonin lämpötila ja käytetty betoni. Vaikka muotit voidaan purkaa, ei rakennetta saa vielä kuormittaa.



TAULUKKO 5. Betonitekniiikan oppikirja 2004 by201 (Jyväskylä, 2009, 347)

Betonin lujuuden kehitys pysähtyy, mikäli betoni pääsee jäätymään. Jäätyminen muodostaa betoniin vaelejuuutta, joka menetetään betonin sulaessa. Talvibetonoinnissa on tarkasti seurattava valun lämmönkehitystä, jotta betonin lujuuden kehitys on jatkuvaa. Kylmissä olosuhteissa käytetäänkin usein, valun sisään asennettavia lämmitys kaapeleita tai ulkoisia lämmittimiä.



Kuva 8.2 Jäätymisen vaikutus betonin K20 lujuudenkehitykseen erään tutkimuksen mukaan.

Käyrä 1: Säilytyslämpötila + 20 °C

Käyrä 2: Säilytyslämpötila - 8 °C

Käyrä 3: Säilytyslämpötila 7d - 8 °C, sitten + 20 °C (alussa on veden jäätyksen antamaa vaelejuuutta, joka häviää kun jää sulaa)

TAULUKKO 6. Betonitekniiikan oppikirja 2004 by201 (Jyväskylä, 2009, 345)

Muottien purkulujuus vaihtelee eri betonikoostumusten välillä. Betoninlujuuden kehitystä voidaan kuitenkin arvioida sadgroven menetelmällä. Sadgrove on Suomessa yleisesti käytetty ja riittävän tarkka lujuudenkehityksen arviointiin.

$$t_{20} = \left(\frac{T + 16 \text{ °C}}{36 \text{ °C}} \right)^2 \times t$$

missä T on betonin lämpötila aikana t [°C]
t on kovettumisaika [d].

TAULUKKO 7. Betonitekniiikan oppikirja 2004 by201 (Jyväskylä, 2009, 352)

6.3 Puristuslujuus

Betoni on tunnettu hyvästä puristuslujuudesta. Puristuslujuuden yksikkö on megapascal. 1 MPa = 1MN/m². Puristuslujuus mitataan puristuslujuuskokeilla. Kokeissa käytetään 150x150x150 mm kuutiota. Betonin lujuuden seuranta kuuluu betonitehtaille. Kuitenkin on hyvä muistaa, että betonin puristuslujuus vaihtelee riippuen sen muodosta. Samasta betonista valetussa testilieriössä puristuslujuus on jo selvästi pienempi mitä kuutiossa. Kuten myös valun alapinnassa betoni on hieman lujempaa verrattuna valun yläpintaan.

6.4 Vetolujuus

Betonin vetolujuus on huomattavasti pienempi, kuin puristuslujuus. Se on noin 1/10 puristuslujuudesta. Betonin vetolujuus saavutetaan raudoittamalla rakenne. Jos vetolujuus ylittyy rakenteessa, se ilmenee halkeamina. Teräsbetonirakenteessa halkeilu on normaalia, mutta suunnittelijan on tullut ottaa se jo suunnitteluvaiheessa huomioon. Mikäli halkeilua ei ole suunniteltu kuormitettuun rakenteeseen, se aiheuttaa sen lujuuden heikentymistä.

Vetolujuutta on vaikea määrittää, joten yleensä se toteutetaan taivutusvetolujuus- tai halkaisuvetolujuuskokeilla. Taivutus testataan käyttäen 100x100x500 mm:n palkkia ja halkaisu käyttäen koe-lieriötä tai kuutiota.

Halkaisuvetolujuus määritetään kaavasta:

$$f_{cts} = 2 P \div \pi D h$$

P = Halkaisukuorma

d = lieriön halkaisija

h = lieriön korkeus

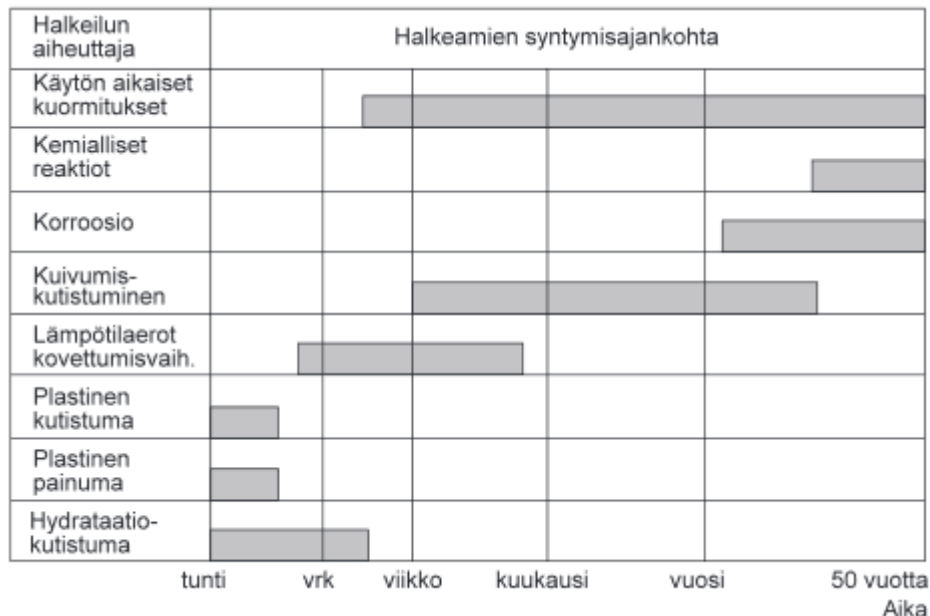
Betonin vetolujuuden arvo f_{ct} on noin 90% betonin vetolujuuden arvosta. ($f_{ct} = 0,9 f_{cts}$)

7 HALKEILU

Betoni altistuu helposti halkeilulle. Betonin halkeilua pyritään pienentämään ja ehkäisemään hyvällä ja tarkalla suunnittelulla. Kun betoni alkaa sitoutua, niin plastinen kutistuminen aiheuttaa betoniin halkeilua. Kun betonia rasitetaan, siihen syntyy halkeamia. Halkeilu on suurinta, kun betonin vetolujuus ylitetään. Halkeilu heikentää betonin laatua ja elinkaarta. Halkeamista epäpuhtaudet pääsevät tunkeutumaan syvemmälle betoniin aiheuttaen halkeilua ja korroosiota. Epäpuhtauksien päästessä kosketuksiin betonin raudoituksien kanssa, ne alkavat ruostua ja menettää lujuuttaan. Halkeamien kasvaessa ja kosteuden päästessä betonin sisään syvemmälle pakkanen muuttaa veden jääksi, joka laajetessaan rapauttaa betonin pintaa.

7.1 HALKEILUTYYPIT

Alla on esitetty betonin halkeilutyyppit ja niiden esiintymisajankohdat:



TAULUKKO 8. Betonirakenteiden kutistuminen ja halkeamien ehkäisy (Rakennustieto Oy)

Plastinen painuma pääsee syntymään, kun valun jälkeen jälkihoidon aloitusta lykätään tai betoni pääsee kuivumaan jostain muusta syystä liian nopeasti, esim. suora auringon paiste. Pääsyy plastiselle painumalle on liian nopea veden erottuminen.

Plastinen kutistuma syntyy, kun betonin pinta pääsee kuivumaan liian nopeasti. Liian nopeaan pinnan kuivumiseen vaikuttaa vallitseva sääolosuhteet ja jälkihoidon laiminlyönti.

Hydrataatiokutistuman pääaiheuttaja on rakenneosien välillä oleva lämpötilaero. Kutistumaa aiheuttavat myös rakenteen sisällä vallitsevat lämpötilaerot ja -vaihtelut.

Kuivumiskutistumaa aiheuttavat huono jälkihoito ja rakenteen väärä suunnittelu. Mikäli rakenteessa on estetty sen kutistuminen täysin, syntyy kutistumisesta johtuvaa halkeilua.

Korroosiota pääsee syntymään betonirakenteen vanhentuessa. Betonin pinta rapautuu ja vesi pääsee siten tunkeutumaan syvemmälle betoniin.

Kemialliset reaktiot alkavat käynnistyä, kun betoni vanhenee ja epäpuhtaudet pääsevät tunkeutumaan syvemmälle rakenteeseen. Esimerkiksi teollisuudessa betonin halkeillessa pääsevät halkeamista hapot ja muut epäpuhtaudet syövyttämään raudoitusta.

Betonirakenteet altistuvat kuormien aiheuttamille rasituksille elinkaarensa aikana. Nämä rasitukset synnyttävät rakenteeseen pieniä mikrohalkeamia. Betonirakenteen vanhentuessa halkeamat lisääntyvät ja alkavat kasvamaan.



KUVA 3. Betonin vaurioituminen (betoni.com, 2017)

Esimerkki, kun suojaava betonikerros on ollut liian ohut.

7.2 KORROOSION ETENEMINEN

Betonirakenteen raudoituksen korroosion alkaminen edellyttää, että happea pääsee kulkeutumaan riittävä määrä betonipeitteen läpi. Raudoituksen korroosiota voidaan ehkäistä riittävällä betonipeitteen paksuudella. Lisäksi hapen kulkeutumismopeuteen vaikuttaa betonin tiiveys. Kun hapen kulkeutuminen rakenteessa on minimoitu, myös korroosion eteneminen rakenteessa on hidasta.

Korroosionopeus on erillainen riippuen siitä, onko korroosion aiheuttajana kloridit vai karbonatsoitunutbetoni. Kloridien synnyttämä korroosio on nopeampaa kuin karbonatsoituneenbetonin. Kloridit aiheuttavat pistekorroosiota raudoitukseen ja samalla myös liuottavat rautaa.

Korroosio on pienintä, kun suhteellinen kosteus on alle 80% tai rakenne on vedenalainen. Suhteellisen kosteuden ollessa alle 80% betonirakenne on kuiva, jolloin rakenteen sisälle ei pääse muodostumaan kosteutta, joka kuljettaisi happea ja epäpuhtauksia rakenteen sisälle. Vedenalaisilla rakenteilla korroosion vaara on pieni, koska siellä ei ole happea. Vaikka rakenne kastuisi täysin ja säilyisi veden kyllästäjänä, on hapen puuttuessa korroosion riski hyvin pieni.

Raudoituksen korrosio on halkeamien kohdalta nopeinta, koska epäpuhtaudet kulkeutuvat raudalle halkeamaa myöten nopeiten. Betonirakenne korjaa myös itse halkeamiaan. Alle 0,3mm levyiset halkeamat korjautuvat nopeasti betonista liukeavista aineista ja korroosiosta syntyvistä tuotteista.

7.3 KORROOSION SEURAUKSET

Korroosio aiheuttaa rakenteeseen halkeamia. Raudan ruostuessa korroosiotuotteet kasvattavat raudan paksuuden nelinkertaiseksi. Raudan paksuuden kasvu synnyttää halkeamat. Halkeilun lisääntyessä epäpuhtaudet pääsevät nopeammin raudoitukseen, joka kiihdyttää korroosioprosessia. Kun betonin pintaan alkaa muodostua näkyviä vaurioita korroosiosta johtuen, on korroosion eteneminen jo pitkällä. Tämä ei kuitenkaan vielä välttämättä vaadi korjaavia toimenpiteitä. Mikäli rakenne on vetojännitetty ja siinä esiintyy korroosiovaurioita, on lujuuden heikkeneminen ensisijainen syy korjaustarpeeseen. Raudoituksen jännitys nopeuttaa korroosion etenemistä.

8 JÄLKIHOITO

Betonin jälkihoito on olennainen osa valuprosessia. Oikein toteutetulla jälkihoidolla betoni saavuttaa vaaditun loppulujuutensa ripeästi ja laadukkaasti. Jälkihoidon tarkoituksena on ylläpitää sementin ja veden reaktiossa syntyvää lämpöä ja rajoittaa kosteuden haihtumista rakenteesta, jotta betoni ei pääse kuivumaan liian nopeasti. Liian nopea kuivuminen aiheuttaa betoniin halkeamia, jotka heikentävät sen lujuutta ja lyhentävät käyttöikää.

8.1 Suojaaminen

Valettu rakenne suojataan valun jälkeen tuulelta, suoralta auringon paisteelta ja vedeltä. Suojauksen tulee olla tiivis, jotta rakenteesta ei pääse vapaasti haihtumaan vettä. Tiiviillä suojauksella myös varmistetaan, ettei tuuli pääse viilentämään betonin käymisreaktiota tai nopeasti pinnasta kuivattamaan rakennetta.

Rakenne on pidettävä kosteana. Suojaus estää vettä haihtumasta, mutta esimerkiksi kesähelteillä betonin kastelu on välttämätöntä laadukkaaseen lopputulokseen pääsemiseksi. Betonin lujuuden kehitys pysähtyy, mikäli se pääsee kuivumaan liian nopeasti. Kosteana pitämällä estetään myös betonin kutistumishalkeilu.

Valetun rakenteen suojaus tehdään välittömästi valun jälkeen ja kosteana pitäminen aloitetaan heti, kun rakenne sen kestää. Kosteanapidon pituus riippuu rakenteen koosta ja materiaalipaksuuksista. Suositeltava kosteana pitoaika on ainakin yksi viikko.

8.2 Jälkihoito talviolosuhteissa

Talviolosuhteissa betonin lämpötilan laskeminen alle -10°C , pysäyttää lujuuden kehitys reaktion. Täten valettu rakenne on huolellisesti suojattava, kuten kesällä. Lisäksi on seurattava betonin lämpötilaa ja kosteutta. Tarvittaessa on asennettava muottien ympärille lämmöneristeitä ja lämmittimiä. Lämmittimiä käytettäessä on seurattava, että lämpö jakautuu tasaisesti koko valetun betonirakenteen matkalle. Lämpötila ei myöskään saa kohota liian korkeaksi.

9 SAUMAT

9.1 TYÖSAUMAT

Betonoitavat alueet ovat yleensä niin suuria, että valu joudutaan toteuttamaan useassa osassa. Kun valu jaetaan useaan osaan, joudutaan tekemään työsaumoja. Työsaumat esitetään usein rakennepiirustuksissa. Mikäli niitä ei ole esitetty, on työnjohtajan otettava yhteys rakennesuunnittelijaan ja sovittava työsaumojen sijainneista. Työsaumojen oikea sijoittuminen on tärkeä osa onnistunutta betonivalua. Saumojen tulisi vastata muuta rakennetta mahdollisimman hyvin. Kun kyseessä on vesitiivisbetonivalu, on työsaumoja tehtäessä oltava erityisen tarkka. Tulee varmistua sauman tiiveydestä, jotta vesitiiveys toteutuu.

Normaaleissa betonivaluissa riittää, että työsauma on kohtisuora. Työsaumoja yleensä myös vahvistetaan tartuntateräksillä. Tartuntateräkset tulevat muotin läpi ja ne valetaan kiinni seuraavassa valuvaiheessa. Sauman tiiveyttä voidaan parantaa saumanauhalla tai saumalevyillä. Ne valetaan puoliksi kiinni edelliseen rakenteeseen ja valutyön jatkuessa valetaan kiinni toinen puoli. Tällöin saumasta tulee täysin tiivis.



KUVA 4. Pentaflex saumanauhajärjestelmä (Semtu Oy, 2017)

Esimerkki Semtu Oy:n Pentaflex saumanauha järjestelmästä laatan ja seinän työsaumassa.

Pentaflex järjestelmässä käytetään molemmin puolin pinnoitettua peltiä, joka kiinnitetään raudoitukseen Semtu Oy:n kiinnikkeillä noin metrin välein. Saumanauha asennetaan noin 30 mm valettavan betonin yläpinnasta. Tämä takaa noin 5 barin paineen kestävyys. Pentaflexin pinnasta poistetaan suojaavat kalvot juuri ennen valua.

Vesitiiveissä työsaumoissa käytetään usein myös injektointiletku -tekniikkaa. Saumaan asennetaan injektointiletku, joka valun jälkeen injektoidaan täyteen. Tällöin täyttynyt letku tekee työsaumasta täysin tiiviin.



KUVA 5. Injektointiletkujen limitys (koester-bauchemie.com, 2017)

Letku kiinnitetään noin 200 mm:n välein tulevaan työsaumaan kiinnikkein. Letkua suositellaan asennettavaksi maksimissaan 10 metrin pätkissä. Tällöin injektoinnin hallitseminen ja onnistuminen ovat parempaa. Injektointiletkut limitetään rakenteessa noin 50 mm:n verran jatkoskohdassa. Injektointiletkut suositellaan asennettavaksi 75 mm rakenteen reunasta painehäviön poistamiseksi.



KUVA 6. Injektointiletkun täyttö (Muottikolmio.fi, 2017)

Esimerkki muottikolmion asennusohjeesta.

Letkujen päät suositellaan asennettavaksi asennusrasian sisään. Asennusrasiasta on helppo aloittaa injektointi. Lisäksi valmistajat suosittelevat letkujen päiden olevan erivärisiä, jotta on helppo erottaa injektoinnin sisä- ja ulostuloaukot. Asennusrasiat helpottavat injektointia, koska letkut ovat helposti saatavilla. Asennusrasiaan saadaan letkujen päät myös piiloon rasian kannen taakse, mikäli rakenne jää näkyviin.

9.2 LÄPIVIENNIT

Vesitiiveissä betonivaluissa läpiviennit ovat todella tarkkoja tiiveydestään. Yleensä läpiviennit toteutetaan laipoilla. Läpivienti asennetaan muotitusvaiheessa. Läpivientiputki on yleensä hieman asennettavaa putkea suurempi tai juuri saman paksuinen. Läpivientiputkissa on yleensä keskelle rakennetta jäävä laippa, joka tekee läpiviennistä vesitiiviin. Läpiviennit on voitu valmistaa joko metallista, muovista tai kumista. Jokaisen kiinnitystapa eroaa hieman toisesta.



AQUANOVA

KUVA 7. Läpivientikappale (RST) (Aquanova.fi, 2017)

Esimerkkinä RST-läpivienti. Putkenkeskellä oleva laippa estää veden tunkeutumisen putken pintaa myöten betonirakenteen läpi. Tällaiset läpiviennit ovat yleisiä esimerkiksi jätevesialtaissa.

Rakennesuunnittelija suunnittelee läpiviennit ja mikäli läpiviennit liittyvät johonki koneeseen tai tekniikkaan rakennesuunnittelija työskentelee yhteistyössä tekniikan toimittajan kanssa. Myös rakennusliikkeen on oltava tarkkana suunnitelmissa olevissa läpivienneistä, että työmaalle saapuvat läpiviennit vastaavat vaatimuksia ja ovat juuri oikeanlaisia asennettavaa tekniikkaa varten.

Tässä opinnäytetyössä oli tarkoitus tutkia vesitiiviin betonivalun onnistumista työmaalla ja siihen vaikuttavia tekijöitä. Opinnäytetyössä perehdyin ilmiöihin vesitiiviinbetoni valun ympärillä betonin valmistuksesta aina valmiiseen betoni rakenteeseen saakka. Kokemukseni työelämästä antoi hyvän pohjan opinnäytetyön aloittamiselle ja sen tekemiselle. Työelämästäni saamalla kokemuksella oli helppo lähteä etsimään valuprosessiin vaikuttavia tekijöitä ja perehtyä niihin tarkemmin.

Vesitiiviin betonivalun toteuttaminen on tarkka prosessi, jonka tulee onnistua alusta loppuun saakka saumattomasti. Muottien tulee olla oikein tehdyt ja oikein mitoitettut betonivalulle. Raudoitusta tulee olla riittävästi, jotta betonin halkeilu on minimoitu ja samalla kuitenkin suunnittelu on niin tarkkaa, että raudoituksen toteuttaminen työmaalla on mahdollista. Betonimassan tulee olla oikein valittu, siinä tulee olla oikeat lisäaineet sekä oikea lujuusluokitus. Betonivalussa tulee olla kokenut valuporukka, joka ymmärtää nousunopeuden ja betonin tiivistämisen tärkeyden. Valun onnistuttua tulee huolehtia jälkihoidosta. Jälkihoito tulee olla suunniteltu ennalta, jotta se onnistuu täydellisesti, mitä vesitiivisbetoni vaatii onnistuakseen.

Mielestäni opinnäytetyöni on hyvin ajankohtainen haastavien betonivalujen lisääntyessä. Vesitiiviiden betonivalujen lisääntyessä, tulee myös tietoisuutta lisätä niiden toteutuksesta ja siihen vaikuttavista tekijöistä. Kun tekevillä ihmisillä on tiedossa oikeat toteutusmenetelmät ja asiat, jotka vaikuttavat valun onnistumiseen on mahdollista päästä hyviin lopputuloksiin työmaalla. Vesitiivistäbetonointia on tehty, jo pidemmän aikaa Suomessa. Kuitenkin siitä saatava tieto netissä on hyvin vähäistä. Yritykset, jotka ovat toteuttaneet hankkeita eivät halua jakaa tietoa kaikille. Tämä on ymmärrettävää, jotta kilpailuetu säilyy.

Opinnäytetyöni tuloksien mukaan suurin merkitys valun onnistumisella on siinä käytetty betonimassa ja jälkihoidon onnistuminen täydellisesti. Raudoitukset ovat yleensä hyvin suunniteltuja ja eivät aiheuta halkeamia rakenteeseen. Lisäksi opinnäytetyötäni voidaan käyttää työmaalla työn tekijöiden opastamiseen ja lisätä tietoisuutta työmaalla ennen alkavaa vesitiivistäbetonointia.

Mielestäni opinnäytetyöni sujui hyvin. Tiedon keräämisen aloitin jo vuonna 2016 tekiessäni vesitiiviitä betonivaluja. Koitin kiinnittää huomiota työmaalla ilmenneisiin ongelmiin ja tässä työssäni yritin vastata havaitsemiini ongelmiin. Ongelmat olivat yleensä oikea oppisessa betonin tiivistämisessä ja välillä oikea oppisen betonin jälkihoidon vähättelyllä tai tietämättömyydessä työntekijöiden keskuudessa. työn tilaajana toimiva Lapra Oy, hyötyy tulevaisuudessa tästä opinnäytetyöstä ja tätä on helppo käyttää tulevaisuudessa yrityksen kehitystyössä.

Finnsementti.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2017-5-11] Saatavissa:

<http://www.finnsementti.fi/tietoa-betonista/tietoa-betonista-pienrakentajalle-ja-rautakauppiaalle/betonin-lujuus>

Theseus.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2017-5-11] Saatavissa:

http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/31141/Saxberg_Sini.pdf;jsessionid=A75B0981D364FAB8A998BDC8AB7519E6?sequence=1

Finnsementti.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2017-5-11] Saatavissa:

http://moodleold.savonia.fi/pluginfile.php?file=%2F553470%2Fmod_resource%2Fcontent%2F2%2F3%20Tuntiteht%C3%A4v%C3%A4%20muottisuunnitelma.pdf

Semtu.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2017-5-11] Saatavissa:

<https://www.semtu.fi/fi/ratkaisut/vesitiiviit-betonirakenteet/>

Theseus.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2017-5-11] Saatavissa:

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/72974/Ruokonen_Pekka.pdf?sequence=1

Semtu.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2017-5-11] Saatavissa:

<https://www.semtu.fi/fi/ratkaisut/vesitiiviit-betonirakenteet/vesitiiviit-betonirakenteet-tuotteet/>

Vttexpertservices.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2017-5-11] Saatavissa:

<http://www.vttexpertservices.fi/palvelut/testaus-ja-tarkastus/rakentamisen-tuotteet-ja-materiaalit/rakennusmateriaalien-testaus/betoni-rakennusmateriaalit/betoni-laasti-tasoite/testaus-ja-laatu/vesitiiviys>

Betonyhdistys.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2017-5-11] Saatavissa:

<https://www.betonyhdistys.fi/>

Theseus.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2017-5-11] Saatavissa:

https://theseus.fi/bitstream/handle/10024/93240/Honkanen_Juuso.pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Theseus.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2017-5-11] Saatavissa:

https://theseus.fi/bitstream/handle/10024/83674/Jokinen_Kimmo.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Suomen Betonyhdistys ry. Painettu 2009 [viitattu 2017-5-11]

Betoniteknikanoppikirja by201 2004

Suomen Betonyhdistys ry. Painettu 2011 [viitattu 2017-5-11]

Betoninormit by50 2012

Suomen Betonyhdistys ry. Painettu 2007 [viitattu 2017-5-11]

Betonirakenteiden perusteiden oppikirja by203 1995