

Jani Kokko ja Karo Mäkelä

MUOTTIMATRIISIN KÄYTTÖ VÄRIBETONILLA TOTEUTETUSSA TUKIMUURISSA

Opinnäytetyö
Rakennustekniikka

Marraskuu 2015



KYAMK
University of Applied Sciences

Tekijät	Tutkinto	Aika
Jani Kokko ja Karo Mäkelä	Rakennusinsinööri	Marraskuu 2015
Opinnäytetyön nimi Muottimatriisin käyttö väribetonilla toteutetussa koristetukimuurissa		43 sivua
Toimeksiantaja Lahnuksen Talo ja Puurakennus Oy		
Ohjaaja Lehtori Sirpa Laakso Ohjaaja RI Mikko Seppänen, LTPR Oy		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämä insinöörityö tehtiin Lahnuksen Talo ja Puurakenne Oy:lle. Työn tarkoituksena oli tutkia kuvibetonointiin liittyen erilaisia työtekniikoita sekä paikallavalukohteessa tehtäviä erilaisia betoninvärjäystekniikoita. Toimeksiantajayritys valmistaa erilaisia betonituotteita, kuten esimerkiksi muureja ja portaita: sisä- ja ulkokäyttöön. Tilaajan ajatus on, että ”koristeellinen betoni on edullinen vaihtoehto luonnonkivelle. Valittavana on lukuisia värejä sekä pintamuotoiluja, ja lopputulos näyttää tyylikkäältä luonnonkiveltä.”</p> <p>Opinnäytetyössä käytiin läpi betonin koostumusta, jota tutkittiin tiedonhaulla internetistä sekä betonitekniikan oppikirjoista. Lisäksi tutustuttiin betonin kemialliseen värjäykseen työmaalla. Erilaisten kontaktien kautta saatiin asiantuntevaa apua työn suorittamiseen. Alan ammattilaisilta muutamista eri yrityksistä saatiin konsultaatiota betonin värjäykseen liittyen.</p> <p>Opinnäytetyön tilaaja haluaa tuoda koristebetonoinnin uutena osa-alueena yrityksensä toimintaan. Tilaaja on rakentanut näytetukimuurin Marketanpuistoon, Espooseen. Marketanpuisto on paikka, josta pientalorakentajat hakevat ideoitaan oman talonsa piha- ja puutarharakentamiseen. Alueelta löytyy mm. pihakeinuja, pihakiviä, muureja, aitoja ja kaikkea mitä pientalon pihaan tarvitaan.</p> <p>Kuviobetonoinnille on tehty omat internetsivut ja lisätietoa tuotteesta löytyy sivuilta www.decovalu.fi. Marketanpuiston showroom toi tilaajalle pientaloasiakkaita ja kiinnostusta. Työssä tutkittiin myös hieman betonivaluissa käytettäviä muottimatriiseja; millaista materiaalia ne ovat ja kuinka niitä käytetään sekä hoidetaan, jotta käyttöikä olisi mahdollisimman pitkä ja kustannustehokas. Lopuksi työssä tehtiin kustannusvertailua vastaavanlaisiin muuriratkaisuihin.</p>		
<p>Asiasanat betonointi, betonin värjäys, muottimatriisi, decovalu</p>		



KYAMK

University of Applied Sciences

Authors Jani Kokko and Karo Mäkelä	Degree Bachelor of Engineering	Time November 2015
Thesis Title The usage of a Mold Matrix for Ornamental Retaining Wall of Colored Concrete	43 pages	
Commissioned by Lahnuksen Talo ja Puurakennus Oy		
Supervisor Sirpa Laakso, Senior Lecturer Supervisor Mikko Seppänen, Civil engineer, LTPR Oy		
Abstract <p>The purpose of this work was to explore different work methods of figure concreting and concrete dyeing techniques which are used on the worksite. Lahnuksen talo ja Puurakennus Oy make different products such as walls and stairs for both interior and exterior use. The company's idea is that decorative concrete is an economical alternative to natural stone. There are many kinds of colors and surface formulations to choose and the results look the elegant natural stone. In the thesis mold matrixes in use were investigated; what kind of material they are and how they are used and managed, so that product life would be as long as possible and cost-effective. There is also a cost comparison between different kinds of walls in the end of the thesis.</p> <p>The composition of concrete was examined for the thesis using internet sources, as well as concrete technology textbooks. In addition, chemical dyeing of concrete on site was studied. Expert help for completion of the work was received through various contacts. A few companies were consulted for the concrete staining.</p> <p>The thesis commissioner wants to adopt figure concreting as a new sub-area of its business. The subscriber has built a sample retaining wall in Marketanpuisto in Espoo and the thesis is based on the sample. Marketanpuisto is a place where builders of detached houses are looking for ideas for their own house yard and garden construction. The area displays for example swings, garden stones, walls, fences and everything needed for a small house yard.</p> <p>There is a website for figure concreting, and more information about the product can be found on www.decovalu.fi. The showroom of Marketanpuisto brought detached house customers to the commissioner.</p>		
Keywords concreting, dyeing concrete, moldmatrix, decocast		

SISÄLLYS

KÄYTETYT TERMIT	6
1 JOHDANTO	7
2 BETONI MATERIAALINA	8
2.1 Betonin koostumus	8
2.2 Betoni rakennusmateriaalina	12
2.3 Betonin valinta yleensä	15
2.4 Härme	15
2.5 Talvibetonointi	16
2.5.1 Pystyrakenteet	18
2.5.2 Betonointisuunnitelma	19
2.5.3 Lämmitys	19
2.5.4 Suojaus	20
2.5.5 Lujuuden kehityksen hallinta	20
3 MUOTTITYÖT, PYSTYRAKENTEET	21
3.1 Kaarevien seinien muotit	21
3.2 Muottimateriaali	22
3.2.1 Muotindirrotusaineet	22
3.2.2 Muottisiteet	23
3.2.3 Työsaumat sekä rakenteen kulmat ja nurkat	24
3.2.4 Laatuvaatimukset	24
3.3 Muottimatriisit	26
3.3.1 Polyuretaanielastomeerimuotti	27
4 VÄRIBETONI	27
4.1 Valmisbetonin pigmentointi	28
4.2 Maalauspinnoitusmenetelmä	34
4.2.1 Maalausalustan hapotustekniikka	35
5 KOHDE	36
5.1 Betonin kemiallinen värjäys	37
6 ANALYYSI JA KEHITYSEHDOTUKSET	38

7	ARVIOIDUT KOKONAISHINNAT	39
7.1	Kemiallisen värjäyksen kustannukset decovalumuuriin	39
7.2	Valmisbetonin pigmentointikustannukset decovalumuuriin	40
7.3	Luonnonkivimuuri.....	40
7.4	Ladottava harkkomuuri muurikivestä	41
7.5	Arvioidut kokonaishinnat.....	41
8	YHTEENVETO	42
	LÄHTEET.....	44
	KUVALUETTELO	46

KÄYTETYT TERMIT

ITSETIIVISTYVÄ BETONI: Itsetiivistyvällä betonilla (ITB) tarkoitetaan betonia, joka on erittäin hyvin valuva ja leviävä stabiili betoni ja joka erottumatta täyttää muotit ja ympäröi täysin raudotteet ilman mekaanista tiivistystä.

PAKKASENKESTÄVÄ ELI SÄÄNKESTÄVÄ BETONI: Betoni, joka kestää kovettuneena ulko-olosuhteissa toistuvaa jäätymistä ja sulamista.

HYDRATAATIO: Sementin ja veden välinen kovettumisreaktio, jossa samalla kehittyy lämpöä.

KARBONATISOITUMINEN: Karbonatisoitumisella tarkoitetaan ilman hiilidioksidin reagoitua betonin kalsiumhydroksidin ja kalsiumsilikaattihydraattigeelin kanssa. Ilmiö tapahtuu ilmatilassa kaikilla betonipinnoilla ja sen seurauksena betonin pintakerros neutraloituu.

KIVIAINES: Betonin rakeinen, mineraalinen osa-aine, joka sementtiliiman yhteen liittämänä muodostaa betonin.

SEMENTTI: Hydraulinen, hienoksi jauhettu epäorgaanista materiaalia sisältävä sideaine, joka veden kanssa sekoitettaessa muodostaa hydrataatioreaktioiden ansiosta sitoutuvan ja kovettuvan pastan.

PAIKALLAVALU: Betonirakenteiden valaminen rakennuspaikalla.

BETONIN PIGMENTOINTI: Menetelmä betonin läpivärjäyksestä, jolloin lopputuloksena on yhtenäinen ja puhdas väri, joka ei haalistu.

KEMIALLINEN VÄRJÄYS: Menetelmä, jossa betonipinnalle levitetään erilaisia metallisuoloja, jotka on liuotettu happoon, ja jonka aikana tapahtuu metallisuolan ja betonipinnan välinen reaktio. Reaktio aiheuttaa pintaan ainutlaatuisen värin tai sävyn.

1 JOHDANTO

Jokainen piha on rajattava. Siihen on monia tapoja. Tässä työssä tutkittavana oleva decovalumuuri on yksi hyvistä vaihtoehdoista. Koristeellisen betonimuurin tarkoitus on rajata oman tontin alue tai vaikkapa toimia tukimuurina omalla pihalla. Koristeellinen muuri on paitsi hyvännäköinen myös hinnaltaan kilpailukykyinen. Taulukossa 3 (sivulla 42) on hintavertailua vastaavanlaisiin muureihin.

Opinnäytetyön tilaaja on Lahnuksen Talo ja Puurakennus Oy, joka on vuonna 1982 perustettu talonrakennukseen erikoistunut perheyrittäjä. Toisen polven yrittäjä on vienyt liiketoimintaa kohti betonirakentamista. Uusimpana liiketoiminta-alueena on tässä työssä käsiteltävänä aiheena oleva koristebetonointi.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli vertailla kuviobetonoinnin kahta erityyppistä värjäysmenetelmää, toteutustapoja ja kustannuksia. Vertailussa ovat mukana tuoreen betonin pigmentointi valmisbetoniasemalla sekä kemiallisesti tehtävä värjäys kovettuneelle betonipinnalle. Työssä tutkittiin myös teoreettisella tasolla betonin pinnoittamista maalaustekniikan avulla.

Työ tehtiin keräämällä rakennusvaiheessa olevasta kohteesta tietoja yleisesti betonitöiden ja -kuvioinnin suorituksesta ja toteutusmenetelmistä. Urakoitsijan täytyy valita menetelmä, joka on järkevä toteuttaa ja tuottava, mutta menetelmän tulee täyttää myös rakentamisen laadun asettamat vaatimukset.

Työhön liittyvä teoria on hankittu rakennusalan kirjallisuudesta ja internetistä, kustannuksiin liittyviä tietoja on saatu tilaajalta sekä omien tutkimusten perusteella lähinnä sähköpostitse ja puhelimitse alan ammattilaisilta.

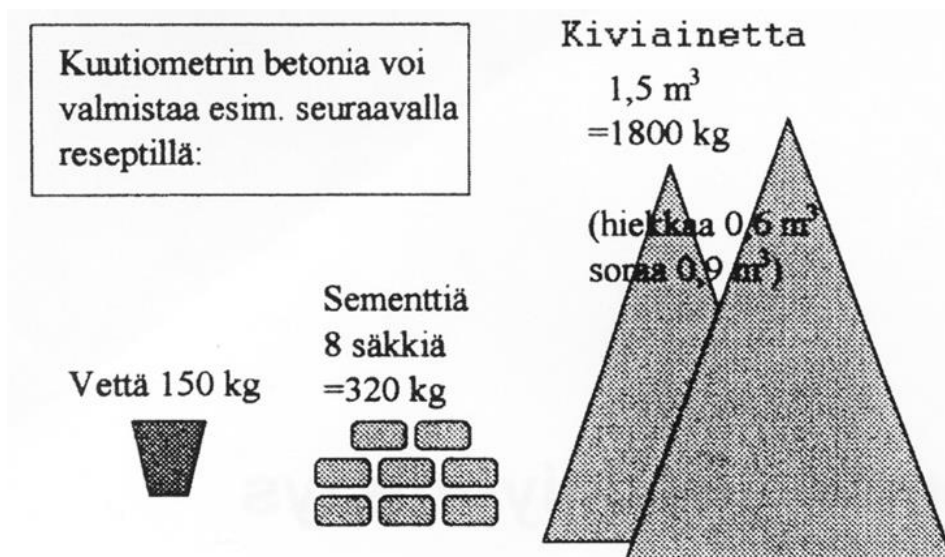
Työssä esitellään decovalumuuria, joka on koristebetonimuuri, sekä vertaillaan kustannuksia vastaavanlaisiin muureihin. Kustannusvertailussa vertaillaan ladottua betonimuuria, luonnonkivimuuria ja decovalumuuria.

2 BETONI MATERIAALINA

2.1 Betonin koostumus

Betoni koostuu kolmesta pääaineesta: kiviaineksesta, sideaineesta eli sementistä ja vedestä. Betonin keskinäisillä osa-aineiden suhteilla on erittäin tärkeä merkitys kaikkiin betonin ominaisuuksiin. Betonin koostumusta havainnollistetaan kuvassa 1. Betonin pääaineiden lisäksi on olemassa vielä lisäaineita ja seosaineita. Edellä mainittujen aineiden avulla saadaan sekä betonimassaa muokattua että betonimassasta halutunlaista. Lisä- ja seosaineilla voidaan vaikuttaa mm. betonin valettavuuteen ja kovettumisaikaan. (Laitinen & Yli-Pentti, 2014.)

Betonin osa-aineilla ja niiden seossuhteilla on tärkeä merkitys betonin kaikkiin ominaisuuksiin. Taulukossa 1 (sivulla 12) kuvataan betonin koostumuksen ja olosuhdetekijöiden vaikutusta betonin lujuteen. Sementtiliima betonissa sitoo kiviainesrakeet yhteen muodostaen komposiittirakenteen. (Laitinen & Yli-Pentti, 2014.)



Kuva 1. Esimerkki betonikuution valmistuksesta (Laitinen & Yli-Pentti, 2014).

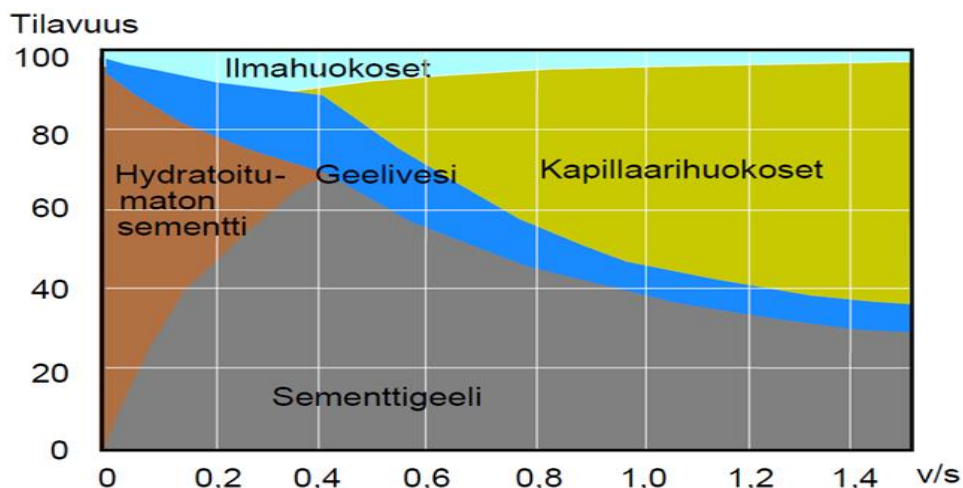
Osa-aineiden suhteitusta käytetään betonimassan valmistuksessa haluttujen ominaisuuksien saavuttamiseksi. Betonimassan ja kovettuneen betonin täyttäessä niille asetetut vaatimukset on suhteitus onnistunut. Suhteituksella tarkoitetaan betonimassan osa-aineiden ja niiden keskinäisten seossuhteiden valitsemista asetettujen vaatimusten mukaan oikein. Ensisijaisesti massalta

vaaditaan työstettävyyttä (notkeutta) ja betonilta lujuutta. Suhteituksella pyritään pääsemään haluttuun lopputulokseen mahdollisimman pientä sideaine- eli sementtimäärää käyttäen. (Laitinen & Yli-Pentti, 2014.)

Betonin ominaisuuksia voidaan säädellä suhteituksen lisäksi myös lisäaineilla. Lisäaineilla vaikutetaan betonin kovettumiseen ja sitoutumiseen sekä kovettuneen betonin ominaisuuksiin. Lisäaineiden vaikutustapa on kemiallinen tai fysikaalinen. Niiden määrät betonissa ovat hyvin pieniä verrattuna muihin betonin osa-aineisiin. (Laitinen & Yli-Pentti, 2014.)

Notkistimet parantavat betonimassan työstettävyyttä, kuten pumpattavuutta ja koossapysyvyyttä. Notkistimet ovat pinta-aktiivisia aineita ja ne toimivat sementin ja veden välillä. Notkistimet mahdollistavat pienempien vesi- ja sementtimäärien käytön sekä korkealujuisten betonien valmistuksen. Notkistavien lisäaineiden annostus on yleensä noin 0,5 % sementin kokonaismäärästä. Notkistavien lisäaineiden vaikutusaika vaihtelee 15 minuutista useisiin tunteihin. (Laitinen & Yli-Pentti, 2014.)

Pakkasrasituksessa betoni vaurioituu. Vaurioituminen johtuu betonin sisäisistä jännityksistä. Kapillaarihuokosten vesi betonissa on pakkasrapautumisen pääasiallinen aiheuttaja. Betonissa pakkarasitus ilmenee tilavuuden kasvuna ja pinnan rapautumisena sekä lujuuden menetyksena; viime kädessä näkyvinä lohkeamisina ja halkeiluna. Vesi-sementti suhteen vaikutus sementin rakenteen hydratoitumiseen havainnollistetaan kuvan 2 avulla. Kapillaarihuokosissa veden imukorkeus on suuri. Vesi-sementtisuhteen kasvaessa myös pakkasrapautumisriski kasvaa. (Laitinen & Yli-Pentti, 2014.)



Kuva 2. Vesi-sementtisuhteen vaikutus sementin rakenteeseen hydratoitumisen loputtua (Laitinen & Yli-Pentti, 2014).

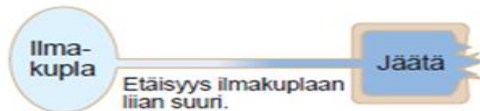
Pakkasenkestävyyden parantamiseksi betoni huokoistetaan, jolloin sen ilmapitoisuus nostetaan 4–8 %:iin lisäaineen avulla. Betonissa on normaalisti ilmaa 1–2 %. Huokostimet muodostavat riittävän suuria (0,01–0,5 mm) ilmakuplia tasaisesti betoniin. Vaikka betoni on hydrofiilinen materiaali, se ei pysty imemään suuria huokosia täyteen vettä. Tällöin jäätyvän veden aiheuttama paine purkautuu ilmatäytteisiin huokosiin. Kuvan 3 mukaan huokosia tulee olla riittävästi ja niillä tulee olla sopiva etäisyys toisistaan (0,2 mm). (Laitinen & Yli-Pentti, 2014.)

Eri vaihtoehdot betonin huokosveden jäätyessä

Riittävästi ilmahuokosia



Liian vähän ilmahuokosia



Ei lainkaan ilmahuokosia

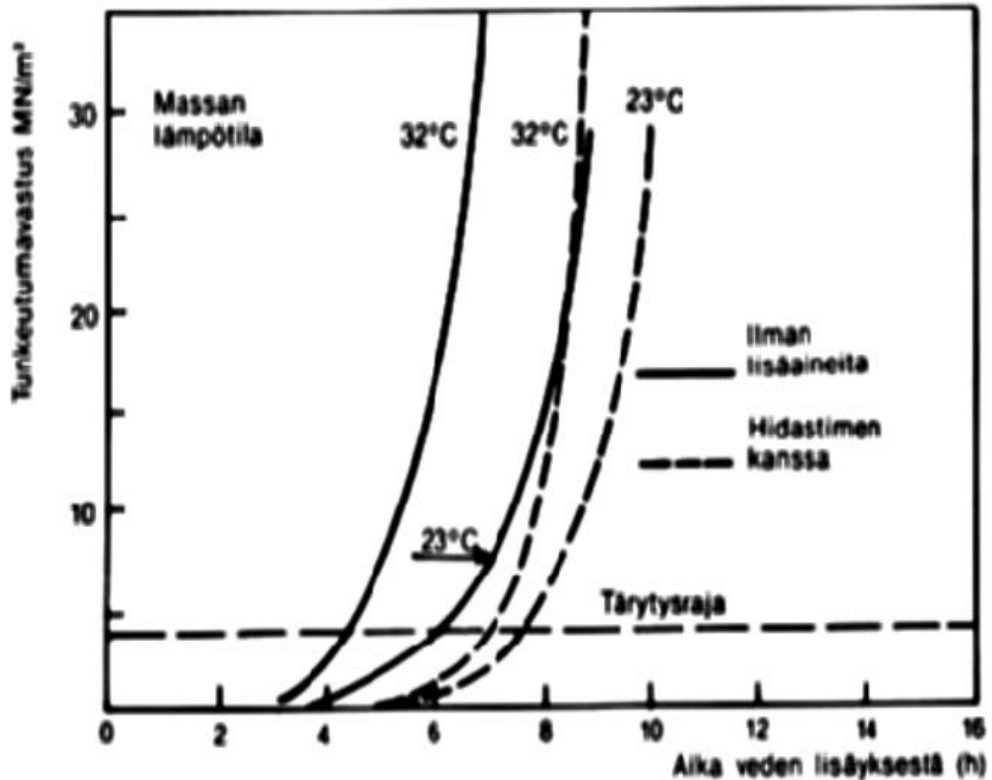


Molemmassa kuvassa betonin ilmapitoisuus on sama. Mitä pienempiä ilmakuplat ovat, sitä lyhyemmäksi tulee niiden etäisyys.



Kuva 3. Eri vaihtoehdot betonin huokosveden jäätyessä (Laitinen & Yli-Pentti, 2014).

Hidastimet hidastavat betonimassan sitoutumista. Niitä käytetään pitkien kuljetusmatkojen yhteydessä sekä kohteissa, joissa halutaan välttää työsaumoja rakenteessa. Kuva 4 (sivulla 11) havainnollistaa betonimassan muokkausajakaun veden lisäyksestä massaan, kun käytetään hidastimia. Erityisesti lämpimällä säällä hidastimista on hyötyä muokkausajan pidentäjänä. (Laitinen & Yli-Pentti, 2014.)



Kuva 4. Lämpötilan ja hidastimen vaikutus tärytettävyyteen (Laitinen & Yli-Pentti, 2014).

Tiivistysaineet tekevät betonista tiiviimpää ja alentavat siten betonin kaasun- ja nesteeläpäisevyyttä sekä parantavat betonin lujuutta. Betonin huokoisuus kasvaa vesi-sementtisuhteen myötä. Kapillaarihuokosiin jäävä vesi haihtuu vähitellen, jolloin betoni kutistuu ja sen läpäisevyys kasvaa. Tätä ilmiötä voidaan vähentää kutistumisenestoaineilla. (Laitinen & Yli-Pentti, 2014.)

Injektointiaineet parantavat injektointilaastin tunkeutuvuutta ja pumpattavuutta. Injektioaineet myös paksuunnuttavat laastia. Niitä käytetään esimerkiksi rakenteiden korjauksissa. (Laitinen & Yli-Pentti, 2014.)

Taulukosta 1 (sivulla 12) käy ilmi, että betonityöt ja -olosuhteet ovat tarkkoja. Olosuhteet ja oikein hoidettu valu, sekä oikein valmistettu betoni ovat suuressa osassa parhaaseen lopputulokseen. Lisäksi valun jälkeen betonia on jälkihoidettava, jotta pinta ei kuivuisi liian nopeasti ja alkaisi halkeilla. (Laitinen & Yli-Pentti, 2014.)

Taulukko 1. Betonin koostumus ja olosuhdetekijät sekä niiden vaikutus (Laitinen & Yli-Pentti, 2014).

Betonin koostumus- ja olosuhdetekijä		Vaikutus
Sementtilaatu	hienous kemiallinen koostumus	hienorakeinen sementti -> nopea lujuudenkehitys korkea C ₃ S-pitoisuus -> lujuudenkehitys nopeutuu korkea C ₂ S-pitoisuus -> lujuudenkehitys hidas; korkea loppulujuus
Kiviaines	raekoko kasvaa	lujuus kasvaa
Vesi-sementtisuhte	pienenee	lujuus kasvaa ja kapillaarihuokoisuus pienenee
Seosaineet	silikajauhe lentotuhka masuunikuona	lujuus kasvaa varhaislujuus ja lämmönkehitys pienenee, loppulujuus kasvaa varhaislujuus ja lämmönkehitys pienenee, loppulujuus kasvaa
Lisäaineet	hidaste notkiste kiihdyte huokoste	lujuudenkehitys hidastuu lujuudenkehitys voi joko hidastua tai nopeutua lujuudenkehitys nopeutuu lujuus pienenee
Lämpötila	korkea alhainen	nopea lujuudenkehitys, mutta loppulujuus voi aleta hidas lujuudenkehitys, mutta loppulujuus kasvaa
Kosteustila ja jälkihoito	ilmasäilytys RH<80% vesisäilytys RH=100%	lujuus laskee noin 25 % lujuus kasvaa
Aika	pitenee	lujuus kasvaa

2.2 Betoni rakennusmateriaalina

Betoni on tunnettu rakennusmateriaalina maailmanlaajuisesti. Rakennuksien runkomateriaalina se on eniten käytetty. Betonin valmistukseen tarvittavat runko-aineet ovat yleensä paikallisia ja täten helposti saatavilla.

Rakennusteollisuus hyödyntää betonia monenlaisissa rakennuksissa ja rakennuksiin liittyvissä elementeissä, kuten runko-, julkisivu- ja ontelolaattarakenteissa. Betonista rakennetaan myös paikallavalumuureja, pihakiveyksiä ja muita infrarakenteita. (Betoniteollisuus ry, 2015. Betoni rakennusmateriaalina.)

Betoni materiaalina on lähes huoltovapaa. Betonin tärkein ominaisuus on lujuus. Lujuusominaisuuden perustan betoniin muodostaa kivipohjainen runkoaines. Betonirakennuksia arvostetaan, koska ne ovat energiatehokkaita ja rakenteet kestävät oikein toteutettuina niille suunnitellun käyttöiän. Betonin arvostusta lisää myös betonin kyky eristää ääntä sekä hyvät paloturvallisuusominaisuudet. (Betoniteollisuus ry, 2015. Betoni rakennusmateriaalina.)

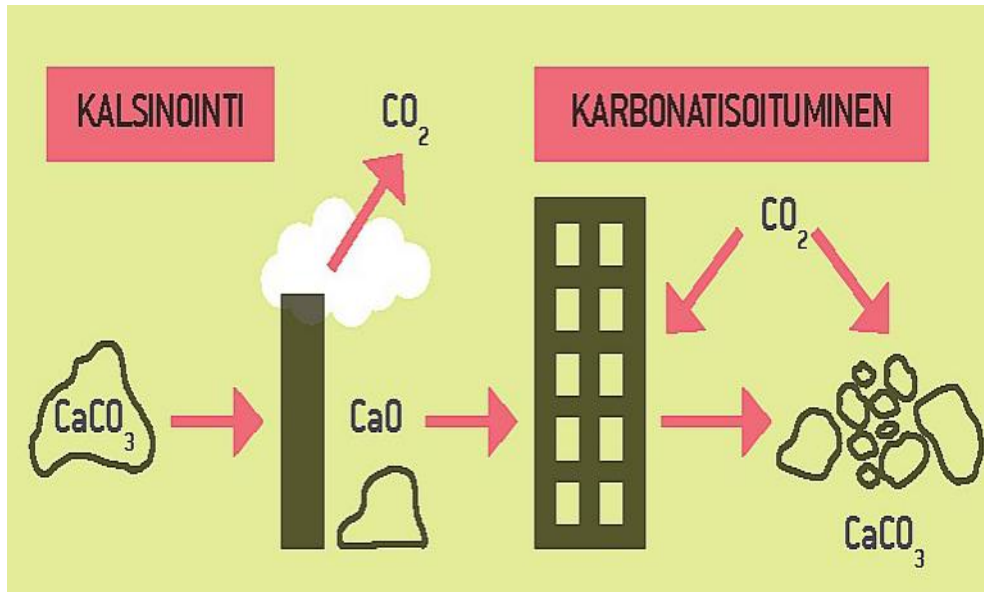
Betoni koostuu osa-aineista, joita ovat vesi, sementti ja kiviaines. Osa-aineista sementin tehtävänä on toimia kiviaineksien sitojana. Sementin raaka-aineena käytetään pääasiassa kalkkikiveä, joka on yksi maailman yleisimmistä kivilajeista. Betoniteollisuudessa käytetään raaka-aineena muiden teollisuusalojen jätteeksi meneviä sivutuotteita, kuten silikaa, masuunikuonaa ja lentotuhkaa. Tämän vuoksi betoni on erittäin ekotehokas rakennusmateriaali elinkaarensa aikaisilta ympäristökuormituksiltaan. (Betoniteollisuus ry, 2015. Betoni rakennusmateriaalina.)

Betoni on materiaali, joka voidaan valaa muottiin, eli se on muokattavissa. Valuvaiheessa erilaisilla muottiratkaisulla voidaan betonin pintaa muokata halutunlaiseksi. Betoni on myös värjättävissä ja pinta voidaan käsitellä maalaamalla. Betonista voidaan valaa pilareja ja palkkeja, joilla voidaan toteuttaa pitkien jänneväljen rakenteita nopeasti ja kustannustehokkaasti. (Betoniteollisuus ry, 2015. Betoni rakennusmateriaalina.)

Rakennuskohteissa betonia hyödynnetään elementtitehtaalla valmiiksi tehdyillä elementeillä. Kohteita rakennetaan myös paikalla valaen betonista. Esimerkkikohde paikallavalusta voisi olla vaikkapa avoin, maanpäällinen parkkihalli. (Betoniteollisuus ry, 2015. Betoni rakennusmateriaalina.)

Betoni on säteilemätön ja liukenematon materiaali. Siksi betoni soveltuu käytettäväksi juomavesiputkistojen ja -kaivojen materiaaliksi. Betoni palotilanteessa ei kaasuunnu eikä luovuta haitallisia aineita ympäristöönsä. (Betoniteollisuus ry, 2015. Betoni rakennusmateriaalina.)

Betonin vanhetessa se karbonatisoituu, jolloin sementin valmistuksessa vapautunut hiilidioksidi sitoutuu kuvassa 5 (sivulla 14) kuvatun hiilidioksidikierron tavoin takaisin betoniin kalsiumkarbonaatiksi. Betonin sisältämän kalsiumhydroksidin ja hiilioksidin reaktioita kutsutaan siis karbonisoitumiseksi. Reaktio ilmenee kuvasta 5, sen seurauksesta betonin emäksisyys laskee ja betonin teräksiä suojaava vaikutus heikkenee. (Laitinen & Yli-Pentti, 2014.)



Kuva 5. Hiilidioksidin kierto betonin elinkaarenaikana (Laitinen & Yli-Pentti, 2014).

Betoniterästen korroosiota voidaan estää sijoittamalla teräkset riittävän syvälle betoniin eli käytetään riittävää suojapaksuutta. Lisäksi, mikäli mahdollista, olisi hyvä käyttää sinkittyjä teräksiä tai ruostumattomia teräksiä. Alla olevassa kuvassa 6 huomataan jo teräskorroosion irrottama betonipeite. (Laitinen & Yli-Pentti, 2014.)



Kuva 6. Teräskorroosion irrottama betonipeite (Laitinen & Yli-Pentti, 2014).

2.3 Betonin valinta yleensä

Parhaiten onnistunut betonin valinta tehdään yhteistyössä rakennesuunnittelijan, työmaan sekä valmisbetonitoimittajan kanssa. Betonin ominaisuuksilla on suuri merkitys niin betonityön onnistumisen kanssa kuin myös kovettuneen betonin vaadittujen ominaisuuksien saavuttamisessa. (Betoniteollisuus ry, 2015. Betonityypit ja oikean betonin valinta.)

Rakennesuunnittelija määrittää betonille ne ominaisuudet, joita käytettävältä betonilta vaaditaan. Niitä ovat mm. lujuus- ja rakenneluokat, rasitusluokat, toleranssit ja pintaluokat, sekä suojaavan betonipeitteen paksuudet. Oikeiden valintojen kautta betonille asetettavat vaatimukset sen ominaisuuksien suhteen takaavat pitkäikäisen ja parhaan toimivan rakenteen. (Betoniteollisuus ry, 2015. Betonityypit ja oikean betonin valinta.)

Rudus Oy:n valmisbetonin kehityspäällikkö Vesa Anttila viittaa tekstissään, että rakennesuunnittelijan tulee määrittää betonin valintaa varten ainakin rakenteen suunnitellun käyttöiän ja rasitusluokat, betonin lujuus- ja rakenneluokan sekä kiviaineen suurimman maksimiraekoon. Betonin valintaan voi vaikuttaa myös betonipeitteen nimellisarvo. Suunnittelija voi halutessaan antaa lisätietoja rakenteen tasaisuudesta, pintaluokista, kulutuskestävyydestä tai vedenpitävyysvaatimuksista. Erityisvaatimuksia voi tulla lisäksi rakenteen lämmön- tai lujuudenkehityksestä. (Anttila, 2008.)

Rasitusluokista tulevia ominaisuuksien määrittämissä taikka muita betonitoimittajalle kuuluvia tehtäviä ei rakennesuunnittelijan tule ilman pätevää syytä tehdä. Näitä ominaisuuksia voivat olla esimerkiksi vesi-sementtisuhde tai sideainesuhteet. Rakennesuunnittelijan täytyy ottaa huomioon betonilaadun luonnollinen kutistuma rakenteen raudoitusta arvioitaessa. Betonipeitteen paksuus vaikuttaa rakenteen rasitusluokkaan. Eli mitä pienempi vesi-sementtisuhde on, sitä pienempi rasitusluokan mukainen betonipeite tarvitaan. (Anttila, 2008.)

2.4 Härme

Betonissa esiintyvää vesiliukoista alkalisuolaa kutsutaan härmeeksi. Olosuhteiden ollessa otolliset se muodostaa suotautumalla valkoisen

kerroksen tuoreen betonin pintaan. Betonin ikääntyessä ja tiivistyessä härmettä ei muodostu enää betonin pintaan. Alkalihärme poistetaan betonipinnasta korkeapainepesulla, koska se on vesiliukoista. (Suomen Betoniyhdistys r.y. 2003, 131.)

Alkalihärmeen muodostumista voidaan estää betonin kuivumisen estämisellä kovettumisvaiheessa. Tämä tarkoittaa sitä, että pinnan ympäristön RH:n tulee olla suurempi kuin 65 %. Pinnan kuivuminen estetään suojaamalla pinta peittämällä tai jälkihoitoaineella. Härmeen muodostumisriskiä lisää huokoinen muottipinta ja kylmä tuuli. (Suomen Betoniyhdistys r.y. 2003, 131.)

Kalkkihärme muodostuu betonin kalsiumhydroksidin ja ilmassa olevan hiilidioksidin reagoitessa ja niiden muodostaessa kalsiumkarbonaattia. Ilman ollessa kostea ja lämpötilan ollessa alhainen on odotettavissa runsasta kalkkihärmeen muodostumista. Imukykyinen muottimateriaali ja hidas lujuudenkehitys myös lisäävät härmeen muodostumista. (Suomen Betoniyhdistys r.y. 2003, 131.)

Kalkkihärme poistetaan betonin pinnasta painepesulla hiekan ja veden yhdistelmällä. Alkalihärmeen poistaminen on hieman helpompaa, koska poistaminen voidaan suorittaa korkeapainepesurilla. Kalkkihärmeen poistaminen betonipinnasta on vaikeaa, mistä johtuen huomio tulee kiinnittää ehkäiseviin toimenpiteisiin. Betonivalun välitön suojaus työn jälkeen on todettu toimivaksi ja hyväksi ratkaisuksi. (Suomen Betoniyhdistys r.y. 2003, 131.)

2.5 Talvibetonointi

”Betonointi kylmänä vuodenaikana asettaa rakennustyömaalle ja tekijöilleen normaalitoiminnoista poikkeavia haasteita,” toteaa vuonna 2012 Rakentajain kalenterissa DI Pekka Vuorinen, RTT Ry. Talvibetonointikausi alkaa, kun vuorokausilämpötila laskee alle +5 °C:n. Etelä-Suomessa talvibetonointikausi kestää noin 7 kuukautta eli ajanjakson lokakuusta huhtikuuhun. Pohjois-Suomessa talvibetonointikausi saattaa kestää syyskuusta aina toukokuuhun eli jopa 9 kuukautta. (Vuorinen, 2012.)

Kylmät olosuhteet ja betoni

Betonin sitoutumisen ja jäykistymisen viivästyminen:

- Lämpötilan laskiessa tuoreessa betonissa sitoutuminen betonissa hidastuu.
- Sitoutumisen viivästyminen aiheuttaa työvaiheiden siirtymiä myöhempään ajankohtaan. Pystyvalutöissä työn nousunopeus hidastuu..
- Käytetyt lisäaineet sekä sideaineyhdistelmät vaikuttavat betonin jäykistymiseen ja sitoutumiseen hidastavasti. Betonilaaduilla jotka kovettuvat nopeammin on hidastuminen maltillisempaa.

Sementin kovettumisreaktioiden hidastuminen:

- Hydraatio on sementin reaktio veden kanssa. Hydraatio tapahtuu matalassa lämpötilassa hitaammin.
- Jäätymislujuus betoniin saavutetaan hitaammin koska betonin lämpötila on alhainen.

Suojaamaton betoni jäähtyy nopeasti

Jäähtyminen kuljetuksen ja työmaasiirtojen aikana:

- Kylmällä säällä betonimassa jäähtyy nopeasti. Betonimassa tulee siirtää työmaalle ilman turhia välivarastointeja. Lämpötila betonimassassa voi laskea 5 - 7 °C, kun betoni on saatu asennettua muottiin.
- Betonointityön ajankohta työmaalla ja kuljetusmatkat tulee huomioida tarkkaan. Työn aloituksen pitkittyessä tai turha pitkävälivarastointi tarkoittaa suurempaa jäähtymistä.
- Betonitilausta tehdessä on huomioitava arvio betonin jäähtymisestä, joka määrittää betonin lähtölämpötilan tehtaalta.

Jäähtyminen muotissa:

- Betonipinta tulee suojata valutyön jälkee, koska betoni jäähtyy nopeasti suojaamattomana jo 0 °C:n lämpötilassa.
- Tuuli lisää merkittävästi jäähtymisnopeutta.

Jäähtyneet betonipinnat johtavat hidastuneisiin sementin reaktioihin, sitoutumisen viivästyymiseen ja siten hitaaseen lujuudenkehitykseen. Tästä

johtuen esim. betonipinnan viimeistely viivästyy. Suurempi riski on betonin jäätyminen etenkin kylmäsihtakohdissa, viivästynyt muotipurkuajankohta tai riski betonirakenteen vaurioitumisesta. (Vuorinen, 2012.)

2.5.1 Pystyrakenteet

Talvella betonin lujuuden kehitys on hidasta, ellei käytetä lisälämmitystä. Valetun pystyrakenteen alaosiin tulee ohjata lämpöä lisälämmittimellä, jottei rakenteen kriittinen alaosa vaurioidu tai pääse jäätymään. Pystyrakenteen yläosa tulee myös suojata jäätymiseltä. Paras suojausratkaisu on sellainen, jossa alhaalla olevien lämmittimien ilma pääsee kulkeutumaan aina rakenteen yläosaan asti. (Vuorinen, 2012.)

Vauriot pystyrakenteissa

Muottivalettua rakennetta purettaessa betonin lujuus tulee varmistaa puristuslujuustestauksella. Lujuusarvon tulee olla 5 Mpa ei-kantavissa pystyrakenteissa. Lujuuden arvo määritetään valetun rakenteen alaosasta. Rakennetta tulee lämmittää vielä muotipurkamisen jälkeen, jotta lujuudenkehitys jatkuu. Saavutettavan lujuustason määrittelee rakennesuunnittelija. (Vuorinen, 2012.)

Pystyrakenteen betonointimenetelmät pakkasolosuhteissa

Vuorokauden keskilämpötilan laskiessa +5 °C:een pitää ryhtyä talvibetonointitoimenpiteisiin. Tuuli lisää merkittävästi jäähtymisnopeutta. Tuulisella säällä ja alhaisissa lämpötiloissa valettaessa suojaustoimenpiteisiin on ryhdyttävä jo betonointityön aikana. (Vuorinen, 2012.)

Alhaisissa lämpötiloissa lämmitettävät muottirakenteet ovat valutyön kannalta parhain vaihtoehto. Jos lämmitystä ei voida järjestää, on kiinnitettävä huomiota betonin valintaan. Soveltuvia betonilaatuja ovat nopeasti kovettuva betoni sekä kuumabetoni. Lisäksi voidaan käyttää kiihdyttäviä tai veden tarvetta vähentäviä lisäaineita. Voidaan myös käyttää edellä mainittujen aineiden yhdistelmiä. Valettavan rakenteen lämpösuojauksesta tulee huolehtia. Rakenteen yläosat lämpösuojataan välittömästi. Rakenteen alaosa lisälämmitetään; jos on olemassa kylmäsihtavaara, rakenteen alaosa tulee lämpöeristää. Betonoitavan rakenteen lämmitys tehdään huputtamalla ja

kuumailmalämmityksellä, jos muotti ei ole lämmittävä. Lämpötilaa seurataan, kunnes rakennesuunnittelijan määrittämä lujuustaso saavutetaan. (Vuorinen, 2012.)

2.5.2 Betonointisuunnitelma

Betonointisuunnitelmaa käytetään valutyön ohjeena, joka laaditaan suunnitelmien ja selostuksien pohjalta työmaan käyttöön. Suunnittelijan vastuulla on tutkia ja varmistaa materiaalivaatimukset sekä lopputuotteelle asetetut vaatimukset, jotka esitetään suunnitelmissa ja asiakirjoissa.

Betonointisuunnitelman tärkeys korostuu etenkin talvikautena.

Betonointisuunnitelman laatii yhdessä suunnittelija, työmaa ja betonitoimittaja. (Vuorinen, 2012.)

Työmaalla kylmien olosuhteiden betonointisuunnitelmassa huomioitavat asiat:

- lämmityksessä käytetyn järjestelmän ja muottikaluston yhteensopivuus,
- muottikierron tahdistava vaikutus työn aikatauluun aina muotin kasauksesta muotin purkuun sekä muottien riittävyys tarkistetaan,
- sijoitetaan ja määritetään työsaumat,
- määritetään betonin muotinpurkulujuus rakenneosittain,
- betonilaadut valitaan muottikiertovaatimusten pohjalta, unohtamatta muotinpurkulujuuteen ajallisesti vaikuttavia tekijöitä kuten valutyön suojaus ja lämmitys,
- lämmitys ja lämpötilaseuranta suunnitelma,
- tutkitaan lämmityskaluston kunto ja määrä sekä varmennetaan lupatarve ja niiden hankinta,
- laatuvaatimukset lämpösuojauksille ja niiden määrä,
- suunnitellaan muottien purkujärjestys sekä rakenteiden jälkituenta.,
- muottikierron vaadittu nopeus, valitaan muottijärjestelmä sekä soveltuva jälkituentajärjestelmä,
- lämmitysmenetelmä ja betonin lämpösuojaus,
- seurataan säätietoja ennakoivasti valuhetkeä varten. (Vuorinen, 2012.)

2.5.3 Lämmitys

Talvibetonointisuunnitelman tärkein osa on betonin lämmitysmenetelmän tai menetelmien valinta. Työmaa suorittaa tällöin rakennukseen ja rakenteisiin parhaiten soveltuvien lämmitystapojen vertailun sekä taloudellisessa että teknisessä mielessä. Oikeilla työmenetelmien ja -tapojen sekä energiamuotojen valinnalla voidaan saavuttaa suuriakin säästöjä. Tavoitteena on löytää työmaan kokonaistalouden kannalta edullisin ja toimivin vaihtoehto. (Vuorinen, 2012.)

Lämmitystapojen vertailussa tulee huomioida monia tekijöitä. Yksi tekijä on vuodenaika eli mihin betonointi ajoittuu, sekä mikä on tästä aiheutuva lämmitystarve. Vertailussa täytyy ottaa huomioon rakennuksen koko sekä muoto. Lisäksi täytyy miettiä käytetäänkö lämmitysmenetelmää ja käytettävää energiamuotoa myös rakennusrungon kuivatuksessa. Minkä tyyliä ovat rakenteet, jotka betonoidaan? Onko lämmitettävä tila suljettavissa? Minkälaisella kalustolla ja kapasiteetillä betonointi tehdään (muotit, siirrot, suojausajankohta jne.)? Millaisella aikataululla eli kuinka nopeasti työ on tehtävä? (Vuorinen, 2012.)

2.5.4 Suojaus

Talviolosuhteissa valetut rakenteet tulee suojata huputtamalla. Ohjeistus rakenteiden suojaukseen tulee löytyä betonointisuunnitelmasta. Betonin lujuudenkehitys tulee varmistaa riittävällä suojauksella. Suojaus pitää suorittaa huolellisesti betonointisuunnitelman mukaan, etenkin kylmäsilta-alueet vaativat tarkkuutta suojaukselta. (pystyrakenteiden ala- ja yläosat, tukialueet, reuna-alueet). (Vuorinen, 2012.)

2.5.5 Lujuuden kehityksen hallinta

Kovettuvan ja tuoreen betonin lämpötilaa tulee seurata rakenteen ns. kriittisistä pisteistä. Näihin pisteisiin kuuluu rakenteiden kohdat, joissa lämpötilan oletetaan olevan matalimmillaan, ja joihin muotin purkuhetkellä kohdistuu suurin rasitus. Rakenteen toimivuuden kannalta kriittisiä kohtia ovat seinien ja pilarien alaosat sekä rakenteen kohdat, joihin kohdistuu yläpuolisista rakenteista suuria voimia eli seinien ja pilarien yläosat. Lämpötilat tulee mitata myös rakenteen tukialueilta, joihin muodostuu kylmäsiltoja. (Vuorinen, 2012.)

Lujuudenkehitystä betonissa seurataan ja hallitaan kahdella eri toimenpiteellä. Betonin lämpötilaa seurataan kun betoni on tuoretta ja alkanut kovettumaan. Käytetyn betonin suhteitustietojen ja lämmönkehityksen seurannalla ja saatujen tuloksien perusteella määritetään betonin lujuus. (Vuorinen, 2012.)

3 MUOTTITYÖT, PYSTYRAKENTEET

Paikalla valettavan betonipinnan ulkonäköön ja laatuun vaikuttaa betonin laatu sekä oikeaoppinen työsuoritus. Näiden lisäksi käytössä oleva muottimateriaali sekä muottirakenteen lujuus ja tiiviys vaikuttavat ulkonäköön. Myös muotin mittojen täytyy olla oikeat. Muotin täytyy olla kestävä ja hyvin tuettu, ettei se betonimassasta aiheutuvan valupaineen takia kaadu tai muuta muotoaan. Betonin vaatima tiivistys kasvattaa muottiin kohdistuvaa painetta. Muotin täytyy olla myös tiivis, ettei betonin sementtiliima työnny muotin saumoista ulos heikentäen rakenteen lujuutta tai betonipinnan ulkonäköä.

(Betoniteollisuus ry, 2015. Muottityö.)

Anturamuotit kootaan yleensä siivuista, jotka voidaan tehdä joko laudasta tai muottilevystä. Yleensä siivut valmistetaan etukäteen, jotta muotin kokoaminen ja paikalleen tukeminen on nopeaa työmaaolosuhteissa. (Betoniteollisuus ry, 2015. Muottityö.)

Sokkelin muotit valmistetaan yleisesti 22x100 mm² laudasta, ja ne tuetaan 50x100 mm² soiroilla. Muotti on nopea ja helppo koota lastulevystä, vanerista tai kaseteista. Mikäli halutaan tavoitella elävää, arkkitehtonista pintaa, ne eivät sileinä muottipintoina kuitenkaan vastaa lautapintaa. (Betoniteollisuus ry, 2015. Muottityö.)

3.1 Kaarevien seinien muotit

Kaarevia pintoja kannattaa toteuttaa muottiteknisesti edullisista, murtoviivana kapeista ja suorista muottipaloista. (Korpela & Palolahti 2011,9.) Kuvassa 7 (sivulla 22) näkyy taustalla rakennettu kaareva muotti rakennusvaiheessa Marketanpuistossa. Muotiksi soveltuvat useat erityyyliset järjestelmämuotit. Kasettileveys valitaan siten, että poikkeama pyöreästä on mahdollisimman pieni. Kasettien välissä on järjestelmästä riippuen joko puusovite tai teräksinen kaariadapteri, josta jää jälki lopulliseen pintaan. (Korpela & Palolahti 2011,9.)



Kuva 7. Rakennusvaiheessa oleva sekä valmis kaareva tukimuuri. (Kokko, 2015).

Kuvassa 7 rakennusvaiheessa oleva kaareva tukimuuri on takana ja valmis kaareva tukimuuri on edessä. Muurin vieressä on porrasmuotti ja -matriisi.

3.2 Muottimateriaali

3.2.1 Muotindirrotusaineet

Muottimateriaalin ja betonipinnan vaurioituminen estetään muotindirrotusaineella muotinpurun yhteydessä. Hyvällä muottimateriaali- ja muotindirrotusaineyhdistelmällä pystytään vähentämään pinnan huokoisuutta. Oikeanlainen yhdistelmä vähentää huokoisuutta. Muotindirrotusaineet tekevät muottipinnasta tiiviin ja näin myös estävät veden imeytymistä betonista muottiin. Tämän seurauksena betonipinnasta tulee vaaleampi. Muotindirrotusaineen ja muottimateriaalin yhteensopivuus täytyy aina varmistaa ennakkokokein. (Korpela & Palolahti 2011, 13.)

Jokaisen valukerran jälkeen muottipinnat täytyy puhdistaa. Pinta on hyvä pestä painevedellä sekä harjaamalla. Tämä puhdistus auttaa parhaiten vain heti muotinpurun jälkeen tehtynä. Muotindirrotusaineiden käyttö helpottaa muottien puhdistusta valun jälkeen. Muotindirrotusaineita olisi käytettävä jokaisella valukerralla. Ainetta levitetään tasainen kerros ja ylimääräinen muotindirrotusaine pyyhitään pois. Muotteja kannattaa käsitellä varoen. Irrotusvaiheessa on syytä varoa vaurioittamasta muottia työkaluilla. Muotit varastoidaan ja kuljetetaan siten, että muottipinta ei vahingoitu kivistä tai

roiskeista. Vaakatasossa olevaan muottiin kertyvä vesi saattaa turvottaa ja vahingoittaa muottia. (RECKLI GmbH, 2011.)

Lasikuitu ja muovi

Lasikuitua ja muovia käytetään yleisimmin muottimateriaalina erikoismuoteissa, kuten kupumuoteissa ja pilarimuoteissa. Muotit ovat tiiviitä pinnoiltaan ja vaativat etenkin pystyvaluissa matalat valukerrokset sekä erittäin huolellisen betonin tiivistyksen, jotta muottipintaan kertyvät ilmahuokokset tulee poistetuiksi. (Korpela & Palolahti 2011, 6.)

Muovisia muotteja käytettäessä betoni ei värjäydy kuten esim. absorboivia muottimateriaaleja käytettäessä. Jotkut muoviset muottimateriaalit saattavat tehdä betonipinnan kiiltäväksi. Kiiltävä pinta on erityisen herkkä sään vaihteluille, koska pinnan jäätyminen, kastuminen tai kuivuminen kuluttaa pinnan kiillon epätasaiseksi. Tästä syystä ulkotiloihin jäävillä pinnoille ei suositella käytettäväksi muovimuottia. . (Korpela & Palolahti 2011, 4.)

Kumi ja elastiset materiaalit

Mikäli betonin pintaan halutaan voimakas kuviointi, se toteutetaan pienillä päästökulmilla. Tällöin täytyy käyttää muotin uloimpana, betonia vasten jäävänä pintana kumimateriaalia. Muotin purkamisen betonia rikkomatta muita materiaaleja käyttäen ei ole monestikaan mahdollista. Kumimateriaali soveltuu pienille, paljon toistoa tekeville pinnoille. Kun käytetään elastisia polyuretaanielastomeerimuotteja, tulee varmistua siitä, että muotinirrotusaine soveltuu sekä betonille että muottimateriaalille. (Korpela & Palolahti 2011, 6.)

3.2.2 Muottisiteet

Muottipinnan sekä valettavan rakenteen lävistäviä muottisiteitä täytyy käyttää valupaineen takia. Muottisiteiden avulla muotit saadaan asettumaan halutulle seinäpaksuudelle. Muottisiteellä lävistetään valettavan rakenteen välikeputken (valuholkki) sisällä, jolloin se poistetaan ennen muotin purkua. Muottisiteiden käyttöä ei muotitusteknisistä syistä voida välttää. Muottisiteiden reiät jättävät rakenteeseen jälkiä ja itse siteitä jää myös kiinni valuun. Valuun kiinni jäävät siteet katkaistaan 15mm:n syvyyteen betonipinnasta ja ne suojataan laastilla korroosioita vastaan. Muottisiteiden paikat tulisikin huomioida jo

suunnitteluvaiheessa, koska ne vaikuttavat rakenteen arkkitehtoniseen ulkoasuun. Jos haluttua ulkoasua ei saavuteta muottisiteiden paikkojen suunnittelulla, voidaan muotinpintaan kiinnittää kartioita, jotka muodostavat rakenteen pintaan muottisidejälkiä. *Puhdasvalupinnoista valuun kiinni jääviä muottisiteitä ei käytetä näkyviin jäävän korroosion estävän laastipaikkauksen takia.* (Suomen Betoniyhdistys r.y. 2003, 28.)

3.2.3 Työsaumat sekä rakenteen kulmat ja nurkat

Pysty- ja vaakasuuntaisia työsaumoja syntyy kerralla toteuttavissa betonirakenteissa. Työsaumat tulisi huomioida jo suunnitteluvaiheessa, koska työsaumat jäävät aina näkyviin valmiiseen betonipintaan. Suunnittelun haastavuutta lisää rakennuttajan toiveet valumuottien koosta. *(Pahkala & Vuorinen, 2003.)*

Keskeytynyttä valua jatkettaessa valusaumakohtaan muodostuu betonin kovettuessa epätasaisuutta. Tätä esteettistä ongelmaa voidaan peittää saumalistalla. Betonipinta voidaan saumalistoilla jakaa myös selkeästi osiin. Rakenteen nurkkien tiiveyttä ja niiden vaurioitumisriskiä voidaan pienentää asentamalla muottien nurkkiin kolmiorimat. (Suomen Betoniyhdistys r.y. 2003, 30.)

3.2.4 Laatuvaatimukset

Muottia vasten valettujen pintojen laatutekijöitä esitetään taulukossa 2 (sivulla 25). Luokitustaulukossa esitetään laatutekijöitä joita ovat väri vaihtelu sekä taulukossa esitettävät tekijät. Pintamalla käytetään kuvaamaan luokittelemattomia laatutekijöitä. *Tärkein luokittelematon tekijä on pinnan sileys (alle 1 mm tasoero).* Taulukon avulla voidaan määritellä muotti jota käytetään. Laatuvaatimukset pinnoille ilmoitetaan neljällä eri luokitusmerkinnällä. *Pinnat jaetaan neljään luokkaan AA, A, B ja C.* Paikalla valettujen pintojen luokitustaulukossa MUO ja MUK esitetään luokkien laatuvaatimukset. Perustuksille ja muille piiloon jääville pinnoille käytetään yleensä heikointa C- luokan vaatimusta. *Pinnan luokkaa voidaan kuvata esimerkiksi tunnuksella MUO-A-E-S, (muottia vasten valettu A-luokan pinta*

(harmaa), pinnasta tehdään malli ja valmis pinta suojataan imepgrointiaineella). Erikseen suunnitelmiin tulee merkitä jos saman pinnan laatutekijöitä valitaan eri luokista tai jos vaatimukset kohdistuvat vain tiettyihin laatutekijöihin. (Pahkala & Vuorinen, 2003.)

Taulukko 2. Luokitustaulukko muottia (MUO) ja kuvioitua muottia (MUK) vasten valetuille betonipinnoille (Pahkala & Vuorinen, 2003.)

Laatutekijät		Vaatimukset		
		Luokka AA	Luokka A	Luokka B
Nystermä				
suurin korkeus	mm	2	3	6
suurin leveys	mm	3	9	20
suurin määrä	kpl/m ²	10	20	40
Syvennys				
suurin syvyys	mm	2	4	7
suurin leveys	mm	4	9	15
suurin määrä	kpl/m ²	10	20	40
Hammastus				
	mm	1	2	5
Valupurse tai valuhaava muottisauman kohdalla				
suurin korkeus tai syvyys	mm	1	2	4
suurin leveys	mm	3	3	6
suurin määrä (koskee myös korjatun sauman pituutta)	% muottisaumojen pituudesta	10	20	30
Vaakasuorassa valettujen pintojen huokokset, Ø ≥ 5 mm				
suurin läpimitta ja syvyys	mm	7	8	10
suurin kokonaismäärä	kpl/m ²	40	40	80 ³⁾
Pystysuorassa valettujen pintojen huokokset, Ø ≥ 5 mm				
suurin läpimitta ja syvyys	mm	8	10	12
suurin kokonaismäärä	kpl/m ²	40	60	100 ³⁾
Vaakasuorassa valettujen pintojen valuvika (aina korjattava)				
suurin koko	m ²	ei sallita	0,1	0,3 ³⁾
suurin määrä	kpl/100m ²	ei sallita	1	2 ³⁾
Pystysuorassa valettujen pintojen valuvika (aina korjattava)				
suurin koko	m ²	ei sallita	0,2	0,3 ³⁾
suurin määrä	kpl/100m ²	ei sallita	3	2 ³⁾
Pinnan käyryys ja aaltoilu				
suurin mittapoikkeama	mm/1,5m	3	5	8
Väri vaihtelu²⁾				
harmaat pinnat	valittavat luokat	2 tai 3	2 tai 3	–
valkobetoni pinnat	ks. by 40 Betoni-	1 tai 2	2 tai 3	–
muut väribetonipinnat	rakenteiden pinnat 2003 (luku 10)	2 tai 3	2 tai 3	–

2) Tarvittaessa, vaatimus merkitään V-tunnuksella ja luokan kirjaintunnuksella. Ei käytetä luokan B pinnoissa.

3) Näkymättömiin jääville pinnoille (esim. perustukset ja alaslaskettujen kattojen betonipinnat) sallitaan kaksinkertaiset arvot. Luokan tunnus on silloin C.

3.3 Muottimatriisit

Muottimatriiseilla saadaan luotua erilaisia pintakuvioita betonin pintaan. Kuvassa 9 (sivulla 27) on rakennettu muuri Espoon Nöykkiöön omakotitalotyömaalle. Kuvasta huomaa pintakuvioinnin tyylin. Muottimatriisit kestävät useita käyttökertoja, koska ne ovat ominaisuuksiltaan mm. iskun, kulutuksen ja repimisen kestäviä. Pitkissä sarjoissa saavutetaan kustannustehokas ratkaisu. Matriisien ja värien yhdistelmällä saadaan upeita mahdollisuuksia. Matriisit, joita tässä työssä käytettiin, koostuvat kumimaisista polyuretaanielastomeereista. Niiden suuri joustavuus ja elastisiteetti mahdollistavat muottien irrottamisen näkyvistä betonipinnoista pintoja vaurioittamatta ja tekstuuriprofiilin millimetrin tarkaan ja teräväreunaisen toiston, vähäisillä vastapäästöillä tai sisennöksillä. (RECKLI GmbH, 2011.)

Matriiseissa ei ole samankaltaista toistoa kuin esimerkiksi tapeteissa on. Kuviot kulkusuuntineen käyvät ilmi kuvasta 8. Kuvioiden kulkusuunnat ovat suunniteltu niin, että ne voidaan liittää toisiinsa melkein missä kohdassa tahansa ilman, että jää näkyviä tai häiritseviä saumakohtia mihinkään. Oikein hoidettuna ja säilytettynä polyuretaanielastomeerimuotti kestää useita käyttökertoja ja on sen ansiosta kustannustehokas muotti. (RECKLI GmbH, 2011.)



Kuva 8. Polyuretaanielastomeerimuotti (Kokko, 2015).

3.3.1 Polyuretaanielastomeerimuotti

Työssä käytettävän muotin materiaali on polyuretaanielastomeeri. *PU-elastomeerien valmistukseen käytettävät raaka-aineet voidaan jaotella neljään ryhmään:*

- *isosyanaatit, joista yleisimmät ovat TDI ja MDI*
- *polyolit, joista yleisimmät ovat eetterit ja esterit*
- *verkouttajat eli ketjunjatkajat*
- *lisäaineet, kuten väripigmentit, pehmentimet, katalyytit, syttymisenhidastimet.*

Polyuretaani sopii parhaiten kohteisiin, jossa täytyy olla repimislujuutta, tarvitaan kovaa kuormankestokykyä tai olosuhteilta vaaditaan kaasujen, öljyjen ja aromaattisen hiilivetyjen, hapen tai otsonin sietokykyä. Lisäksi polyuretaani voidaan kiinnittää metalliin kanssa oikein valettuna niin lujasti, että liitoslujuus ylittää PU:n oman repimislujuuden. (Ravelast Polymers, 2015.)

Kuvassa 9 on kuviobetonoitu, paikalla valettu muuri. Kuvassa alhaalla vasemmalla näkyy myös muottimatriisi. Työmaakuva on otettu Espoon Nöykkiöstä OKT-työmaalta



Kuva 9. Kuviobetonoitu, paikalla valettu muuri (Seppänen, 2015).

4 VÄRIBETONI

Väribetonilla tarkoitetaan pigmenteillä värjättyä betonia elementissä tai valmisbetonia paikalla valaen. Pintaan saadaan tasainen värisävy, kun sementtiliima poistetaan esimerkiksi hieno- tai happopesulla tai hiomalla. Väribetonista pintaa suositellaan myös impregnoitavaksi värihajonnan minimoimiseksi. Betonipinnan ja valumassan valmistuksessa rakeisuuden,

vesimäärän ja tärytyksen vakiointi on tärkeää tasalaatuisuuteen pyrittäessä. (Suomen Betoniyhdistys r.y. 2003, 113.)

4.1 Valmisbetonin pigmentointi

Betonia voidaan värjätä pigmenteillä kauttaaltaan. Kuvassa 10 (sivulla 29) vasemmanpuoleisen muurin osuus on värjätty Ruduksen toimittamalla betonimassalla, mustaan pigmenttiin, 4 % sementin painosta.

Rautaoksidipigmentit ovat epäorgaanisia jauhemaisia väriaineita. Ne ovat tarkoitettu betonien, laastien, tasoitteiden ja saumamassojen värjäykseen. Tavallisimpia Labet Oy:n väribetonin valmistuksessa käytettäviä pigmenttejä ovat punainen, musta, ruskea ja keltainen. Rautaoksideita voidaan hyvin käyttää myös maalien väriaineena. Tuotteet ovat alkalin-, sään- ja valonkestäviä. (Labet Oy, 2015.)

Alla Labet Oy:n pigmenttejä, jotka tunnistetaan sävynumeron perusteella seuraavanlaisesti:

- 100 ja 200 sarjat ovat punaisia
- 300 sarja on musta
- 600 sarja on ruskea
- 900 ja 400 sarjat ovat keltaisia.

(Labet Oy, 2015.)

Pigmenttejä on jauhemaisen olomuodon lisäksi saatavana C-tyyppinä (Compact), joka ei pölyä sekä myös G-tyyppinä (Granulat), joka on tarkoitettu pneumaattiseen annosteluun. (Labet Oy, 2015.)

Titaanivalkoinen titaanidioksidi on hienojakoinen valkoinen jauhemainen pigmentti, se on tarkoitettu betonin vaalentamiseen. Titaanivalkoinen pigmentti on niin hienojakoista, että se lisää vedentarvetta. Vedentarvetta saadaan vähennettyä käyttämällä notkistinta. (Semtu Oy, 2011).

Annostus ja sekoitus

Pigmenttejä annostellaan valkobetoniin yleensä 0,3–3,0 painoprosenttia sementin painosta. Harmaaseen betoniin annostellaan 3–6 painoprosenttia sementin painosta. Pigmenttiä sekoitetaan betonimyllyssä kiviainesten

kanssa, minkä jälkeen lisätään sementti, vesi ja lisäaineet, ja sekoitetaan tasaiseksi. (Labet Oy, 2015.)

Kun valmistetaan säänkestävää värjättyä betonia, täytyy ottaa huomioon myös mahdollinen huokostamisen lisätarve ennakkokokeilla. Pigmenttejä voidaan sekoittaa myös keskenään halutun värisävyn saavuttamiseksi. (Labet Oy, 2015.)

Alla olevassa kuvassa 10 vasemmanpuoleinen muurinoso on värjätty Ruduksen toimesta käyttäen 4% mustaa pigmenttiä sementin painoprosentista. Betoni C28/35 #16 on säänkestävä betoni. Oikean puoleinen osuus muurista on tehty IT-betonilla, ennen myöhemmässä ajankohdassa tehtyä kemiallista värjäystä.



Kuva 10. Marketanpuiston muuri (Mäkelä, 2015).

Betonin väriin vaikuttavat tekijät

Kun valmistetaan väribetonia, käytetään samoja raaka-aineita kuin tavallistakin betonia valmistettaessa. Parhaimman lopputuloksen aikaansaamiseksi kannattaa käyttää koko työn ajan samaa sementtilaatua ja samaa kiviainesta, mikäli mahdollista. Sementtilaadulla ja määrällä on merkitystä betonin väriin ja värisävyihin. Myös vesi-sementtisuhde ja hienoimman kiviaineksen osan väri vaikuttaa lopputulokseen. Betonin kovettumislämpötila voi osaltaan myös vaikuttaa betonin lopulliseen väriin samoin kuin kosteustila, jossa betoni tulee olemaan. Joillakin lisäainetoimittajilla olevat tuotteet saattavat olla niin tummia, että se vaikuttaa betonin lopulliseen väriin. (Finnsementti Oy, 2013.)

Kaikilla pigmenttien annostuksilla on oma kyllästymispiste, jonka ylittämällä ei lisätä enää värin voimakkuutta. Kyllästymispisteen alittavilla annostuksilla

pienetkin määrämuutokset huomataan värisävymuutoksina. Jos annostus lähenee liian paljon kyllästymispistettä, muutos pienenee, ja kyllästymispisteessä se lakkaa käytännössä kokonaan. (Finnsementti Oy, 2013.)

Yleisesti pigmenttien kyllästymispiste on 5–10%:n välillä. Pigmenttien ja värien välillä voi olla suuriakin eroja. Pigmentissä ei kannattaisi käyttää lähellä kyllästymispistettä olevaa annostusta, mikäli mahdollista. Käytettäessä valkoista sementtiä saadaan betonin lopullisesta väristä kirkaampaa ja puhtaampaa kuin perinteisellä harmaalla sementillä, koska tavallinen harmaa sementti himmentää pigmenttien vaikutusta. Mitä vaaleampaa pigmentin sävyä käytetään, sitä tärkeämpää valkosementin käyttö on kirkkaan sekä lopullisen puhtaan värisävyn aikaansaamiseksi. (Finnsementti Oy, 2013.)

Kiviaineksista hienoimman osan väri voi vaikuttaa betonin lopulliseen värisävyyneen. Tästä syystä, mikäli mahdollista, kannattaa käyttää koko työn ajan samaa kiviainesta. Erittäin tärkeää tämä on, kun valmistetaan esim. hienopestyjä rouhepintoja. Mikäli halutaan erittäin tasavärinen pinta, on käytettävä sekä hienoaineksena että rouheena samaa kivilaatua. (Finnsementti Oy, 2013.)

Väribetoneilla on tarkemmat valmistusvaatimukset kuin normaalia betonia valmistaessa. Kaikki osa-aineet täytyy mitata punnitsemalla. Myös tärytys on erityisen tarkkaa työtä. Se tulee tehdä joka kohdasta valua tasaisesti sekä erittäin huolellisesti – välttämättä täyttämästä liikaa. Suuria sileitä ja yhtenäisiä väribetonipintoja kannattaa pyrkiä välttämään, koska tällaisissa pinnoissa näkyvät pienetkin sävyerot helposti. Pinnat pitäisi aina karhentaa tai pilkkoa pienempiin osiin esim. profiloinneilla. (Finnsementti Oy, 2013.)

Pigmentin vaikutus betonin lujuteen

Vesi-sementtisuhteen kasvu voi johtua pigmenteistä. Sen seurauksena sillä on vaikutusta myös betonin lujuteen. Vesi-sementtisuhte voi nousta, koska pigmentit ovat niin hienojakoista jauhetta, että ne lisäävät betonin veden tarvetta. Mikäli vedentarvetta korjataan vedellä eikä notkistimella, vesi-sementtisuhte kasvaa. Kasvava veden tarve myös vaalentaa betonia, mutta myös laskee betonin lujutta. Tästä syystä väribetonin vesi-sementtisuhte olisi pidettävä mahdollisimman pienenä ja vakiona. (Finnsementti Oy, 2013.)

Pigmenttien käyttö lisäaineiden kanssa

Pigmenttejä käytettäessä täytyy huomioida myös mahdollisia muutoksia lisäaineiden annostuksessa. Pigmentillä voi olla suuri merkitys huokostimien tehossa. Huokostimien annostusta on suurennettava käytettäessä suuria pigmenttiannostuksia. (Finnsementti Oy, 2013.)

Ympäristö ja työturvallisuus

Rautaoksidit ovat kemiallisesti reagoimattomia ja myrkyttömiä aineita. Ne voivat kuitenkin hienoaineisena pölynä ärsyttää silmiä ja hengityselimiä. Pigmentit ovat myös erityisen likaavia. Tästä johtuen pigmenttejä käsiteltäessä suositellaan käytettäväksi suojakäsineitä, -laseja ja -vaatetusta sekä hengityksen suojainta. (Finnsementti Oy, 2013.)

Suunnitteluohjeita

Pinta–alaltaan suurien betonipintojen värjäyksessä tulee huomioida betoniannoksen määrä: koska seuraava betoniannos on mahdollisesti erivärinen. Tähän mahdollisuuteen tulee varautua jakamalla pinta osiin. Yksi jaettu osa kooltaan vastaa yhtä sekoitettua betoniannosta. Väri vaihtelua saadaan tasattua myös paljastamalla kiviainesta betonin pinnassa esim. betonipesulla. Suunniteltaessa kiinnikkeitä ja nostolenkkejä tulee niiden materiaalivalintoihin kiinnittää huomiota, koska teräsosista irtoaa likaa ja ruostetta. Valumajälkien poistaminen etenkin sileästä valkobetonipinnasta on hankalaa. Kiinnikkeiden ja lenkkien tulisikin aina olla valmistettu ruostumattomasta teräksestä. Pintaan kiinnitettävien konsolien ja laitteiden tulee olla myös ruostumattomia tai sinkittyjä tai muovipinnattuja esim. teräsovioiden piililistat. (Suomen Betoniyhdistys r.y. 2003, 78.)

Maanpaineeseinien ja tukimuurien pinnoittamista ei suositella ellei kosteudenjohtumista rakenteeseen pystytä katkaisemaan. Rakenteen tausta tulisi salaojittaa tai rakenteen taustapinta kosteus eristää. Paineellisen veden rasittaessa taustaa tulee pinta vesi eristää. (Suomen Betoniyhdistys r.y. 2003, 81.)

Pinnoitustöiden onnistumisen kannalta ulkotiloissa on tärkeää huolehtia tartuntapohjan karkeudesta. Mitä karkeampi on betonin pinta sen paremmin

pinnoite siihen tarttuu. *Jos tavoitteena on sileä pinnoitettu pinta, kannattaa karhentaa mahdollisimman vähän; tuotevalmistajien ilmoittaman pinnan karheuden mukaan.* (Suomen Betoniyhdistys r.y. 2003, 80, 118.)

Betonin värjäyksen kemiallisen reaktion prosessi

Tässä prosessissa, veden, hapon ja suolan seosta lisätään betonin pintaan esim. sienellä manuaalisesti ”töpöttömällä” tai korkeapaineruiskulla sumuttamalla. Lopuksi ammoniakkia ja vettä lisätään neutraloimaan liuoksen vaikutusta betonissa, neutralointi tehdään noin neljä tuntia itse värjäytyksen jälkeen. Kemialliset reaktiot tapahtuvat betonin sisällä, happoliuoksen tunkeutumissyvyys betoniin on n. 0,5mm. Valmistetun liuoksen, kalkin ja mineraalien reagoidessa keskenään, reaktiossa syntyy betoniin uusia värejä. Mitä enemmän betonin pinnassa on mineraaleja, sitä ainutkertaisempia värejä reaktiossa betonirakenteeseen syntyy. Betonin pinnassa ei saa olla näkyviä kiviä, koska kivet eivät reagoi värjäytymällä. Värjäyksen kemikaaleina käytetään rautaklorideja (FeCl_3), suolahappoa (HCl) ja Natriumvetykarbonaattia eli natrium-bikarbonaattia (NaHCO_3). (Nasvik, 2009.)

Happovärjäyksessä betoni reagoi kemiallisen liuoksen kanssa, jossa betonirakenteen ulkoasua ja betonin pintarakennetta muokataan. Happo avaa betonin pinnan, jolloin metallisuolat pääsevät vapaasti reagoimaan betonissa olevan kalkin kanssa. Kemiallisen liuoksen vesi ruokkii reaktiota – tavallisesti noin kuukauden kuluttua betonin väri on saavuttanut pysyvän sävynsä. Eroavaisuus esim. vesipohjaiseen värjäykseen on pintarakenteen muutos, kun taas vesipohjaisessa värjäyksessä betonin pintaan tartutetaan kalvomainen pinta. (Nasvik, 2009.)

Kemiallista värjäystä voidaan soveltaa uusiin tai vanhoihin pintoihin, tavalliselle eli harmaalle tai värilliselle betonipinnalle. Vaikka menetelmää kutsutaan happovärjäykseksi, happo ei ole betoniin tuotu väriaineosa. Metallisuolat happamassa, vesi-pohjaisessa liuoksessa reagoivat sammutetun kalkin (kalsiumhydroksidi) kanssa ja ne muodostavat liukenemattomia, värillisiä yhdisteitä, joista syntyy betonin ja liuoksen reaktiossa pysyvä osa betonia. Useat yritykset valmistavat kemiallisia värjäysaineita, jotka ovat muunnelmia kolmesta perusväriyhmästä; musta, ruskea, ja sinivihreä. (Nasvik, 2009.)

Muut tekijät, jotka vaikuttavat lopputulokseen ovat:

1. Käytetty kiviaines
 2. Betonin kiteytyminen
 3. Sääolosuhteet kun värjäys tehdään
 4. Betonin ikä ja kosteuspitoisuus kun värjäys tehdään
 5. Betonin viimeistely menetelmä
 6. Käytetyt lisäaineet
- (Nasvik, 2009)

Yleensä sementit, jotka tuottavat suurempia määriä kalsiumhydroksidia kuivuessaan, tuottavat myös enemmän väriä betonin pintaan. Korkean sementtimäärän sisältävä betoni tuottaa voimakkaita värejä. (Nasvik, 2000.)

Huokostimet tai veden määrää vähentävät lisäaineet eivät aiheuta ongelmia materiaalissa. Kuitenkin käytettäessä kalsiumkloridia (CaCl_2) sisältäviä kiihdyttimiä ne voivat aiheuttaa hyvin kirjavia, voimakkaasti värjäytyneitä laikukkaita alueita, ja tästä syystä niitä ei suositella käytettäväksi. Kloridittomat kiihdyttimet eivät aiheuta laikullisuutta betonin värjäntymisprosessissa. (Nasvik, 2000.)

Lähellä betonin pintaa sijaitsevat kalsiumpohjaiset yhdisteet, kuten kalkkikivi, reagoi kemialliseen liuokseen voimakkaasti ja syventää väriä betonin pintaan. Pii-pitoiset aineet, kuten kivi ja sora eivät reagoi happoliuoksen kanssa (Nasvik, 2000.) Aiheesta lisää luvussa 6 (sivulla 38).

Kemiallisessa happovärjäyksessä tulee varmistaa happoliuoksen tunkeutuminen riittävän syvälle betoniin. Hapon tunkeutumis syvyys on tavallisesti noin 0,5 mm. Betonialusta tulee käsitellä riittävän hyvin hiekkapuhaltamalla tai korkeapainepesulla vaihtoehtoisesti happoliuoksen konsentraatiota kasvattamalla. (Nasvik, 2000.)

Sisustus, kuiva- ja märkätilat

Märkätiloissa lähes jatkuva veden läsnäolo ruokkii reaktiota betonissa pitkään. Sinivihreäksi värjäyty betoni alkaa ajan kuluessa muuttua ruskeaksi ja lopulta mustaksi. Aluksi tämä reaktio aiheuttaa vaihtelua ulkonäköön. Koska sinivihreissä väreissä tapahtuu värisiirtymiä, happovärivalmistajat neuvovat käyttämään näitä värejä vain ulkoilmassa. Sisustaessa betonilaatat on

valettava/asennettava hyvin kuivuneelle alustalle. Kosteuspitoisuuden tulee olla alhainen ennen kemiallista värjäystä. Sinivihreän värin muuttuminen ruskeasta mustaksi johtuu kuparikomponenteista, jotka reagoivat vesihöyryyn sen johtuessa kosteasta alusta läpi valetun laatan. (Nasvik, 2000.)

4.2 Maalauspinnoitusmenetelmä

Pinnoitusalustan laatuvaatimukset

Pinnoitettavassa pinnassa ei saa olla jälkihoitoaineita, ellei erityisiä tutkimuksia aineen yhteensopivuudesta pinnoiteyhdistelmän tai pinnoitteen kanssa tehdä. Pinnoitettavan pinnan on oltava riittävän puhdas, karkea, ehjä, luja sekä tasalaatuinen. Mitä karkeampi betoninpinta on sen parempi on pinnoitteen tartunta. Säärasitukselle altistuvissa ulkopinnoissa hyvä tartunta on erittäin tärkeää ja oleellista. Mikäli kuitenkin tavoitellaan sileää pinnoitettua pintaa, ei ole mielekästä ensin karhentaa pintaa ja sitten tasoittaa se. Karheusvaatimukset ilmenevät pinnoitevalmistajien tuotekohtaisesti ilmoittamista vaatimuksista. Pinnoitettavilta pinnoilta vaadittavat kosteusvaatimukset riippuvat sideaineista. *Yleensä orgaanissideaineiset pinnoitteet levitetään kuivalle ja sementtisineaineiset kostealle pinnalle, mutta pintakuivalle betonille. Silikaattisineaineiset pinnoitteet voidaan levittää kuivalle tai kostealle pinnalle.* Epätasainen kosteus alustassa aiheuttaa sementti- ja silikaattisineaineisiin pinnoitteisiin värin epätasaisuutta. (Suomen Betoniyhdistys r.y. 2003, 83, 118.)

Pinnan kuivatus

Pinnoitettavan pinnan tulee olla tarpeeksi kuiva jotta pinnoitustyö voidaan suorittaa. Pinnoitteiden tuotekohtaiset ohjeet kertovat tarvitseeko kastepiste määrittää. Pinnoitettava pinta mitataan pintalämpömittarilla. Ilman suhteellinen kosteus ja ulkolämpötila määrittävät kastepisteen. Pinnoitettavan pinnan tulee olla vähintään + 3 °C lämpimämpi kuin mitattu kastepiste. Rakennuskohteelle tulee laatia myös kosteudenhallintasuunnitelma. (Suomen Betoniyhdistys r.y. 2003, 90.)

Ulkopinnat

Ulkopintojen pinnoiteyhdistelmiltä ja pinnoitteilta edellytetään säänkestävyyttä, eivätkä ne saa lisätä betoniin kohdistuvia rasituksia. Pinnoitesysteemin

ulkonäön ja tartunnan säilyvyyden kannalta on tärkeintä, että pinnoitteen tai pinnoitesysteemin taakse ei jää rakennusaikaista kosteutta, eikä sinne pääse kulkeutumaan uutta kosteutta, joka pyrkii poistumaan rakenteen pinnan kautta. (Suomen Betoniyhdistys r.y. 2003, 91.)

4.2.1 Maalausalustan hapotustekniikka

Käyttökohteet

Kemiallista hapotustekniikkaa käytetään maalauspinnan maalauspinnoitustyön pohjatyönä. Käyttökohteina yleensä ovat julkisivuelementit, väliseinät, parvekkeet, sokkelit ja pilarit sekä käsittelemättömät betonilattiat, sillat ja muurit. Työstettävän pinnan tulee olla vuorokauden vanha tai vanhempi. (Toivonen, 2015.)

Työmenetelmän edut

Menetelmällä saavutettavia etuja ovat betonipinnan tasainen ja mattamainen maalausalusta tai mikropesupinta. Menetelmällä saavutettu pinnanlaatu vähentää paikkaustöitä verrattuna hiekkapuhallusmenetelmällä saavutettuun pinnan tasoon, hapotustekniikkamenetelmän avulla saadaan poistettua mahdolliset värjäytymät, ruosteet ja esimerkiksi betonivalumat pystyvalupinnoilta. (Toivonen, 2015.)

Hapotusmenetelmä hidastaa myös betonin pinnan rapautumista ja parantaa sulamis-jäätymisrasituksen kestoja. Hapotuskäsittely ja valittu pinnoitusmenetelmä yhdessä suojaa julkisivuja sateelta, estää lian, kosteuden ja epäpuhtauksien imeytymistä betoniin sekä parantaa pintojen puhdistettavuutta. (Toivonen, 2015.)

Hapotusmenetelmä on ympäristö- ja käyttäjäystävällinen, käytetty pesuvesi voidaan johtaa viemäriin. Käsittelyaluetta ei tarvitse eristää, happoliuos on helposti ja nopeasti levitettävää, liuos vaahdotuu työstettäessä eikä käsittelystä jää ainejäämiä. Työmenetelmällä säästetään aikaa verrattuna hiontaan. (Toivonen, 2015.)

Lopullinen pinta

Kemiallisella sementtiliiman poistolla betonin pinnasta saadaan aikaiseksi hyvä tartuntapinta maalausurakkaohjeen mukaiselle pintakäsittelylle. Tästä

esimerkkeinä ovat seinäpinnat; maalaus, rappaus, laasti ja tasoite tai suojakäsiteltävät pinnat, kuten soledojulkisivu tai -graffitisuoja. (Toivonen, 2015.)

Työtekniikka

Työtekniikkana käytetään kemiallista sementtiliiman poistoa ja betonipinnan viimeistelyä, kuten värjäytymien ja valumajälkien poistoa. Tuotannon yhteydessä tai rakennustyömaalla tehtävä maalauspinoitustyön alusta etenee seuraavasti:

1. Betoninpinnalle levitetään ohut kerros vaahdottuvaa liuosta, pinnan tulee peittyä tasaisesti. Pinnan tulee olla kuiva, sumutus suoritetaan alhaalta ylöspäin. Liuoksen annetaan vaikuttaa 10-20 min betonin lujuudesta riippuen. Kuivuneisiin kohtiin voidaan lisätä liuosta tasaisen lopputuloksen saavuttamiseksi, jos pinta on sileä tai liukas voidaan ainetta levittää koko alueelle.
2. Irronnutta sementtiliimaa poistetaan vesi huuhtelemalla kovalla paineella, riittävä paine on n.150 barin paine. Painepesurilla suoritettaessa huuhtelu käytetään viuhkasuutinta n. 30-40cm etäisyydellä pinnasta. Turbosuuttimia ei tule käyttää pöyröjälkien välttämiseksi. Ristikkäispesulla vältetään pesuraitojen muodostuminen. Huuhtelu neutralisoi materiaalissa tapahtuvan kemiallisen reaktion. (Toivonen, 2015.)

5 KOHDE

Koristebetonimuuri, joka rakennettiin Espooseen, on nimeltään Decovalu. Tuotteella on myös omat internetsivut osoitteessa www.decovalu.fi. Opinnäytetyön tilaaja viittaa internetsivuillaan, että koristeellinen betoni on edullinen vaihtoehto luonnonkivelle. Valittavana on lukuisia värejä sekä pintamuotoiluja, ja lopputulos näyttää tyylikkäältä luonnonkiveltä. (Seppänen, 2015.)

Työssä verrattiin kahden koristebetonimuurin rakennusmenetelmää paikalla valettavana. Kaarevia muurimuotteja rakennettiin kaksi Espoossa sijaitsevaan Marketanpuistoon. Toisen muurin valmisbetonit läpivärjättiin betoniasemalla pigmentoimalla. Toinen muurin osuus tehtiin siten että, tilattiin IT-betonia,

annettiin betonin kovettua ja värjättiin muuri kemiallisesti myöhemmässä vaiheessa.

5.1 Betonin kemiallinen värjäys

Muurin värjäys kemiallisesti työmaalla

Teimme päivää ennen värjäystä letkupesun muuriin, jotta saimme muurin puhtaaksi. Värjäysaamuna muurin ollessa vielä hieman kostea (imukykyinen) aloitimme itse värjäyksen. Kuvan 11 mukaisesti muuri värjättiin suihkuttamalla happoväriä painepullolla, jonka jälkeen ”töpöttelimme” pinnan tasaiseksi sienellä. Työn ja lopputuloksen kannalta kokeilimme kahta erityyppistä annostelutekniikkaa.



Kuva 11. Muurin värjäys (Mäkelä, 2015).

Toisen osan muuria värjäsimme yhteen kertaan ja toiseen osaan muuria taas käytimme n. 50% happoa edelliseen verrattuna. Tarkoituksella teimme näin, jotta tilaaja voi tulevissa kohteissa miettiä tekniikan kannalta jo lopputulosta ja ulkonäköä ennakkoon. Jätimme myös saumat tarkoituksella värjäämättä, jotta saisimme esiin kontrasteja/värierotuksia. Kuva 12 osoittaa, miltä muuri näyttää ennen kemiallista värjäystä (vasemmalla) ja värjäyksen jälkeen (oikealla).



Kuva 12. Muuri ennen ja jälkeen värjäyksen (Mäkelä, 2015).

Samana iltapäivänä muuri vielä neutralisoitiin. Myöhempanä ajankohtana muuri vielä pestiin ja sen jälkeen kemiallisen värjäyksen työt oli suoritettu loppuun. Koska kyseessä oli näin pieni värjättävä osuus (reilu 4m²), emme tehneet värjäystyötä aivan näiden ohjeiden mukaisesti, mitä tässä työssä käsittelemme. Tämä asia otetaan huomioon myös yrityksen tulevia kohteita ajatellen.

6 ANALYYSI JA KEHITYSEHDOTUKSET

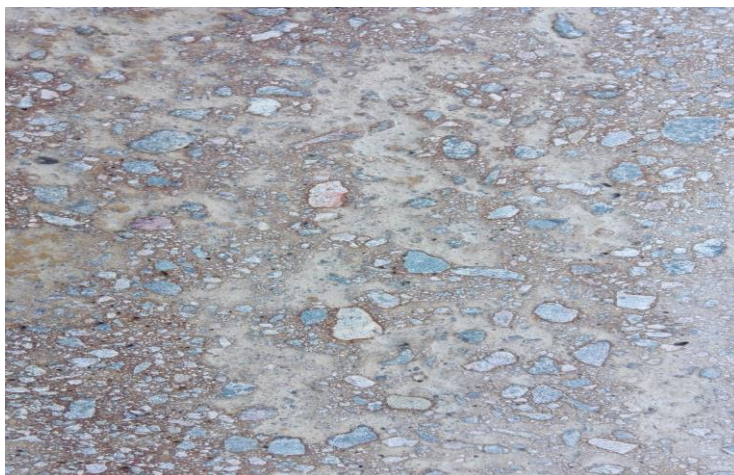
Valutekniikkaa vertaillen IT-betonilla valettava muuri on työstettävyyden ja yksinkertaisuuden kannalta hyvä vaihtoehto. Yhtenä syynä tähän voidaan mainita, että IT-betonilla säästetään aikaa, koska betonia ei tarvitse valaessa erikseen vibrata.

Käytännön kannalta helpoin työtekniikka kokonaisuudessaan on, että tilataan valmiiksi pigmentoitua betonia valmisbetoniasemalta (mikäli kohteen alkaessa tiedetään, että halutaan muuri värjätä). Kohteiden ja kokonaisuuksien ollessa pieniä värilaatukin pysyy samana, koska betoni saadaan kokonaisuudessaan yhdellä kuormalla työmaalle.

Hapotustyö

Piipitoiset aineet, kuten kivi ja sora eivät reagoi happoliuoksen kanssa.

Kiviaineesta betonivalun pinnassa, kuvasta 13 huomataan, ettei happo ole reagoinut kiviaineksen kanssa.



Kuva 13. Kiviainesta betonivalun pinnassa (Mäkelä, 2015).

Betonisten pystyrakenteiden värjäämisen haasteellisuutta lisää suolahappoliuoksen valuminen hallitsemattomasti rakenteessa. Liittyvien rakenteiden suojauksesta tulee huolehtia ennen hapotustyöhön ryhtymistä. Valumisongelmaan löytyy markkinoilta geelipohjaisia hapotusaineita, jotka vähentävät liuoksen valumista.

Saadut värit betonin hapotustekniikalla ovat rajallisia, värit vaihtelevat tummanruskeasta kirkkaanvihreään. Kuvassa 16 (sivulla 43) muurinosa on täysin valmiina kemiallisen värjäyksen jälkeen Marketanpuistossa. Hapotusaineita voidaan sekoittaa keskenään, jolloin saadaan enemmän värjäysvaihtoehtoja. Käsiteltyyn pintaan haluttaessa lisätä syvyyttä, voidaan hapotuskäsittely toistaa. Happokäsittelyjä tehdessä tulee käyttää asiaan kuuluvia haponkestäviä suojavaatteita ja silmäsuojaimia.

7 ARVIOIDUT KOKONAISHINNAT

Teimme hintavertailun, jotta näkisimme: onko decovalu kilpailukykyinen markkinoilla. Hinta perustuu tarjouskyselyyn sähköpostitse, eivätkä hinnat ole tarkkoja, vain suuntaa-antavia. Taulukossa 3 (sivulla 42) on kustannusvertailu. Vertailussa ovat luonnonkivimuuri, ladottava harkkomuuri muurikivestä: sekä nämä kahdella erilaisella värjäystekniikalla toteutettavaa decovalumuuria. Decovalumuurin hinta perustuu tilaajalta saatuihin hintatietoihin. Hinnoista selviää arvio kustannusjakaumasta sekä neliöhinta.

7.1 Kemiallisen värjäyksen kustannukset decovalumuuriin

Kemiallisen värjäyksen hinta on noin 50-60€/m² (ALV 0%). Tosin tässä työssä hinta ei noussut aivan niin ylös, koska teimme värjäyksen itse osana tätä harjoitustyötä. Saamamme tiedon perusteella neliöhintaan vaikuttavat neliömäärä ja asennuspaikan sijainti. Eli kohteen neliömäärän kasvaessa neliöhinta laskee. Tämän hinnan lisäksi kustannuksia tulee mm. muotin rakentamisesta, valubetonista, raudoituksesta sekä anturanvalusta ja siihen tarvittavista teräksistä.

7.2 Valmisbetonin pigmentointikustannukset decovalumuuriin

Pigmentoinnin hinta on noin 80–90€/m³ (ALV 0%). Kuutioon hintaan vaikuttaa menekki, värjäysaste ja värisävy. Tässä kohteessa käytettiin edullista värilaatua eli mustaa pigmenttiä. Tämän hinnan lisäksi kustannuksia tulee mm. muotin rakentamisesta, valubetonista, raudoituksesta sekä anturanvalusta ja siihen tarvittavista teräksistä.

7.3 Luonnonkivimuuri

Luonnonkivimuurin asennushinta aineineen on noin 300,00€ /m². Tähän päälle vielä lasketaan itse materiaali. Materiaali ei siihen maksa juuri mitään, jos kivet haetaan murskalta tai louhintatyömaalta. Kuvasta 14 selviää millainen luonnonkivimuuri voi olla, vaihtoehtoja on paljon.



Kuva 14. Luonnonkivimuuri (Turun reunakivi Oy, 2015).

Luonnonkivet asennetaan tiivistetylle murskepedille, eikä se tarvitse anturaa tai raudoitusta. Mahdollisuuksien mukaan muuri tehdään kaksipuoleisena, mutta mikäli se ei ole mahdollista, taustatäyttö tehdään sepelillä. Työssä tarvitaan kaivinkonetta, joka tekee siirrot. Lisäksi tarvitaan pohjamurskeet, kivet kuljetettuna sekä työ.

7.4 Ladottava harkkomuuri muurikivestä

Ladottavan harkkomuurin hinta koostuu itse materiaalista: muurikivestä, valubetonista muuriin, tarvittavasta teräksestä muuriin, anturan valuun sekä siihen tarvittavista teräksistä. Muita kustannuksia voi aiheutua kaivuutöistä ja täytöistä, routaeristyksestä, vedeneristyksestä sekä tarvittavasta puutavarasta muotissa rakennusvaiheessa. Alla olevassa kuvassa 15 on esimerkki ladottavasta harkkomuurista. Muureja on valittavana useita erilaisia niin ulkonäön, rakentamisen tarpeiden kuin hinnankin mukaan.



Kuva 15. Harkkomuuri (Lamminbetoni Oy, 2015).

Harkkomuuri menestyi hyvin myös tekemässämme hintavertailussa. Kokonaishinnasta lisää taulukossa 3 (sivulla 42).

7.5 Arvioidut kokonaishinnat

Kokonaishinnat muodostuvat saamistamme ennakkotiedoista alan yrityksiltä. Lopullisen kokonaishinnan kannalta työhön liittyvät epävarmuustekijät ovat kaikille muureille samat. Suurimmat ongelmat ja epävarmuustekijät liittyvät perustettavaan maanpohjaan. Taulukon 3 hinnat perustuvat sähköpostitse saamiimme tietoihin sekä omiin laskelmiimme, eivätkä ole tarkkoja. Hinnat ovat muodostuneet nyt siten, että varsinaisesti kalleinta tai halvinta muuria ei

ole kun puhutaan pienistä kokonaisuuksista. Kokonaisuuden kasvaessa erot kasvavat siten, että luonnonkivimuurin hinta kasvaa suhteessa muihin muureihin. Kuten jo aiemmin todettiin, hinnat ovat arvioita kokonaiskustannuksista, ei tarkkoja.

Taulukko 3. Arvioidut kokonaishinnat muureille.

Muuri 1100x4200x250mm	Työn ja koneiden osuus %	Materiaalit ja mahdolliset värjäykset %	Kuljetukset ja mahdolliset pumppaukset	Kokonais- summa € (alv 0%)	Hinta /m2 € (alv 0%)
Ladottava harkkomuuri	20%	60%	20%	1350 €	290€
Luonnonkivi muuri	60%	20%	20%	1800€	390 €
Decovalu musta pigmentoitu 4% Muurin mitat tässä 1100x2100x 250mm	40%	40%	20%	900€	390 €
Decovalu kemiallinen värjäys	45%	35%	20%	1400€	300 €

8 YHTEENVETO

Tilaajan ajatuksena on rakentaa asiakkaille betonisia tuotteita, jotka myös näyttävät hyvältä. Tällä hetkellä Etelä-Suomessa tilauskanta on enimmäkseen pientaloasiakkaiden puolella, johtuen pitkälti mainostamisesta. Hyvällä mainonnalla ja markkinoinnilla ideaa saisi varmaan myytyä suunnittelijoiden kautta eteenpäin. Hyvä suunnittelu ja arkkitehtuuri voisi tuoda lisämarkkinointia tuotteelle. Marketanpuiston showroom on hyvä paikka markkinoida tuotetta: mutta palveltavat asiakkaat ovat pelkästään pääkaupunkiseudulta.

Opinnäytetyönä tämä työ oli kokonaisuudessaan mielenkiintoinen. Teknisen tiedonhaun lisäksi saimme itse kokeilla kemiallista värjäystä. Hintavertailua tehdessä yritykset eivät varmaan ottaneet meitä opiskelijoina aivan tosissaan, koska kaikista yrityksistä ei tullut hintoja, tai jos tuli, ne olivat puutteellisia.

Kiitos kuitenkin niille yrityksille, joista saimme tarpeeksi tietoa hintavertailujen tekemiseen.

Betonista saa aikaan vaikka minkälaisia rakenteita, kunhan käyttää vain mielikuvitusta. Myös betonin värjäys onnistuu niin uusiin kuin vanhoihinkin betonirakenteisiin. Tekemiemme laskelmien perusteella, decovalu on kilpailukykyinen tuote muurien rakentamisessa. Kokonaisuutta on helppo lisätä esimerkiksi ulkoportaalla.



Kuva 16. Marketanpuiston muuri ulkoportaana kera. (Kokko, 2015).

Kuvasta 16 huomaa, että vasemmanpuoleinen muurin osuus on värjätty kemiallisesti n. 50 % annostuksella oikeanpuoleiseen muuriin verrattuna. Taustalla näkyy myös tilaajan yrityksen valmistama ulkoporras.

LÄHTEET

- Anttila, V. 2008. Betonin valinta. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK090403.pdf> [viitattu 17.08.2015].
- Betoniteollisuus ry, 2015. Betoni rakennusmateriaalina. Saatavissa: <http://www.betoni.com/tietoa-betonista/betoni-ja-kestava-kehitys/betoni-rakennusmateriaalina> [viitattu 16.08.2015].
- Betoniteollisuus ry, 2015. Betonityypit ja oikean betonin valinta. Saatavissa: <http://www.betoni.com/paikallavalurakentaminen/betonityypit-ja-oikean-betonin-valinta> [viitattu 23.09.2015].
- Betoniteollisuus ry, 2015. Muottityö. Saatavissa: <http://www.betoni.com/paikallavalurakentaminen/betonityot/muottityo> [viitattu 27.06.2015].
- Finnsementti Oy, 2013. Ferroxon-pigmentit. Saatavissa: http://www.finnsementti.fi/fsproductdb/files/ferroxon_1_18102013_104740.pdf [viitattu 27.06.2015].
- Korpela, J. Palolahti, T. 2011. Puhdasvaluohje. Betoniteollisuus r.y. Saatavissa: www.betoni.com/Download/22609/Puhdasvaluopas_betoni_netti.pdf [viitattu 22.10.2015].
- Laitinen, K., Yli-Pentti, A., 2014. Puu ja kiviainesmateriaalit. PowerPoint-diaesitys 24.02.2014. Metropolia ammattikorkeakoulu.
- Labet Oy, 2015. Värjätty betoni. Saatavissa: <http://labet.fi/media/Esitteet/Varjatty%20Esite.pdf> [viitattu 27.06.2015].
- Nasvik, J. 2000. How stains work. Hanley-Wood, LLC. ConcreteNetwork.com. Saatavissa: http://www.concretenetwork.com/stained-concrete/how_stains_work.htm [viitattu 27.08.2015].
- Nasvik, J. 2009. Using Acid Stains. Hanley-Wood, LLC. ConcreteNetwork.com. Saatavissa: http://www.concretenetwork.com/stained-concrete/how_stains_work.htm [viitattu 04.09.2015].
- Pahkala, M., Vuorinen, P. 2013. Paikallavaletut betonipinnat. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK030401.pdf> [viitattu 23.10.2015].
- Ravelast Polymers, 2015. PU-elastomeerit. Saatavissa: <http://www.ravelast.com/tutkimus-ja-kehitys/pu-elastomeerit.html> [viitattu 22.08.2015].
- RECKLI GmbH, 2011. Saatavissa: <http://www.semtu.fi/files/8414/0990/3411/Reckli-ohje.pdf> [viitattu 22.08.2015].
- Semtu Oy, 2011. Titaanivalkoinen R. Titaanidioksidi betonin sekä sementtipohjaisten tuotteiden vaalentamiseen. Saatavissa: <http://www.semtu.fi/files/8013/1418/7916/Titaanivalkoinen-R-esite.pdf> [viitattu 04.10.2015].

Seppänen, M. 2015. Rakennusinsinööri, Lahnuksen talo- ja puurakennus Oy, Saatavissa:<http://www.decovalu.fi/> [viitattu 20.08.2015].

Suomen Betoniyhdistys r.y., 2003. BY 40-2003. Betonirakenteiden pinnat / Luokitusohjeet. Sivut 23, 24.

Toivonen, J. 2015. Toimitusjohtaja, Rajaville Oy. Sähköpostikeskustelu [9.9.2015].

Vuorinen, P. 2012. Betonointi kylmissä olosuhteissa. Rakennustuoteteollisuus RTT ry. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK120603.pdf> [viitattu 20.08.2015].

KUVALUETTELO

Kuva 1. Esimerkki betonikuution valmistuksesta. Laitinen, K., Yli-Pentti, A., 2014. Puu ja kiviainesmateriaalit. PowerPoint-diaesitys 24.02.2014. Metropolia ammattikorkeakoulu.

Kuva 2. Vesi-sementtisuhteen vaikutus sementin rakenteeseen hydratoitumisen loputtua. Laitinen, K., Yli-Pentti, A., 2014. Puu ja kiviainesmateriaalit. PowerPoint-diaesitys 24.02.2014. Metropolia ammattikorkeakoulu.

Kuva 3. Eri vaihtoehdot betonin huokosveden jäätyessä. Laitinen, K., Yli-Pentti, A., 2014. Puu ja kiviainesmateriaalit. PowerPoint-diaesitys 24.02.2014. Metropolia ammattikorkeakoulu.

Kuva 4. Lämpötilan ja hidastimen vaikutus tärytettävyyteen. Laitinen, K., Yli-Pentti, A., 2014. Puu ja kiviainesmateriaalit. PowerPoint-diaesitys 24.02.2014. Metropolia ammattikorkeakoulu.

Kuva 5. Hiilidioksidin kierto betonin elinkaarenaikana. Laitinen, K., Yli-Pentti, A., 2014. Puu ja kiviainesmateriaalit. PowerPoint-diaesitys 24.02.2014. Metropolia ammattikorkeakoulu.

Kuva 6. Teräskorroosion irrottama betonipeite. Laitinen, K., Yli-Pentti, A., 2014. Puu ja kiviainesmateriaalit. PowerPoint-diaesitys 24.02.2014. Metropolia ammattikorkeakoulu.

Kuva 7. Rakennusvaiheessa oleva sekä valmis kaareva tukimuuri. Kokko, J. 08.06.2015.

Kuva 8. Polyuretaanielastomeerimuotti. Kokko, J. 07.07.2015.

Kuva 9. Kuviobetonoitu, paikalla valettu muuri. Seppänen, M. 20.06.2015.

Kuva 10. Marketanpuiston muuri. Mäkelä, K. 18.08.2015.

Kuva 11. Muurin värjäys. Mäkelä, K. 03.10.2015.

Kuva 12. Muuri ennen ja jälkeen värjäyksen. Mäkelä, K. 03.10.2015.

Kuva 13. Kiviainesta betonivalun pinnassa. Mäkelä, K. 03.10.2015.

Kuva 14. Luonnonkivimuuri. Turun reunakivi Oy, 2015. Saatavissa: http://www.turunreunakivi.fi/fi/Kuvagalleria/Luonnonkivet_1/luonnonkivimuurit [viitattu 19.9.2015].

Kuva 15. Harkkomuuri. Lamminbetoni Oy, 2015. Saatavissa: <http://www.lamminbetoni.fi/fi/muurikivet> [viitattu 20.9.2015].

Kuva 16. Marketanpuiston muuri ulkoportaan kera. Kokko, J. 03.10.2015.