
Tekijä Caius Verhe

Työn nimi Sirosti betonista – Kuitubetonipöytä

Laitos Muotoilun laitos

Koulutusohjelma Kalustesuunnittelun maisteriohjelma

Vuosi 2015

Sivumäärä

Kieli Suomi

Tiivistelmä

Tutkielmassa tarkastellaan betonia rakennusmateriaalina ja betonin käyttöä kalustesuunnittelussa. Tutkimuskohteena on prototyypityöskentelynä toteutettava kertavalulla valmistettava betonipöytä, jossa rauditus on korvattu lasikuidulla. Tutkielmassa kysytään, millä edellytyksillä betonista voidaan valaa mittamaailmaltaan mahdollisimman siro pöytä, ja mitä vaatimuksia betoni materiaalina asettaa sen valmistamiselle?

Tutkielma koostuu kahdesta osasta. Tutkielman tutkimuksellisessa osuudessa käsitellään betonia rakennusmateriaalina, sen valmistus- ja työstömenetelmiä ja sen sovelluksia rakennus- ja kalustesuunnittelussa. Tutkimuksellisessa osuudessa selvitetään tekniset edellytykset prototyypin onnistuneelle toteutukselle. Tutkielman produktiivinen osuus on työnkuvaus ja pohdinta kuitubetonisen prototyypipöydän suunnittelusta ja valmistamisesta.

Kuitubetonipöydän suunnittelufilosofiana on ollut irrottautua betonirakentamiselle tyypillisestä raskaasta muotokielestä ja mittamaailmasta, ja valaa betonista visuaalisesti kevyt ja käyttökelpoinen pöytä. Pöytä on mitoitettu silmää miellyttäväksi pieneksi neljän hengen ruokapöydäksi. Kuitubetoni on valittu valmistusmateriaaliksi, koska se mahdollistaa mittamaailman, mitä ei olisi saavutettu teräsbetonilla. Samalla se tuo pöytään haluttua rakenteellista joustavuutta ja keventää sen massaa.

Tutkielmassa sovelletaan tieteellistä ja teknistä betoniaiheista kirjallisuutta ja omia prototyypin valmistamisen aikana syntyneitä havaintoja ja ajatuksia. Lisäksi viitekehystä luodaan betonirakentamisen suunnittelufilosofiaa ja sisustus- ja kalustesuunnittelun nykysuuntauksia käsittelevällä aineistolla.

Tutkielmassa pyritään osoittamaan, että betonista on mahdollista valmistaa siroja ja silti kestäviä kalusteita, mikä on vastakohtaista vallitseville raskamuotoista betonirakentamista tukeville näkemyksille ja suunnittelulinjoille. Tutkimuksessa siis todetaan, että betonille annettavaan muotoon vaikuttaa enemmän betonirakentamisen historiallisten vaatimusten värittämä näkemys siitä massiivisten muotojen rakennusmateriaalina kuin sen todelliset nykyiset materiaaliset ominaisuudet.

Tutkielman keskeinen havainto on, että betonista on mahdollista valmistaa mittamaailmaltaan siroja ja kestäviä kalusteita, mutta materiaalina se asettaa tietyt rajat erityisesti kalusteen liitoskohtien ja jännevälin suhteen. Siro mittamaailma edellyttää enemmän tarkkuutta betonin koostumuksen ja raudituksen korvaavan kuidun tyyppin ja koon osalta. Sarjatuotantoon tähtäävän prototyypin mallisen betonipöydän suunnittelun keskeisenä haasteena on löytää pienimmät sellaiset mitat, jotka ilmentävät haluttua keveyttä, mutta mahdollistavat samalla mahdollisimman pienihävikkisen valuprosessin, jonka lopputuloksena on käyttöä kestävä kaluste.

Avainsanat betoni, valu, muotti, kuitubetoni, pöytä, kalustesuunnittelu, lasikuitu, sementti

Author Caius Verhe

Title of thesis Sirosti betonista - Kuitubetonipöytä

Department Department of Design

Degree programme Furniture Design

Year 2015

Number of pages 62

Language Finnish

Abstract

This study examines the use of concrete as a building material and its use in furniture design. The study object is a working prototype of a table made of concrete. The table is made in a single cast and the traditional steel reinforcement is replaced with glass fiber. The main question in this study is what are the conditions to cast a visually light table out of concrete and what kind of requirements set to the process by the concrete material?

The study consists of two parts. The first part deals with concrete as a building material. Its production and machining strategies and its applications in the construction and furniture design. Research part examines the technical requirements for successful prototype. Productive part of the thesis is a job description and deliberation of designing and fabricating a fibre concrete prototype table.

The design philosophy behind the fibre concrete table has been to break away from the typical design language and dimension world associated with concrete, and cast a visually light and usable table. The table is designed to be attractive small dining table for four people. Fibre concrete is chosen as material because it allows the use of a dimensional world that cannot be achieved with the use of traditional steel reinforcing in concrete. At the same time it brings desired structural flexibility to the table and reduces its mass.

The study utilizes scientific and technological literature of concrete and our own observations and ideas that arouse during the production of the prototype. In addition the framework is created with literature dealing with concrete construction design philosophy, current trends of interior design and furniture design.

The study aims to demonstrate that it is possible to produce a graceful yet durable piece of furniture out of concrete, which is contrary to the prevailing views and design lines of concrete construction. The study therefore concludes that the historical requirements of concrete as a building material of massive elements has bigger influence on the shape given to concrete than its actual current material properties.

The main finding of the study is that it is possible to produce graceful and durable furniture made of concrete, but as a material concrete sets certain limits. Slender dimensional world requires more precision with the mix of concrete and the type and size of the fiber replacing traditional steel reinforcement. When aiming at mass production the key challenge with this kind of concrete table prototype is to find the design and smallest such dimensions that express the desired lightness, but at the same time allow low-loss casting process that results a sturdy piece of furniture.

Keywords concrete, mould, cast, fibre concrete, table, furniture, glass fibre, cement

SIROSTI BETONISTA – KUITUBETONIPÖYTÄ

Caius Verhe

Taiteen maisterin opinnäytetyö

Aalto-yliopiston taiteiden

ja suunnittelun korkeakoulu

Muotoilun laitos

Kalustesuunnittelun koulutusohjelma

2015

SISÄLLYSLUETTELO

ALKUSANAT	4		
1 JOHDANTO	5		
2 BETONI	7		
2.1. MITÄ BETONI ON?	7		
2.1.1 SEMENTTI	9		
2.1.2 BETONIN TÄYTE- JA RUNKOAINEET	9		
2.1.2.1 LUONNOLLISET TÄYTEAINEET	10		
2.1.2.2 KEVYET TÄYTEAINEET	10		
2.1.2.3 KIERRÄTETYT TÄYTEAINEET	11		
2.1.3 VESI BETONIN VALMISTUKSESSA	11		
2.2 BETONI — KOMPOSIITTI RAKENNUSMATERIAALI	12		
2.2.1 KEVYTBETONI	12		
2.2.2 KUITUBETONI	13		
2.2.3 TERÄSKUITUBETONI	13		
2.2.4 SYNTEETTISET KUIDUT	13		
2.2.5 LASIKUITU JA TEKSTIILI BETONIN VAHVIKKEENA	14		
2.2.6 KORKEALUJUSBETONI	15		
2.2.7 ERIKOISLUJAT BETONIT	16		
2.2.8 ITSELUJITTUVA BETONI	16		
2.2.9 PUUKUITUBETONI	17		
2.2.10 VALOKUITUBETONI	18		
2.3 BETONIN MATERIAALISUUS JA PINTA	19		
2.3.1 MUOTTIPINNAN MERKITYS SUUNNITTELUSSA	20		
2.3.1.1 PUUMUOTIT	20		
2.3.1.2 SILEÄPINTAISET MUOTIT	21		
2.3.1.3 MUOTTIKANKAAT	22		
2.3.1.4 KUMI JA ELASTISET MUOTIT	22		
2.3.1.5 TAMPATTU BETONI	22		
2.3.2 MUOTTISITEET	23		
2.3.3 MUOTINIRROTUSAINEET	23		
2.3.4 BETONIPINNAN JÄLKIKÄSITTELYT	24		
2.3.4.1 PESU- JA HAPPOPESUKÄSITTELY	24		
2.3.4.2 HIEKKAPUHALLUS	26		
2.3.4.3 KÄSITYÖNÄ TEHTÄVÄT PINNAT	27		
2.3.5 BETONI VÄRJÄÄMINEN	27		
2.3.5.1 PIGMENTIT	28		
2.3.5.2 GLASYIRIT	29		
3 BETONI SISUSTUSARKKITEHTUURISSA JA KALUSTESUUNNITTELUSSA	30		
3.1 BETONI KALUSTEISSA	31		
3.2 BETONI SISUSTUKSESSA	32		
3.3 TIETOKONEAVUSTEINEN BETONIRAKENTEIDEN SUUNNITTELU	33		
4 BETONIN MAHDOLLISUUDET	34		
5 KUITUBETONIPÖYTÄ — PROJEKTIKUVAUS	37		
5.1 PROTYYPPI I	41		
5.2 PROTYYPPI II	49		
5.3 LOPUKSI	58		
LÄHTEET	61		

ALKUSANAT

"Oikean materiaalin ja teknologian löytäminen määrittää projektia hyvin varhaisesta vaiheesta asti, ja usein ne käynnistävät suunnitteluprosessin."

Konstantin Grcic (Grcic & Böhm 2005, 127.)

"Betoni on mutaa. Työskentelin betonia myötäillen, en sitä vastaan. Pidän mudasta."

Paul Rudolph (Forty 2006.)

Lapsuuteni talvi-illat kuluivat usein isäni ja veljeni kanssa tinasotilaita valaessa kotimme takkatulen ääressä. Tinasotilaat olivat ensimmäiset kosketukseni valukappaleiden valmistukseen. Niiden valaminen ei kuitenkaan ole aivan niin helppoa ja yksinkertaista kuin luulisi. Lopputulokseen vaikuttaa moni seikka. Tärkeintä on sulava, notkea ranneliike, jolla kuuma tina kaadetaan kumiseen muottiin ja toivotaan parasta.

Viehätykseni betoniin on lähtöisin arkkitehtuurista ja erityisesti monoliittimaisista betonirakennuksista ja -rakennelmista. Varsinkin sileitä muottipintoja vasten valetut pinnat ja niiden hieno, himmeä ja paikoin samettinen kiilto on aina kiehtonut minua. Myös betonin näennäinen yksiaineisuus, hiljainen ja luottamusta herättävä vahva olemus, mutta myös sen paikoin brutaali ulkoasu on mieleeni.

Idea betoniseen kertavalulla tehtyyn pöytään sai alkunsa jo vuosia ennenkuin opinnäytetyö oli millään tavoin ajankohtainen minulle. Teimme veljelleni betonisen noin 40mm paksun pöytälevyn. Jalat sille tehtiin kuitenkin metallista. Tätä seurasi kuitenkin ajatuksia, pohdintaa ja keskustelua siitä, voisiko mahdollisesti kokonaisen pöydän valaa betonista yhdellä kerralla. Vähitellen vuosien aikana, kun opin lisää betonista, ajatusleikkiin tulivat mukaan niin kuitu- kuin korkealujuusbetonit. Kun pohdin opinnäytetyön teemaa ja keskustelin siitä, harkitsin myös muita erilaisia aiheita. Loppujen lopuksi betoni ja kertavalulla valmistettava pöytä veivät kuitenkin mukanaan.

1 JOHDANTO

Opinnäytetyöni tarkastelee betonin käyttöä paljon rakentamisen ja sisustussuunnittelun näkökulmasta, koska niissä betonia käytetään enemmän ja monipuolisemmin kuin kalustesuunnittelussa. Monet näistä menetelmistä on kuitenkin sovellettavissa myös kalustesuunnittelussa. Betonin käyttö kalustesuunnittelussa on vähäistä, koska sarjatuotannollisuus ja kustannustehokkuus pakottavat helposti sitoutumaan tyypilliseen raskaaseen mittamaailmaan ja valumenetelmiin. Tutkimuskohteena on opinnäytetyössäni on prototyyppityöskentelynä toteutettava kertavalulla valmistettava betonipöytä, jossa raudoitus on korvattu lasikuidulla. Keskeisiä kysymyksiä ovat millä edellytyksillä betonista voidaan valaa mittamaailmaltaan mahdollisimman siro pöytä, ja mitä vaatimuksia betoni materiaalina asettaa sen valmistamiselle?

Tutkielma koostuu kahdesta erillisestä osasta, jotka nivoutuvat toisiinsa. Tutkielman tutkimuksellisessa osuudessa käsitellään betonia rakennusmateriaalina, sen valmistus- ja työstömenetelmiä ja sen sovelluksia rakennus- ja kalustesuunnittelussa. Tutkimuksellisessa osuudessa selvitetään tekniset edellytykset prototyypin onnistuneelle toteutukselle. Opinnäytetyön produktiivinen osuus on työnkuvaus ja pohdinta kuitubetonisen prototyyppipöydän suunnittelusta ja valmistamisesta.

Tutkielmassa sovelletaan tieteellistä ja teknistä betoniaiheista kirjallisuutta ja omia prototyypin valmistamisen aikana syntyneitä havaintoja ja ajatuksia. Lisäksi viitekehystä luodaan betonirakentamisen suunnittelufilosofiaa ja sisustus- ja kalustesuunnittelun nykysuuntauksia käsittelevällä aineistolla. Tutkielmassa pyritään osoittamaan, että betonista on mahdollista valmistaa siroja ja silti kestäviä kalusteita, mikä on vastakohtaista vallitseville raskamuotoista betonirakentamista tukeville näkemyksille ja suunnittelulinjoille.

Tutkimuksessa käytetty lähdemateriaali on suomen- ja englanninkielistä. Tästä johtuen osa lainauksista on opinnäytteen tekijän kääntämiä.



2 BETONI

TADAO ANDON OHJEET BETONIPINNAN KÄSITTELYYN

Betonipinta kastellaan ja pestään 1:8 laimennetulla suolahapolla. Liian isot huokokset ja vastaavat korjataan massalla, jossa on vaaleaa hiekkaa, valkosementtiä ja tavallista sementtiä suhteessa 3,5:0,5:1. Tartunnan varmistamiseksi korjattava kohta sivellään yleensä pohjustusaineella. Pinta slammataan seoksella, jossa on valkosementtiä ja harmaata sementtiä suhteessa 1:5. Pinta kastellaan ja pestään 1:10 laimennetulla suolahapolla. (BY40, 112.)

2.1 MITÄ BETONI ON?

Betonilla tarkoitetaan materiaalia, joka asettuu ja kovettuu, kun se reagoi yhdessä veden kanssa. Reaktio toimii myös veden alla. Kerran asetuttuaan se säilyttää tekniset ominaisuutensa. Betonin hydraulinen kovettuminen korostaa sen samankaltaisuutta muiden sideaineiden kuten kipsilaastin ja kalkkilaastin kanssa. Niillä on samanlainen kovettumisreaktio, joka tapahtuu kun kuivia mineraaliaineesosia sekoitetaan veteen. Betoni eroaa näistä materiaaleista kestävyytensä ja kosteudensietokykynsä vuoksi.

Betonia ja sen teknisiä ominaisuuksia on tutkittu jo tuhansia vuosia, koska se on rakennusmateriaalina monipuolinen, yksinkertaista valmistaa ja erittäin kestävä. Samalla sen teknisiä ominaisuuksia on kehitetty yhä kiihtyvällä tahdilla viime vuosikymmeninä. (Förster 2004, 11.)

Rakentaminen hydraulisia sideaineita käyttäen on yli 2000 vuotta vanha tapa. Roomalaiset rakensivat käyttäen hydraulisesti kovettuvia sideaineita kuten kalkkia ja vulkaanista tuhkaa. Niiden kovettumisreaktio on pohjimmiltaan samanlainen kuin nykypäivän sementillä. Tuolloin betoniin myös lisättiin muita täyteaineita, kuten paikallisesti saatavaa luonnonkiveä tai ontoja saviastioita. Tällä tavalla oli mahdollista säästää kalliita sideaineita ja samalla pienentää rakenteen massaa. 100 vuotta ennen ajanlaskun alkua elänyt roomalainen arkkitehti, insinööri ja arkkitehtuurin teoreetikko Vitruvius dokumentoi betonin käyttöä ja betonirakentamista Opus caementitium -teoksessa. Tunnetuin tämän kauden historiallinen betonirakenne on noin 125 jaa. rakennetun Rooman Pantheonin puolipallon muotoinen kupoli, jonka sisähalkaisija on 43 m. Tämä kokoluokka saavutettiin uudestaan vasta renessanssin aikaan, joten Pantheonin kupoli ehti olla maailman suurin betonirakenne yli 1000 vuotta. Sitä pidetään edelleen yhtenä betoniarkkitehtuurin ja -rakentamisen kohokohtana. (Peck 2004, 22.)

1700-luvun loppupuolella betonirakentamisessa alettiin hyödyntää valutekniikoita, jotka ovat käytössä nykyäänkin. Rauta ja teräs olivat jo laajalti käytössä, joten oli loogista yhdistää teräksen vetolujuus massaltaan kevyemmän betonin puristuslujuuteen. Väitetysti ranskalainen puutarhuri Joseph Monier (1823–1906) keksi teräsbetonin.

Vuonna 1867 hän haki patenttia rautapitoiselle betonille. Rakenteellisista syistä johtuen hän lisäsi valmistamaansa sementtiin teräslankaa rakenteen vahvistamiseksi, jotta hän voisi valaa kestäviä istutuslaatikoita kasveilleen. Tämä hieman arkinen käyttötarkoitus oli vallankumouksellisen komposiittimateriaalin voittokulun alku. (Förster 2004, 11–12, Peck 2004, 22.)

Raudoituksen käyttö paransi betonin suorituskykyä valtavasti. Betonirakentaminen oli sekä edullista että nopeaa. Betonin korkea puristuslujuus ja teräksen korkea vetolujuus tukevat toistensa ominaisuuksia. Näiden materiaalien yhdistämisestä seurasi kaksi ongelmaa. Betoni on herkkä korroosiolle ja lämpöherkkä. Lämpöherkyydestä koituu ongelmia mahdollisissa tulipalotilanteissa. Tämän takia teräsbetonista valmistettavat kappaleet on mitoitettu siten, että teräksellä ja betonin pinnalla on etäisyyttä ainakin 30 mm (Förster 2004, 15.).

Betonissa oleva sementti kovettuu reagoidessaan veden kanssa. Sementti, vesi ja hiekka muodostavat yhdessä plastisen nestemäisen laastin. Betoni koostuu pääasiassa sementin, veden ja soran tai hiekan sekoituksesta. Kaupallisesti saatavilla oleva sementti koostuu luonnollisista maalajeista, joita poltetaan yhdessä noin 1400 °C lämpötilassa, minkä jälkeen ne jauhetaan hienoksi yhdessä muiden ainesosien kanssa. Tavallisen rakennusbetonin koostumus on noin 13 % sementtiä, 7,5 % vettä, ja lähes 80 % luonnon kiviaineksa (Peck 2004, 22.).

Erittäin säikeinen runkorakenne sekä mikrotason vahvikkeet ovat korvaamassa perinteisesti betonin vahvistamisessa käytetyt terästangot ja -matot. Tavoitteena on pienentää kappalekohtaisia dimensioita ja vähentää massaa menettämättä teräsbetonille tyypillistä lujuutta. Tämän seurauksena täysin uudet ja hieman epätavalliset materiaalit ovat löytäneet tiensä betonirakentamisen maailmaan. Hyvä esimerkki tällaisesta on tekstiilien käyttö betonin sidemateriaalina.

Tekstiilikuituja sisältävä betoni on teknisiltä ominaisuuksiltaan vain hieman heikompi kuin tavallinen betoni. Tarkoituksena on korvata rauditus ja teräsvahvikkeet, joilla on taipumus ruostua ja syöpyä, ja parantaa betonin alhaista vetolujuutta vastaavanlaisella vahvikkeella. Monisyiset keinotekoiset kuidut ovat erittäin hyviä tähän tarkoitukseen. Tutkimusta hienojakoisista betoneista, jotka sisältävät polymeerejä, lasi- tai muunlaisia kuituja tehdään jatkuvasti. Kuituvahvistuksen käytön perimmäinen idea betonirakentamisessa on minimoida kantavien rakenteiden muodostaman luurangon koko ja hajauttaa sen tehtävä muille rakennuksen osille. Erittäin vahvat kuidut mahdollistavat hienot, ohuet ja geometrisesti hyvin monimutkaiset poikkileikkaukset. Samalla ne hajauttavat rakenteeseen kohdistuvat voimat laajemmalle alalle. (Förster 2004, 16.)

Betoni on erinomainen rakennusmateriaali. Sitä voi muotoilla täysin vapaasti ja siitä on mahdollista valaa mitä erinäisimpiä asioita aina pienistä koriste-esineistä kantaviin rakenteisiin ja kokonaisiin taloihin. Monet nykyarkkitehdit, kuten Tadao Ando tavoittelevat töissään kertavaluna valetun talon ideaa. (Förster 2004, 17.).



2.1.1 SEMENTTI

Sementti valmistetaan luonnollisesti esiintyvistä louhittavista mineraalipitoisista raaka-aineista. Sementin yleiset mineraalimateriaalit ovat kalkkikivi ja merkeeli eli kaakelisavi. Ne ovat koostumukseltaan sopivia raaka-aineita sementin valmistukseen. Näitä mineraaleja esiintyy laaja-alaisesti maapallolla, joskin niiden koostumus ja muodostumat vaihtelevat alueellisesti. Luonnolliset esiintymät sisältävät rautaoksidia, joka antaa betonille tyypillisen harmaan värin. Kalkkikivi koostuu pääasiassa kalsiumkarbonaatista, joka on tärkein osa sementin raaka-ainesekoituksessa.

Raaka-aineiden esivalmistelu on ensisijaisen tärkeää sementin laadun ja homogeenisuuden takia. Koska sementin raaka-aineet ovat peräisin luonnon esiintymistä, niiden sisältämät mineraaliainepitoisuudet vaihtelevat. Seoksen koostumusta tarkkaillaan jatkuvasti sekä louhinta että sekoitusvaiheessa, jotta sitä voidaan muuttaa tarvittaessa. Sementtiseoksen kalsiumkarbonaattipitoisuuden tulisi olla ainakin 76–78 %. Pii-, rauta- ja alumiinioksidien määrää sekoituksessa on myös valvottava ja pidettävä se tasaisena.

Klinkkeri tai sementtiklinkkeri on sementin valmistuksessa tarvittava osa-aine. Nimi klinkkeri juontuu sen valmistuksessa kuuluvasta äänestä. Louhitut kiviainekset murskataan ja niiden kemiallisten koostumusten perusteella määritetään syöttösuhteet. Kiviaines syötetään raakajauhemylyyn, jossa se jauhetaan hienoksi. Raakajauhe syötetään esilämmitysjärjestelmään, jossa jauhe kuumennetaan. Tämän jälkeen raakajauhe pudotetaan kiertouuniin, jossa se poltetaan noin 1400–1500 °C lämpötilassa. Kalkki-, pii-, alumiini- ja rautayhdisteet reagoivat kuumennettaessa siis kalsiumyhdisteiksi ja sintraantuvat sementtiklinkkeriksi. Uunin kierron loppupäässä sementtiklinkkeri jäähdytetään nopeasti noin 200 °C lämpötilaan. 1500 °C lämpötilassa sementtiin varastoitunut energia jäädytetään kemiallisen tasapainon tilaan klinkkeriin. Tämä varastoitunut energia vapautuu kun sementtiin sekoitetaan vettä, jolloin syntyy sementtipastaa. (Peck 2004, 26–27; Ulm 2006, 216.)

2.1.2 BETONIN TÄYTE- JA RUNKOAINEEET

Aiemmin betonirakentamisessa käytettiin usein monenlaisia edullisia täyteaineita, kuten saviastioita sementin ollessa hyvin kallista. Mitä vähemmän sementtiä käytettiin, sitä edullisemmin kyettiin rakentamaan. Betonin ja siihen liittyvän teknologian kehittyessä ymmärrettiin pian, että suuremman raekoon täyteaineet paransivat olennaisesti kovettuneen betonin teknisiä ominaisuuksia. Niitä käytettäessä on mahdollista saavuttaa huomattavasti suurempi puristus- ja pintalujuus. Kuivuessaan massa kutistuu vähemmän, eikä betoni myöskään murre niin helposti. Kevytbetonia lukuunottamatta betonissa käytettävät täyteaineet ovat yleensä paljon kovempia ja vahvempia aineita kuin niitä ympäröivä sementtikivi. Vaikka täyteaineet eivät ole välttämättömiä betonin kovettumisreaktion kannalta, ne vahvistavat kovettunutta betonia huomattavasti.

2.1.2.1 LUONNOLLISET TÄYTEAINEET

Luonnosta löytyvät materiaalit kuten sora ja hiekka ovat yleisimpiä täyteaineita betonin valmistuksessa. Suomen maapinta-alasta moreenia, joka on soraa, kiveä ja hiekkaa on noin 48 %, minkä vuoksi sitä on helposti saatavilla ja se on edullista. Täyteaineiden koostumus vaihtelee alueittain ja niitä markkinoidaan usein maantieteellisen alkuperänsä mukaan.

Niillä alueilla, joilla soraa ja hiekkaa ei ole saatavilla käytetään pääsääntöisesti murskattua kiveä. Tällaiset runkoainekset ovat yleensä hyvin karheita ja suurirakeisia. Niiden sisältämät pienimmät kivet ovat halkaisijaltaan noin 4–8 mm. Murskatusta kivistä saadun soran lisääminen betoniin tekee siitä yleensä vaikeasti työstettävää suuren raekokonsa vuoksi, ja siksi sitä käytetään harvemmin.

2.1.2.2 KEVYET TÄYTEAINEET

Kevyitä täyteaineita käytetään kevytbetonin ja rakenteellisesti tiiviiden betonien valmistuksessa, joiden suhteellinen tiheys on pienempi kuin 2000 kg/m^3 . Kevytbetonilla on erittäin hyvät lämpöä eristävät ominaisuudet, ja käyttämällä sitä rakenteen omamassaa voidaan pienentää. Useimmat saatavilla olevat tuotteet sisältävät joko luonnollisia täyteaineita, kuten hohkakiveä, tai teollisesti valmistettuja runkoaineita, kuten paisutettua lasia, savea tai savikiviliusketta.

Paisutettu lasi on lasista saatava kierrätystuote. Se valmistetaan murskaamalla lasi tasakokoiseksi, minkä jälkeen siihen lisätään kaasuuntuvaa ainesta, joka palaa pois sulatusprosessin kuumuudessa. Polton aikana syntyvät kaasut saavat sulan lasin vaahtoamaan ja muodostamaan pääosin umpisoluista, rakeista vaahtolasia. Kun paisutettu lasi on jäädytetty se lajitellaan raekoon mukaan eri käyttötarkoituksia varten.

Kevytsora on puolestaan savesta polttamalla paisutettu rakeinen, pyöreä rakennustarvike. Se valmistetaan kiertouunissa polttamalla savesta, joka sisältää hyvin vähän kalkkia ja muita hienoksi jauhettuja orgaanisia aineksia. Prosessissa materiaalit sintraantuvat pallomaisiksi rakeiksi ja orgaaninen aine palaa pois. Poltossa syntyvät kaasut tekevät rakeista pyöreitä ja saavat ne laajenemaan nelin- tai viisinkertaisiksi. Jäähtyttyään rakeilla on hyvin huokoinen ydin ja kova pinta. Muuntelemalla polttoprosessia ja käytettävän materiaalin koostumusta voidaan valmistaa erikokoisia ja tiheydeltään erilaisia kevytsorarakkeita. Paisutettu savi, joka myös kuuluu kevyiden täyteaineiden ryhmään valmistetaan samalla tavalla kuin kevytsora.

2.1.2.3 KIERRÄTETYT TÄYTEAINEET

Ympäristöystävällinen kierrätystalous, jossa resursseja käytetään säästeliäästi, tarjoaa uutta pontta materiaalien uudelleenkäyttöön. Kierrätetyissä täyteaineissa käytettävissä materiaaleja saadaan puretuista betonirakenteista ja muista käyttökelpoisista purkumateriaaleista. Materiaalit esilajitellaan valmistusvaiheessa pääainesosiensa mukaan, jonka jälkeen ne murskataan ja seulotaan eri partikkelikokojen mukaisiin kokonaisuuksiin.

Kierrätettyjen materiaalien lujuus on yleensä riittävä betonin valmistukseen. Verrattuna luonnollisiin tai kevyisiin täyteaineisiin, kierrätetyissä runkoaineiksissa esiintyy huomattavasti suurempaa vaihtelua materiaalin koostumuksen ja fyysisten ominaisuuksien suhteen. Kierrätetyt täyteaineet imevät enemmän vettä kuin muut täyteaineet, ja tämä täytyy ottaa huomioon betonia valmistettaessa. (Peck 2004, 28–30.)

2.1.3 VESI BETONIN VALMISTUKSESSA

Betonin valmistukseen käytetään yleensä normaalia vesijohtovettä, vaikka puhdistetun veden käyttö ei ole välttämätöntä. Sen vuoksi monet betonitehtaat ottavat käyttämänsä veden suoraan kaivoista, järvistä ja joista. Makean veden käyttö ei ole myöskään edellytys betonin valmistamiselle, koska meriveden suolat ja mineraalipitoisuus eivät vaikuta betonin kovettumiseen. Sen sijaan jäännösvedet saattavat pitää sisällään betonin laatuun heikentävästi vaikuttavia aineita, minkä vuoksi niitä tulee välttää. (Peck 2004, 30.)



2.2 BETONI – KOMPOSIITTI RAKENNUSMATERIAALI

"Kun betoni valmistetaan niin, että se kaadetaan muottiin ja annetaan sen sitten kovettua, keskeisiä tekijöitä lopputuloksen kannalta ovat betoniseos, työvaiheiden ajoitus ja valettava muoto – ajattele vaikkapa kakkua, sen taikinaa, leipomista ja kakkuvuokaa."

Tod Williams & Billie Tsien (Williams & Tsien 2006, 106.)

Teräsbetonia käytetään yleisesti rakennusten kantavissa rakenteissa ja osissa. Raudoitusta käytetään betonissa joko rakenteellisista syistä tai rakennusmääräysten takia. Toisinaan raudoitusta käytetään vain sen vuoksi, että siitä on tullut vakiintunut käytäntö rakentamisessa. Monet rakennusten osat, kuten seinät, pylvää ja tukimuurit, joihin kohdistuu pelkkiä puristusvoimia, voitaisiin tehdä täysin ilman raudoitusta, koska niihin ei kohdistu vetovoimia.

Betonirakenteet joihin kohdistuu vetovoimia eivät kestä ilman vahvikkeita tai raudoitusta. Suunnitteluvaiheessa lasketaan betonikomponenttiin kohdentuvat leikkausvoimat ja selvitetään kykeneekö se imemään itseensä kohdistuvat voimat ja rasitukset ilman vahvistuksia. Raudoituksen tehtävänä on vahvistaa erityisesti leikkauskohtia, koska niissä on lähes aina taivutusmomenteja, eli vetovoimia.

Teräsbetoni on vahvaa teräksen ja betonin toisiaan tukevien ominaisuuksien vuoksi. Betoni kestää hyvin korkeita helposti laskettavia puristusvoimia, mutta sen vetolujuus on huono ja vaikeasti pääteltävissä. Betoni murtuu niiltä alueilta, missä se on alistettu taivutuskuormille. Raudoituksella puolestaan on mahdollista hajauttaa betonikomponenttiin kohdistuvaa taivutuskuormaa ja vahvistaa rakenteellisia ongelmakohtia kuten liitoskohtia.

Rakentamiseen käytetyn betonin lisäksi on olemassa monia muita rakennusmateriaaleja, jossa käytetään sidosaineena sementtiä. Esimerkiksi kevytbetoni ja korkealujuusbetoni ovat sovelluskohtaisia versioita tavallisesta betonista. Niihin on lisätty aineksia, joita perinteisessä betonissa ei ole. On olemassa muitakin aineita, joita kutsutaan betoniksi, vaikka niille ja betonille on yhteistä vain sementin käyttö sideaineena. (Peck 2004, 33–34.)

2.2.1 KEVYTBETONI

Kevytbetonitekniologia kehitettiin 1960-luvulla. Tavoitteena oli pienentää betonikappaleen massaa ja parantaa sen lämmöneristyskykyä ilman että sen kantokyky heikkenisi. Nykyisen kevytbetonin lämpöä eristävät ominaisuudet ovat huomattavasti tavallista betonia paremmat. Kevytbetoneita on monia erilaisia ja ne voidaan jakaa kahteen ryhmään, rakenteellisesti tiiviiksi ja huokoisiksi betoneiksi. Esimerkki huokoisista kevytbetoneista on ilmalla kyllästetty höyrykarkaistu Siporex. Siporex on suomalaisen Lennart Forsénin 1930-luvulla kehittämä kevytbetoni. Huokoisia kevytbetoneita käytetään pääasiassa niiden lämpö- ja äänieristysominaisuuksien takia. Rakenteellisesti tiiviit



kevytbetonit koostuvat pääasiallisesti karkeista, keveistä runkoaineista ja vain pienestä määrästä sementtiä, jolloin sen yksittäiset partikkelit tarttuvat toisiinsa vain koskiessaan toisiinsa. Höyrykarkaistut betonit koostuvat yleensä paisutetusta sementtimatriisista ja hyvin pienestä määrästä erittäin hienojakoista täyteainetta. Kevytbetonista valmistetaan pääasiassa elementtejä. (Peck 2004, 36; H+H 2015.)

2.2.2 KUITUBETONI

Kuitujen käyttö rakenteen vahvikkeena on betonia vanhempi keksintö. Heinää ja muita kuituisia kasveja lisättiin tai aseteltiin vanhoihin mutatiiliin, jotta hauras rakennusmateriaali ei halkeilisi kovettuessaan ja kuivuessaan. Kuituja käytetään betonin tai muun sementtiä sidosaineenaan käyttävän aineen vahvistukseen, koska niillä on helppoa ja edullista korvata raudoitus. Kuidut ovat osoittautuneet hyväksi betonin vahvistusaineeksi, minkä vuoksi niitä käytetään laaja-alaisesti nykypäivän betonirakentamisessa.

Mikäli kuitujen halutaan toimivan tehokkaasti niitä täytyy käyttää runsaasti ja niiden tulee olla oikean suuntaisesti alueella jossa niiden toivotaan vaikuttavan. Kuitujen jakautumiseen ja suuntaan ei kuitenkaan ole mahdollista vaikuttaa, vaas sitä voidaan ainoastaan arvioida.

Nykyisin kuitumateriaaleina käytetään muunmuassa terästä, muovia ja lasikuitua. Kuitujen käyttö betonin valmistuksessa lisää huomattavasti hienojakoisten ainesosien määrää, jotka täytyy kostuttaa ja sekoittaa sementtipastaan (Peck 2004, 38.). Tämän vuoksi kuitubetoniin täytyy valmistusvaiheessa käyttää enemmän vettä kuin tavalliseen betoniin ja sen sekoittaminen on myös raskaampaa.

2.2.3 TERÄSKUITUBETONI

Teräskuitu betonissa kehitettiin korvaamaan monimutkainen ja kallis raudoituksen käyttö. Raudoituksen taivuttaminen ja asettelu on sekä aikaavievää että tyyristä. Tavoitteena oli, että useissa rakenteissa voitaisiin käyttää edullisempaa vaihtoehtoista vahvistusmenetelmää. Vaikka teräskuiduilla on huomattavan samanlainen vaikutus kuin raudoituksella, niitä käyttämällä on mahdotonta korvata sitä kuormankantokykyä ja turvaa, joka saavutetaan teräksisten tankojen käytöllä. Yksi kuitujen käytön heikkous on se, että ne leviävät helposti epätasaisesti betoniin (Peck 2004, 38.).

2.2.4 SYNTEETTISET KUIDUT

Synteettisten kuitujen käyttö parantaa betonin halkeilukäyttäytymistä ja vastustuskykyä kolhuille sekä iskuille, koska se tekee betonista joustavampaa. Synteettiset kuidut ovat orgaanisia polymeerejä, ja niiden olemassa oleva valikoima on monipuolinen ja vaikeasti kategorisoitava. Kuitujen tyyppiä ja tuotteiden sisältöä ei ole aina ilmoitettu valmisbetonituotteissa. Synteettisiä kuituja ei käytetä rakentamisessa vielä kovin yleisesti, sillä kuitujen materiaalin lisäksi myös valmistus tapa vaikuttaa niiden ominaisuuksiin ja

toimintaan betonin kanssa. Vuosien ajan saatavilla on ollut synteettisiä kuitutuotteita, jotka ovat yhtä lujia kuin verrattavissa olevat teräskuidut. Synteettisiä kuituja sisältävää kuitubetonia käytetään usein ruiskubetonoinnissa, lattiatasoiteissa ja rappauksissa.

Polypropeenikuituja käytetään parantamaan palonkestävyyttä varsinkin korkealujuusbetoneissa. Kun betonipintainen alue kuumenee nopeasti on vaarana, että betonin sisällä syntyy korkeapaineista vesihöyryä, joka saattaa aiheuttaa pinnan hilseilyä ja kuoriutumista, jolloin betonin raudoitus paljastuu suoraan tulelle. Betonirakenteissa olevat polypropeenikuidut alkavat sulaa noin 130 °C lämpötilassa. Niistä syntyvä neste tunkeutuu betonin huokosiin ja sulaneen aineksen tilalle muodostuu kanavia, joiden kautta vesihöyry pääsee purkautumaan ulos.

Polypropeenikuidut voivat myös parantaa betonin materiaaliominaisuuksia. Niiden vaikutus on kuitenkin rajattu, koska kuitujen vetolujuus ja kimmokerroin ovat suhteellisen alhaisia. Polyamidi- ja polynitriilikuidut ovat materiaaliominaisuuksiltaan paljon jäykempiä ja niiden vetolujuus ja kimmokerroin ovat yli kaksinkertaisia verrattuna polypropeenikuituihin.

Hiilikuituja käytetään erikoisbetoneissa, silloin kun polyamidi- tai polynitriilikuitujen materiaaliominaisuudet eivät ole riittävät. Hiilikuidun valtavat vahvuudet ovat tuttuja muista sovellusaloista, kuten auto- ja urheiluvälineiteollisuudesta, ja ne ovat hyvin erikoistunut kuitujen ryhmä. Hiilikuidut valmistetaan venyttämällä ja karbonoimalla polyakryliiniriiliä tai lujia viskoosikuituja ja ne kestävät hyvin emäksiä. Hiilikuidun vetolujuus on valtavasti suurempi kuin raudoituksella ja sen kimmokerroin on yli kaksinkertainen teräsvahvistukseen verrattuna. Siksi se sopii erityisesti tukirangaksi ohuisiin ja erikoisen muotoisiin betonikappaleisiin. Hiilikuitua voidaan käyttää betonissa raudoituksen tavoin tankoina tai pienempänä betonipastan sekoitettavana kuitumateriaalina. (Peck 2004, 38.)

2.2.5 LASIKUITU JA TEKSTIILI BETONIN VAHVIKKEENA

Lasikuidut ovat kuuluneet oleellisesti 1980-luvulta lähtien betonirakentamiseen. Lasikuitu valmistetaan hienoksi kehrätystä sulasta lasista. Lasikuitua voidaan käyttää betonin seassa langaksi kehrättyinä, yksittäisinä kuituna tai mattoina. Vain emäksen kestäviä lasikuituja voidaan käyttää, sillä pitkällä aikavälillä vain ne ovat tarpeeksi kestäviä betonin emäksisessä ympäristössä.

Lasikuitua käytetään harvoin betonirakenteissa, koska karkeat täyteaineet saattaisivat jauhaa ja hioa kuidut rikki, jolloin ne eivät enää sitoisi betonimassaa. Tärkeimpiä sovelluksia lasikuitubetonille ovat muun muassa lasikuituvahvisteinen ruiskubetoni, joka on tehty korkealujuussementtilaastista. Siitä voidaan valmistaa hyvin ohutseinäisiä elementtejä, joilla on hyvin korkea kantokyky kolmiulotteisilla pinnoilla. Esimerkkejä näistä ovat julkisivuelementit, tekokivet, kiipeilyseinät ja skeittipuistot. Toinen lasikuitubetonin keskeinen käyttökohde on kuitusementtilaatat, jotka valmistetaan tehtaissa tuotantolinjoilla ja leikataan standardimittoihin kovettumisen jälkeen. Niitä voidaan käyttää erittäin laadukkaiden, kestävien sisä- ja ulkotilojen pintoihin. Vaikka ne ovat vain yhden

senttimetrin paksuisia, ne ovat hyvin vakaita, minkä lisäksi ne kestävät poraamista, liimaamista ja ruuvaamista.

Lasikuitua on mahdollista punoa langaksi. Yksi lanka koostuu 20–40:stä kuidusta. Langasta voidaan tehdä monenlaisia sementtiin valettavia kolmiulotteisia kangasmuotoja. Toisin kuin kuitusementissä, punottuja lankoja käytettäessä vahvistus ei synny lyhyistä kuiduista vaan pikemminkin tekstiileistä, kuten esimerkiksi lasi- tai hiilikuitumatoista. Sen vuoksi tätä vahvistusmenetelmää voi kutsua tekstiilivahvistukseksi. Kuitukankaat sisältävät tietyn määrän lasi- tai hiilikuituja, jotka kulkevat tiettyyn suuntaan ja joiden paikka ja jakauma eivät ole tilastollisesti satunnaisia. Sen sijaan ne sijoittuvat täsmällisesti kappaleeseen raudoituksen tapaan. Kankaan luontainen jäykkyys on usein riittävä betonin vahvistamiseen, mutta tarvittaessa sitä voidaan työstää yhdistämällä useita kankaita päällekkäin laminoimalla. Tekstiilivahvisteisten rakenteiden kantokyky voidaan mitata tarkasti. Tämä tekniikka sopii hyvin massaltaan pienten, kevyiden, ohutseinäisten ja suuren kantokyvyn kappaleiden valmistukseen. (Peck 2004, 39.)

2.2.6 KORKEALUJUUSBETONI

Korkealujuusbetonia käytetään erityisesti rakenteissa, joiden tehtävänä on kantaa hyvin suuria kuormia. Tällaisia rakenteita hyödynnetään esimerkiksi silloissa ja tornitaloissa. Korkealujuusbetoni tunnetaan paremmin englanninkielisellä nimellä *high performance concrete*. Yksittäisen elementin parempi kantokyky tarkoittaa sitä, että kappaleen dimensioita on mahdollista pienentää, jolloin muuhun käyttöön vapautuu lisää tilaa. Korkealujuusbetonin käyttäminen korkean tornitalon alempien kerrosten kantavissa rakenteissa mahdollistaa järkevät ratkaisut. Silloin rakenteiden mittojen ei tarvitse olla suhteettomasti suurempia verrattuna ylempien kerroksien kantavien osien dimensioihin.

Korkealujuusbetonin käyttö rakentamisessa on poikkeuksetta hankalaa. Vaikka näissä betoneissa käytettäisiin suuria määriä notkistinta, ne ovat aina hankalampia työstää ja liikutella työmaalla kuin tavallinen betoni. Notkistavat lisäaineet ovat pinta-aktiivisia aineita, jotka kiinnittyvät sementtirakeiden pinnalle ja aiheuttavat hylkimisreaktion näiden välille. Vesi pääsee tunkeutumaan paremmin erillään olevien rakeiden väliin, jolloin betonin työstettävyyden paranee.

Notkistavilla lisäaineilla veden määrää voidaan vähentää 5–30 % ilman että betonin työstettävyyden heikkenee. Vesimäärän vähennyksen tuomaa lujuuden kasvua voidaan hyödyntää pienentämällä tarvittavaa sementtimäärää. Sementtimäärän pysyessä samana voidaan alhaisemman vesisementtisuhteen avulla saavuttaa korkeampia lujuuksia. Kovettuneina korkealujuusbetonit ovat erittäin hauraita, sillä niiden sisältämä suhteellisen suuri hienojakoisten aineiden määrä tarkoittaa sitä, että ne ovat herkkiä murtumaan. Korkealujuusbetonien suhteellisen matala veden ja sementin suhde on yleensä alle kemiallis-fyysisten vaatimusten. Tästä seuraa, että korkealujuusbetonit kuivahtavat itseksensä ikääntyessään, mistä voi seurata ylimääräistä kutistumista. Korkealujuusbetonin materiaaliominaisuudet tekevät siitä erittäin soveltuvan osille, elementeille ja kappaleille, joihin kohdistuu suuria puristuskuormia. (Peck 2004, 39–40; Finnsementti; Semtu.)

2.2.7 ERIKOISLUJAT BETONIT

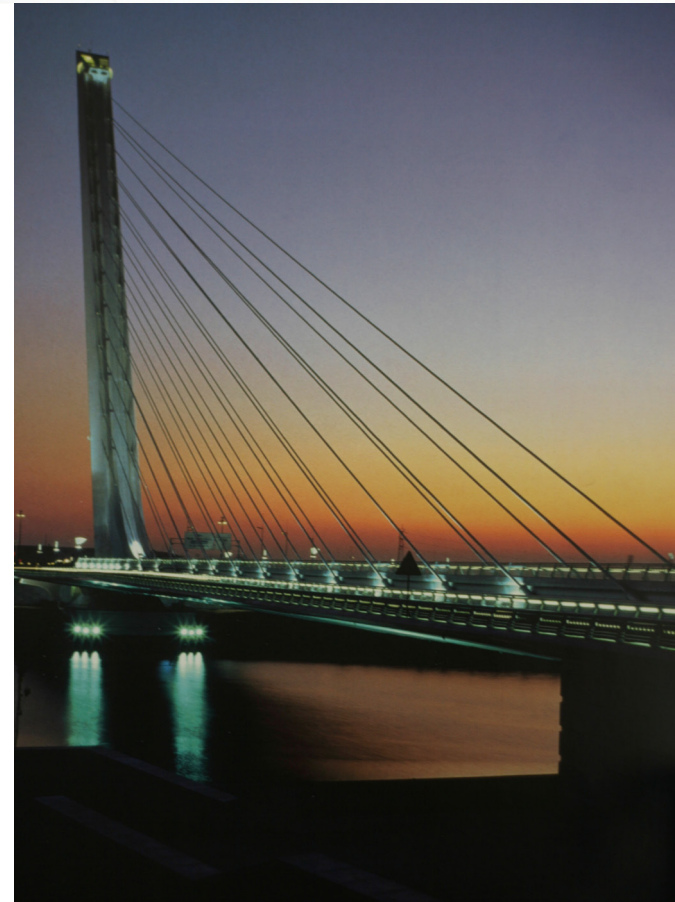
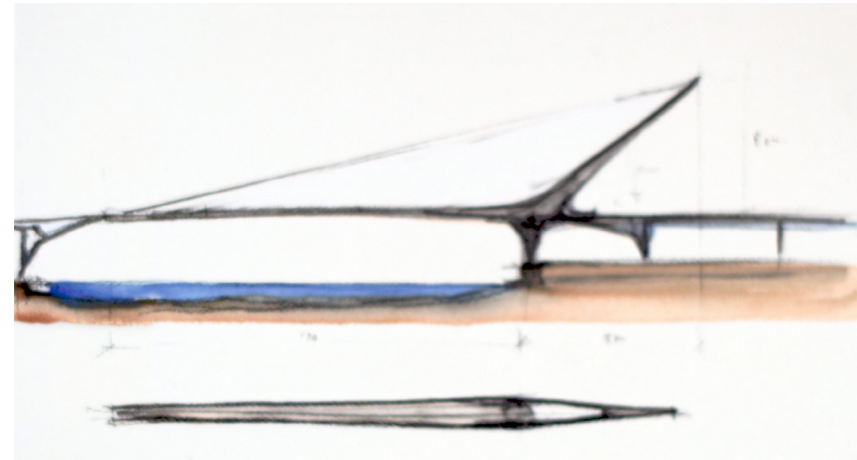
Erikoislujuja betoneita ovat betonit, joiden lujuus on korkeampi kuin tavallisilla korkealujuusbetoneilla. Niiden englanninkielinen nimitys on *ultra high performance concrete*. Tämä tarkoittaa käytännötasolla noin 150 MN/m^2 maksimilujuutta. Ulkomaisissa tutkimuksissa on saatu aikaiseksi jopa 800 MN/m^2 puristuslujuuksia. Erikoislujuat betonit kehitettiin käyttäen samaa teknologiaa kuin mitä käytetään korkealujuusbetoneissa. Sementtisidoksena aineena sen puristuslujuus on kuitenkin huomattavasti korkeampi. Se on puristuslujuudeltaan myös kaikkien lain vaatimien rakennusstandardien yläpuolella. Erikoislujujen betonien lujuus perustuu usean tekijän vaikutukseen. Näitä ovat sementin ja kvartsin suhteellisesti korkeat määrät, pieni vesisideaine suhde, runkoaineen pieni maksimiraekoko ja betonin lämpökäsittely (Tulimaa 2005, 64.). Teknisesti luotettava toistettavissa oleva korkealujuusbetonin vahvuus on tällä hetkellä noin 300 N/m^2 . Se on melkein kertaluokkaa suurempi vahvuus kuin tavallisilla betoneilla.

Erittäin korkeita puristuslujuuksia voidaan saavuttaa hienosäätämällä raaka-aineiden suhteita. Erikoisluju betoni on hyvin hienorakeista laastia, jossa on sementin lisäksi kivipölyä, lentotuhkaa ja piidioksidia. Aineet ovat mahdollisimman tiiviitä ja vähähuokoisia. Toisin kuin tavallisessa betonissa, erikoislujuissa betoneissa ei ole yhtään ylimääräistä nestettä. Niissä on nestettä niin vähän, etteivät kaikki sementin aineet kostu. Näin osa kivinauksesta jää kuivaksi ja pysyy kovettuneessa tilassa. Erikoislujuun betonin lähes tiivis rakenne estää kosteuden ja epäpuhtauksien tunkeutumisen siihen melkein täysin. Siksi se on huomattavasti kestävämpi ja parempi vaihtoehto kosteudelle alttiissa paikoissa kuin tavallinen betoni. Mitä lujempaa rakennusmateriaalina käytettävä betoni on, sitä hauraampaa se myös on. Sen vuoksi erikoisluju betoni vahvistetaan usein kuituaineella, kuten teräksellä, lasilla tai muovilla. Kuituaine lisätään joko sekoitusvaiheessa betonimassaan tai asetetaan tarkasti paikalleen käytettäessä lasi- ja hiilikuitutekstiileitä. Näin lujista rakennesista saadaan myös sitkeitä, mikä mahdollistaa niiden käytön laajemmin rakentamisessa. (Peck 2004, 40.)

2.2.8 ITSELUJITTUVA BETONI

Itselujittuvalle tai itsetiivistyvälle betonille tyypillisiä ominaisuuksia ovat alhainen myötöraja, korkea muodonmuutoskyky ja kohtalainen viskositeetti. Tämä varmistaa, että kiinteät hiukkaset leviävät tasaisesti betoniin ilman ulkoista tiivistämistä. Itselujittuvan betonin kehittäminen 1990-luvulla Japanissa oli vahvasti kytköksissä polykarbonaattien eli täysin uudenlaisten notkistimien kehitykselle. Itsetiivistyvän betonin toimintaperiaate perustuu hyvin nestemäiseen laastiin, joka kuljettaa suurista hiukkasista koostuvan täyteaineen vaikeisiin paikkoihin monimutkaisissa muoteissa, joskin laastin liike on suhteellisen hidasta.

Tällaista betonia voidaan käyttää runsaasti vahvistettujen osien valuissa ja paikoissa, joita ei ole mahdollista päästä tiivistämään täryttimellä. Lisäksi se sopii monimutkaisille muotteille, jotka voivat olla muutoin mahdottomia valaa. Lisäksi itsetiivistyvällä betonilla



saavutetaan paljon sileämpi pinta kuin tavallisella betonilla. Näitä betoneita käytetään myös elementtien valmistukseen. Itselujittuva betoni on sekä edullista valmistaa että helppoa työstää. Itselujittuminen on ominaisuus, joka vaikuttaa vain rakentamisprosessiin ja betonin valmistukseen. Kovettuneena tällainen betoni on ominaisuuksiltaan hyvin lähellä perinteistä betonia. (Peck 2004, 41.)

2.2.9 PUUKUITUBETONI

Puukuitubetoni on olemukseltaan samanlaista kuin normaali betoni. Keskeinen ero on se, että sidosaineet ovat kiviaineksen sijaan puuteollisuuden sivutuotteita, kuten sahanpurua, haketta ja puulastuja. Huomattavasti kevyemmän puun lisääminen betoniin tarkoittaa sitä, että betonin tiheys on pienempi kuin normaalista. Puukuitubetonin tiheyttä voi säädellä sillä millaista puuta käytetään vahvistuksessa.

Puukuitubetonit eivät ole vakiinnuttaneet vielä paikkaansa laajemmassa käytössä tai markkinoilla. Karkeiden puulastujen käyttö tekee betonista hyvin ääntä eristävää. Pinnan profiloinnilla voidaan vahvistaa tätä ominaisuutta. Monesti tällaista betonia käytetäänkin suurten sisätilojen akustoinnissa ja äänivalleissa.

Betonissa käytettävät puulastut esikäsitellään mineralisoimalla eli upottamalla lastut mineraalipitoiseen aineeseen. Tämä heikentää puun imukykyä, neutralisoi epäpuhtaudet, jotka saattavat haitata betonin kovettumista, tekee lastuista kovempia ja tukee niiden ja sementin sitoutumista toisiinsa. Koska puukuituvahvisteista betonia käytetään pääasiassa ohuissa elementeissä, se sopii erityisen hyvin tehdasvalmisteisiin tuotteisiin. Vaikka nykyään on jo olemassa hyvin pakkasta ja kosteutta kestäviä puukuitubetoneita, niiden käyttö on hyvin vähäistä.

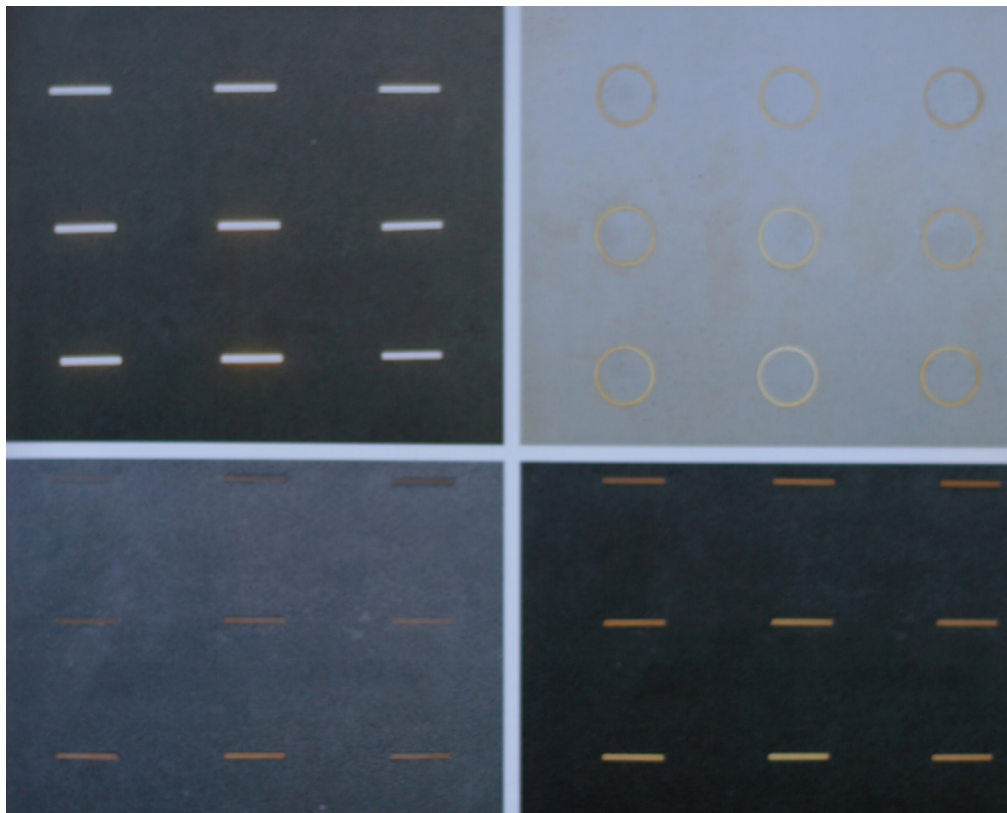
Kun puun sivutuotteita käytetään sementtisidosaineisessa rakentamisessa, on muutamia seikkoja, jotka on otettava huomioon sementtipastaa suunniteltaessa. Puu on orgaaninen materiaali, joka lahoaa ja rapistuu. Puuaineessa tapahtuvat muutokset voivat rajoittaa siitä valmistettujen osien kestävyyttä. Puulastut sisältävät vesiliukoisia ainesosia, jotka voivat haitata sementin ja veden hydraulista kovettumista. Puu imee vettä vaihtelevissa määrin nestemäisestä sementtipastasta. Tämä voi aiheuttaa huomattavia muutoksia sementtipastassa jopa sekoittamisen jälkeen. Puutavaran mineralisoinnilla voidaan pitkälti neutralisoida nämä ei-toivotut vaikutukset.

Puukuituvahvisteisen betonin pinta tuntuu miellyttävän lämpimältä ja huokoisena se myös tasaistaa ilmankosteuden vaihteluita. Tällaiset betonit sisältävät hyvin vähän minkäänlaisia haitallisia aineita ja ne kestävät erittäin hyvin iskuja. Kaiken lisäksi niiden massa on oleellisesti normaalia betonia pienempi, minkä takia niistä valmistettavia kappaleita on mahdollista käsitellä ilman raskaita nostolaitteita. (Peck 2004, 42.)

2.2.10 VALOKUITUBETONI

Valoa läpäisevät betonituotteet tulivat markkinoille 1990-luvun loppupuolella. Erittäin ohuista valokuiduista kudottu harvahko verkko asetetaan kerroksittain betoniin valuvaiheessa. Valokuitubetonista valmistetaan yleensä suorakulmaisia kappaleita, joiden sivujen pituus vaihtelee 80–200 cm välillä. Niistä sahataan laattoja suorassa kulmassa kuitujen suuntaan nähden. Leikkauspintoissa valokuidut muodostavat enemmän tai vähemmän säännöllisen kuvion, joka kuljettaa niihin osuvaa valoa laatan valoisammalta puolelta pimeälle puolelle muuttamatta valon tehoa tai väriä (Pesonen 2010, 15.).

Tiheän asettelun vuoksi kuidut voi nähdä kirkkaina pisteinä varjoisalla puolella ja ne voivat aikaansaada laajan kirjon erilaisia valo- ja visuaalisia efektejä. Valon muodostamien kuvioiden laatu riippuu kuitujen tiheydestä ja jakautumisesta betonissa, sekä valon ja varjon välisestä erosta laatan molemmin puolin. Paikallisista olosuhteista riippuen valon, valon muutosten, siluettien ja liikkeen havainnointi on mahdollista betonin läpi. Projektoria käyttäen betonipinnalle voidaan myös heijastaa kuvia, jotka näkyvät kuitujen välityksellä kappaleen toiselle puolelle täysissä väreissään.



2.3 BETONIN MATERIAALISUUS JA PINTA

"Pinta on yksi ensimmäisistä ihmisistä määrittävistä tekijöistä, oli kyse sitten siitä, miten ihmiset esittelevät itsensä tai miten tulkitsemme heitä heidän ulkonäkönsä perusteella. Pintapuolisesti jotkut ihmiset vaikuttavat täydellisiltä, mutta kun pääsemme heidän pintansa alle, he ovatkin paljon monimutkaisempia."

Tod Williams & Billie Tsien (Williams & Tsien 2006, 106.)

Betonirakentamisen kehittyessä syntyi vähitellen uusia tapoja käsitellä ja työstää betonipintaa. Aluksi fokus oli itse materiaalissa, mutta vähitellen mielenkiinto siirtyi enenevässä määrin moninaiisiin pintoihin, joita erilaisin käsittelyin pystyttiin tuottamaan. Paljaan betonipinnan ulkonäkö on riippuvainen käytetystä muottimateriaalista ja käsityönä tehtävästä viimeistelystä, vaikka käytetyn laastin rakeisuus vaikuttaa myös pinnan huokoisuuteen. Valamalla valmistettu, paljaaksi jätetty betonipinta on eräänlainen negatiivi muotistaan kaikkine muotin pinnan muotoineen ja epätäydellisyyksineen. Ajan saatossa kehittyi monia taitoa vaativia rakentamis- ja viimeistelytapoja, jotka lisäsivät betonin käyttömahdollisuuksia arkkitehtuurissa. Monet näistä menetelmistä vaativat asiantuntemusta, taitoa ja rakentamiskokemusta. (Peck 2004, 54.)

Paras yhtenäinen tulos saadaan jakamalla valettavan kappaleen pinta osiin, joissa yksi osa vastaa yhtä sekoitettua betoniannosta. Jokainen betoniannos on erivärinen etenkin, jos myllyssä sekoitetaan välillä muita annoksia. Käsittelemättömän pinnan vaaleuteen vaikuttavat monet tekijät. Eniten siihen vaikuttavat muottipinnan laatu ja puhtaus, sideainetyyppi, hienon runkoaineen väri ja betonin vesisideainesuhde. Mitä pienempi vesi- sideainesuhde on, sitä tummempaa betoni on. Tämän takia korkealujuusbetoni on usein erityisen tummaa. Mitä suurempi vesisideainesuhde puolestaan on, sitä vaaleampi, mutta huonommin kestävä betonipinta saadaan. Paljon vettä sisältävän betonin pintaan voi saostua härmettä, kun vesi haihtuu betonista. Silloin betonipinnasta tulee laikukas. (BY40 2003, 12.)

Muotin tiiveys vaikuttaa myös huomattavasti pinnan tummuuteen. Tiivistä teräsmuottia vasten pinnasta tulee vaalea, kun taas vettä hyvin imevät muottipinnat, kuten sahalauta ja muottikangas, saavat aikaan tumman pinnan.

Pinnan väriin vaikuttavat myös hienon runkoaineen väri harmaassa värjäämättömässä betonissa sekä väriaineet ja pigmentit väribetonissa. Kastunut betonipinta on yleensä tummempi kuin kuiva pinta ja tummat pinnat tummuvat enemmän kastuessaan kuin vaaleat pinnat. Betonin imukykyä voidaan rajoittaa erilaisilla käsittelyillä, kuten esimerkiksi vahaamalla tai öljymällä. Betonin ainesosien ja muotin imukyvyn lisäksi valmistustekniset tekijät vaikuttavat betonin tummuuteen ja väriin. Pyrittäessä tasaiseen tummuusasteeseen ja väriin on huolehdittava valmistusaineiden ja -olosuhteiden tasaisuudesta ja tasalaatuisuudesta. (Rakennustietosäätö 2000, 2.)

Tämän hetkiset betonipinnan käsittelytekniikat tarjoavat monia hyvin erilaisia työkaluja

sekä vaihtoehtoisia menetelmiä suunnitteluun. Perinteisten suunnittelu- ja valutekniikoiden, kuten lautamuotin tai pesubetonikäsittelyn käyttö, on vähentynyt huomattavasti. On kuitenkin järkevää harkita joidenkin perinteisten rakennus- ja suunnittelumetodien laajempaa käyttöä nykyäänkin, koska intensiivinen betonin ja rakennustekniikoiden tutkiminen on avannut paljon uusia mahdollisuuksia betonirakentamisessa. Vanhoja ja uusia menetelmiä yhdistämällä on mahdollista saavuttaa toimivia ja mielenkiintoisia lopputulemia.

2.3.1 MUOTTIPINNAN MERKITYS SUUNNITTELUSSA

Tuore juokseva betoni kovettuu muotissaan ja toistaa muotin sisäpinnan muodot (Ulm 2006, 240.). Laadukkaan betonipinnan syntyyn vaikuttaa ratkaisevasti muotin pinta ja sen materiaali. Kun valmistetaan erittäin sileitä ja tasaisia pintoja, on myös muottimateriaali ja muotin pinnan laatu valittava tarkoin. Muottilevyjen käsittelemättömiä saumakohtia on vältettävä, sillä ne näkyvät aina betonin pinnassa kohoumina tai urina. Muotin pintamateriaali vaikuttaa pintakerroksien huokosten määrään. Esimerkiksi terästä vasten valettu betonipinta on sileä, mutta ohuen pintakerroksen alla on mahdollisesti runsaasti huokosia (BY40 2003, 20.).

2.3.1.1 PUUMUOTTI

Sahatavara on perinteinen muottimateriaali. Sahatavaraa käytettäessä pinta saa hyvin luonteikkaan ulkonäön, johon vaikuttaa niin käytettävä puulaji kuin sahaustekniikka. Esimerkiksi kehä-, pyörö- tai vannesahalla sahattu lauta tuottavat kaikki toisistaan poikkeavan pinnan. Käsittelemättömästä sahatavarasta tehty muotti kestää kahdesta neljään käyttökertaa. Puisen muotin pinnan tekstuuri vaihtelee karkeasta sahatusta höylättyyn sileään pintaan. Muoteissa voidaan käyttää myös korkealaatuisempia puulaatuja edullisten havupuiden sijaan, silloin kun tavoitellaan tietynlaista pintastruktuuria.

Puskuliitoksin tehty havupuinen lautamuotti on vaikea tehdä niin tiiviiksi, että neste ei pääse vuotamaan sen saumakohdista. Lautojen väliset saumojen vuotokohdat aiheuttavat lähes aina ei-toivottuja tummia läikkiä valmiiseen betonipintaan. Myös oksakohdat imevät betonista enemmän vettä aiheuttaen pintaan tummia läikkiä. Lautamuotti on aina kasteltava hyvin. Kastelu saa muotin turpoamaan ja tiivistää sen samalla vähentäen betonin tarttumista muottiin. Puun imukyky vaihtelee laudasta lautaan, minkä vuoksi muotin kastelusta huolimatta valmiissa valupinnassa esiintyy tummuusvaihteluita (BY40 2003, 23.). Erittäin imukykyinen käsittelemätön puu jättää aina oman karheen jälkensä ja estää samalla ilmakehien muodostumisen betonin pintakerrokseen. Tämä johtuu puun luontaisesta kyvystä imeä vettä ja ilmaa itseensä.

Valun laadun säilyttämiseksi ja muotin käyttökertojen lisäämiseksi muotti kannattaa pinnoittaa. Puulevyisen muotin käyttökertojen määrä riippuu pääosin valupinnalle asetettavista vaatimuksista. Pinnoittamaton tai öljymätön puu imee betonista runsaasti vettä, minkä seurauksena valmiin valun pintakerros on usein irtoileva ja pölyävä. Tästä

syystä pinnoittamattomassa vanerimuotissa on aina käytettävä muotiniirrotusainetta. Pinnoittamattoman vanerin puhdistus on vaikeaa ja se vaikeutuu valukertojen lisääntyessä, minkä vuoksi tällaisia muotteja ei voi käyttää montaa kertaa. (BY40 2003, 21–22.) Muotiniirrotusaineita käyttämällä puumuotin pinnasta tulee tasaisempi ja siten samaa muottia voidaan käyttää useampia kertoja, koska se on helpompi irrottaa betonista.

Edullista, puuta heikompileatuisena pidettyä lastulevyä on käytetty viime vuosina korkealaatuisten paljaiden betonipintojen valmistuksessa. Näin tehdään kuitenkin harvemmin, koska lastulevy imee nestettä ja turpoaa paljon, joten sen vaikutus betonipintaan on huomattava. Lastulevyn suuren imukyvyn vuoksi valmistettu betonipinta on lähes huokoseton. Levymateriaalin valmistajat kertovat sen soveltuvan myös betonivaluihin (Puinfo 2015.). Lastulevyissä käytetty liima ja lastujen tasainen jakautuminen tasoittavat suuresti betonin kovettumista, jota tuoreen käsittelemättömän puun käyttö muottimateriaalina voi häiritä. Tämän takia lastulevyä käyttämällä on mahdollista kontrolloida lopputuloksen jälkeä ja valmistaa helpommin tasalaatuisia paljaita betonipintoja. Levyn voimakas pintakuvio peittää alleen muut mahdolliset epätäydellisyydet.

Edullisten, huonolaatuisten vanerilevyjen käyttöä muottimateriaalina on kokeiltu paljon, mutta tulokset ovat olleet vaihtelevia. Yksittäiset levyt tuottavat pintaan laajan kirjon erilaisia värejä ja tekstuureja. Lisäksi käsittelemättömällä puupinnalla on kovettumisprosessia hidastava vaikutus, joka vaihtelee vanerilevystä toiseen. Tämän vuoksi huonolaatuinen vaneri ei sovi muottimateriaaliksi vaativiin valuihin. Silti erilaiset puulevyt, esimerkiksi vanerit, ovat yleisimmin käytetty muottimateriaali. (Peck 2004, 55–56.)

2.3.1.2 SILEÄPINTAISET MUOTIT

Sileäpintaisella muotilla tarkoitetaan nykyisin mitä tahansa tekstuuriittoman pinnan jättävää muottia. Tällainen muotti ei ime vettä tai sementtilaastia ja tuottaa sen vuoksi hyvin sileän valupinnan. Valmis pinta on neutraali ja näkyviin jäävät ainoastaan liitoskohtien ja muottisiteiden jäljet sekä mahdolliset väriaihtelut betonipinnoissa. (Peck 2004, 56.)

Lasikuitu- ja muovimuotit ovat erittäin tiiviitä ja suhteellisen kestäviä. Ne soveltuvat useita käyttökertoja vaativiin valuprosesseihin. Lujitemuovimuotti sopii suurten ja voimakkaasti muotoiltujen betonipintojen valamiseen. Lujitemuovi on hyvin yleinen muottimateriaali esimerkiksi talonrakentamisessa, kun tehdään pyöreitä pilareita.

Metallimuoteilla voidaan tehdä suuria, yhtenäisiä ja erittäin sileitä betonipintoja. Metallimuottien muuttaminen on hankalaa, joten ne soveltuvat erityisesti sarjatyönä tehtävien kappaleiden valmistamiseen. Tällaisia muotteja voidaan käyttää hyvin monta kertaa, mutta ne vaativat hyvää huoltoa ja ylläpitoa, jotta valetun pinnan laatu pysyy korkeana monien valukertojen jälkeen. Tyypillisimpiä muottipintojen vaurioita metallimuoteissa ovat erilaiset ruoste- ja käsittelyvauriot kuten hiontavirheet, kolot, painaumat ja hitsausjäljet. Pusiin muotteihin verrattuna metallimuotin alkuinvestointi on myös oleellisesti suurempi.

2.3.1.3 MUOTTIKANKAAT

Muottikangasta käyttämällä voidaan valmistaa valuhuokosettomia betonipintoja. Betonia täyrytettäessä huokoinen kangas päästää betonin pintakerroksesta pois ilmaa ja jonkin verran vettä. Muottikangasta käyttämällä saavutetaan huokoseton pinta, minkä lisäksi se myös parantaa pinnan tiiveyttä ja säilyvyyttä.

Kangasmuottien erityispiirre on se, että ne jättävät betonipintaan kangasmaisen kuvion, joka saattaa aiheuttaa kirjavuutta. Siksi kangasmuotilla valmistettu pinta ei koskaan vastaa laadultaan sileillä levymäisillä muoteilla tehtyä pintaa. Muottikankaat eivät myöskään ole pitkäikäisiä vaan niiden käyttöä puoltavat ominaisuudet menetetään käytännössä jo muutaman käyttökerran jälkeen. Kangasmuotit ovat erityisen vaurioherkkiä, joten niitä on käsiteltävä varovasti.

Venyvän kangasmuotin etu on se, että betonipasta hakee siinä optimaalisimman ja lujimman muodon. Toisaalta tällaisen valuprosessin rajoitteena on se, että valettavan kappaleen muotoon ei voi juurikaan vaikuttaa (Ulm 2006, 240.). Näin valmistetut kappaleet ovat pääsääntöisesti orgaanisen muotoisia ja ne sopivat hyvin esimerkiksi kantaviin rakenteisiin, kuten pilareihin.

2.3.1.4 KUMI JA ELASTISET MUOTIT

Kumi sopii muottimateriaalina hyvin pienille ja monistettaville pintakappaleille, kuten koristekuvioille. Isoissa yksittäisissä elementeissä se on kallis ratkaisu. Erityisesti elastisia polyuretaanimuotteja käytettäessä on varmistettava, että käytettävä muotinirrotusaine soveltuu niin betonille kuin muottimateriaalillekin. Kumimuotti toistaa halutut muodot uskollisesti ja se mahdollistaa aina 80 mm syvien tekstuurien ja muotojen valamisen. Se on oiva valinta muun muassa silloin, kun kopioidaan ja uusitaan vanhoja koristeaiheita. Synteettisistä materiaaleista tehdyt muotit ovat yleensä hyvin pitkäikäisiä. Yhdellä muotilla voidaan valmistaa tasalaatuinen lopputulos yli 100 kertaa, mikäli siitä pidetään asianmukaista huolta.

1960-luvulta 1980-luvulle asti synteettisistä materiaaleista tehdyt muotit toimivat lähtökohtana betonipintojen suunnittelulle ja valmistamiselle. Tarkoitus oli tehdä teknisesti helpolla ja luotettavalla tavalla korkealaatuisia betonipintoja, joiden pintatekstuurit olivat usein monimutkaisia ja näennäisesti luonnollisen näköisiä. Arkkitehtuurin suuntausten muuttumisen seurauksena tällaiset lähtökohdat alettiin nähdä ristiriitaisina betonin materiaalisuuden kanssa. Synteettiset, pehmeät muotit väistyivät lähes täysin käytöstä niitä seuranneen trendin, sileän paljaaksi jätetyn betonipinnan tieltä. (Peck 2004, 56–57.)

2.3.1.5 TAMPATTU BETONI

Ennen 1940-lukua betoni valettiin yleensä maakosteana paikalleen ja tampattiin tiiviiksi, sillä valmiiden elementtien kuljettaminen olisi ollut lähes mahdotonta niiden painon vuoksi. Tampaten tiivistystä betoniosasta on helppo tunnistaa betonin koostumus,



millaista tampointa on käytetty, kerrosten paksuus, työhön käytetty voima ja rakentajan into työhönsä. Pinnassa näkyvät myös muottiliitosten saumat, ilmakuplien aiheuttamat jäljet ja käytetty kiviaines.

Tampattua betonia ei kuitenkaan voida käyttää rakenteellisesti kantavissa osissa, sillä raudoitusta ei voi käyttää, koska tamppaaminen ei suojaa sitä tarpeeksi korroosiolta. Tampatun betonin puristuslujuutta ei ole mahdollista mitata, koska sen koostumus ei ole tasainen ja siinä esiintyy ilmakuplia sattumanvaraisesti (Peck 2004, 58.).

2.3.2 MUOTTISITEET

Muottiside on kierretangolla toteutettava muottia muodossaan pitävä kiristin. Muottipinnan ja valun rakenteen lävistäviä muottisiteitä käytetään, ettei valupaine rikkoisi muottia. Muottiside voi lävistää valettavan rakenteen välikeputken eli valuholkkin sisällä, jolloin se on poistettavissa muotin purun yhteydessä. Valuun kiinni jäävien muottisiteiden tulee olla katkaistavissa vähintään 15 mm etäisyydeltä betonipinnasta, koska silloin ne voidaan suojata laastilla korroosiolta tai ympäristöolosuhteiden niin vaatiessa. Jälkipaikkaus jää kuitenkin näkyviin pinnan poikkeavuutena. Muottisiteiden käyttö on muotti teknisistä syistä lähes aina välttämätöntä, joten niiden rakenteeseen jättämiä reikiä tulisi hyödyntää betonipinnan arkkitehtuurissa arkkitehtonisena aiheena (BY40 2003, 28.).

2.3.3 MUOTINIRROTUSAINEET

Muotininirrotusaineella tarkoitetaan ainetta, jonka käytöllä pyritään estämään sekä betonipinnan että muottimateriaalin vahingoittuminen muottia purettaessa. Sopivalla muotininirrotusaineella voidaan vähentää myös valupinnan huokoisuutta. Muotininirrotusaine tiivistää muottimateriaaleja ja estää veden imeytymistä betonista muottiin.

Muotininirrotusaineen, muotin ja betonin yhteensopivuus tulee tarkistaa ennen käyttöä, jotta lopputuloksesta saadaan halutun kaltainen. Materiaalien yhteensopivuudella on suuri vaikutus valmiin betonipinnan laatuun, mikä on todettu monissa toteutetuissa kohteissa.

Muotininirrotusaineet on suunniteltu estämään mekaaniset ja kemialliset liitokset, joita syntyy betonin ja muotin välille ja varmistamaan, että muotti on helppo irrottaa betonista ilman valetun kappaleen vaurioitumista. Tuore juokseva sementtipasta on alkuun kosketuksissa ohuen muotininirrotusainekalvon kanssa ja siten vain epäsuorasti yhteydessä muottipintaan. Tämä selittää sen, miksi muottimateriaaleja ja -pintoja on mahdotonta ryhmitellä sen mukaan, miten ne vaikuttavat valmistettavaan pintaan. Muotininirrotusaineen vaikutus lopputulokseen on vähintään yhtä suuri, ellei jopa suurempi kuin valussa käytettävällä muottimateriaalilla.

Työolosuhteista riippuen muotininirrotusaineet saattavat käyttäytyä yllättävillä tavoilla, joiden syitä on vaikea tunnistaa, vaikka edellisellä käyttökerralla ne olisivat toimineet ongelmattomasti. Eräät muotininirrotusaineet ehkäisevät luotettavasti ilmakuplien syntymistä betonin pintakerroksissa. Toiset tuotteet vastaavasti tuovat ilman kohti muottipintaa ja sitovat

sen betonin pintakerrokseen. Muotiniirrotusaineet voivat olla kemialliselta koostumukseltaan sellaisia, etteivät ne reagoi minkään ympäröivän aineen kanssa tai että ne haihtuvat päästessään kosketuksiin sementtipastan kanssa. Joidenkin muotiniirrotusaineiden irrottava vaikutus perustuu tämänkaltaisiin kemiallisiin reaktioihin.

Muotiniirrotusaineet ovat välttämättömiä, kun pyritään valmistamaan korkealaatuisia näkyviin jääviä betonipintoja. Muotiniirrotusaineiden onnistunut käyttö edellyttää kuitenkin koevaluja, sillä niiden käyttäytyminen on ennalta-arvaamatonta. Mikäli kappaleessa esiintyy valuvikoja, on syytä tutkia ensimmäiseksi muotiniirrotusaineen soveltuvuus, koska sillä on suuri vaikutus valetun kappaleen ulkonäköön ja laatuun. Irrotusaineet toimivat aina parhaiten mahdollisimman ohuina kerroksina käytettyinä. (Peck 2004, 67.).

2.3.4 BETONIPINNAN JÄLKIKÄSITTELYT

Tässä luvussa käsittelen prosesseja, joita käytetään betonipinnan muokkaamiseen sen kovettumisen jälkeen. Tällainen käsittely on esimerkiksi pesubetoni-käsittely, joka voidaan tehdä betonille jo hyvin varhaisessa vaiheessa. Useat jälkikäsittelet edellyttävät kovettuneen pinnan, jotta niiden toteuttaminen on mahdollista. Tällaiset jälkityöt on mahdollista tehdä myös myöhemmin.

2.3.4.1 PESU- JA HAPPOPESUKÄSITTELY

Sekä pesu- että happopesukäsittelyt poistavat kiviainesta betonin pinnasta ja saavat aikaan avoimemman pintastruktuurin, joka paljastaa rakeisemman runkokiviaineksen. Runkokiviaineksen laadulla ja tyypillä on tällöin suuri merkitys valmiin pinnan ulkonäköön. Näitä käsittelyjä tehdään pääasiassa valmieselementeille, sillä valumien ja muiden vikojen estäminen ja hoito on hyvin vaativaa ja kallista paikallaan valettujen betoniosien kanssa. Varsinkin paikallaan valettujen pystysuorien pintojen kanssa on hankala saavuttaa tyydyttävää lopputulosta, koska betonin koostumus ei ole yhtenäinen lähellä muottipintaa.

Pesu- ja happopesukäsittelyt tehdään yleensä muottipinnan vastaiselle pinnalle, sillä sen koostumus ja pinta ovat hyvin tasaisia. Pesu- ja happokäsittely ovat hyvin aikaavieviä ja siksi myös kalliita menetelmiä.

Pesubetonin väri saadaan aikaan pääosin kiviaineksella, minkä takia sen säänkesto ja värisävyn säilyvyys ovat erittäin hyvät. Pinta voidaan pestä kokonaan tai osittain, minkä lisäksi pesun syvyyttä voi vaihdella halutun pintastruktuurin aikaansaamiseksi. Pesubetonipinta ikääntyy tasaisesti pesun eroista huolimatta. Valumajäljet näkyvät sitä vähemmän, mitä karkeampaa kiviaines on. Kiviaineksen halkaisijan tulee kuitenkin olla vähintään 12 mm. Erivärisiä kiviaineksia voidaan sekoittaa keskenään ja luonnosta saatavassa kiviaineksessa on itsessään väri vaihtelua.

Pesubetonikäsitteilyllä irrotetaan laastia käsiteltävästä pinnasta siten, että suurempi kiviaines tulee näkyviin. Käsitteily tehdään, kun betonikappaleen sisus on kovettunut. Betonin pesukäsittely oli hyvin suosittua arkkitehtuurissa 1900-luvun puolivälistä aina

1980-luvulle asti. Sen jälkeen tekniikkaa on käytetty lähinnä porrastasanteissa, portaissa ja muissa vastaavissa paikoissa käytettävän betonikiven valmistuksessa. Kevyesti pestyt pinnat ovat nykyään karkeatekstuurista perinteistä pesubetonia suositumpia. Tällöin karkeaa kiviainesta ei pestä näkyviin vaan tavoitteena on jäljitellä luonnollisen kiven värejä ja tekstuureita.

Pesubetonikappaleen valmistus eroaa vain vähän tavallisen betonikappaleen valmistuksesta. Muotin pintaan levitetään pintahidastinta, joka muodostaa valkoisen pinnoitteen. Pintahidastin nimensä mukaan hidastaa betonipinnan kovettumista tietyltä syvyydeltä. Hidastettu betonipinta pestään muotin purkamisen jälkeen huolellisesti painepesurilla, jolloin esiin saadaan puhdas ja tasainen pinta (Semtu 2015.). Muotiniirrotusainetta ei tarvita, sillä kovettumaton laasti ei tartu muottiin. Pintahidastimen levittämisen jälkeen betoni kaadetaan normaalisti muottiin. Pesusyvyyyksiä voidaan säädellä hyvin tarkasti valitsemalla sopiva pintahidastinaine.

Happopesu on käsittely, jossa betonin pinta käsitellään haihtuvalla hapolla. Se on samankaltainen betonin jälkikäsitteily kuin pesubetonikäsitteily. Happopesu tehdään kastamalla kovettunut ja vedellä kyllästetty betonipinta happoaltaaseen ja huuhtelemalla se sen jälkeen runsaalla vedellä. Happopesu poistaa betonin pinnasta sementtikiveä ja hienoainesta ja paljastaa näkyviin karkeamman runkoaineksen haluttuun syvyyteen asti. Happopesussa pinnan kuoriutumista kontrolloidaan pintahidastimien sijaan käytettävän hapon voimakkuudella ja vaikutusajalla. Myös kiviaineen laatu vaikuttaa lopputulokseen. Yleensä happopesussa käytetään orgaanisia happoja, kuten sitruunahappoa, liuottamaan kalsiumyhdisteitä sementtikivestä. Irronnut laasti huuhdotaan tai harjataan pois mekaanisesti esimerkiksi painepesurilla tai harjalla.

Happopesu soveltuu hyvin erilaisten suhteellisen matalien tekstuuriin luomiseen, koska käsittelyn intensiteettiä on helppo kontrolloida. Kuten pesubetonissa myös happopesussa pinnan väri määräytyy karkeimman näkyvän kiviaineen värin mukaan. Pesubetoniin verrattuna happopesty betonipinta on yleensä kirkkaampi ja kiteisempi, minkä takia käsittelyä käytetään erityisesti vaaleammille pinnoille.

Yksi pesubetonin erikoissovellus on valokuvabetoni. Se on tekniikka, jossa valokuva käsitellään digitaalisesti harmaan eri sävyiksi, jotka määrittelevät myöhemmin pesukäsittelyn syvyyden. Käsitellyn kuvan avulla luodaan syvyysprofiili ja tietokonetta käytetään annostelevaan sen mukaisesti pintahidastin muottiin asetettavalle taustakalvolle. Pintahidastimen määrä muotin eri kohdissa määrää pesusyvyyden niin, että haluttu kuva jäljentyy betonipintaan. Mitä syvemmin tietty kohta pestään, sitä tummemmalta se näyttää. Pesusyvyydet ovat erittäin matalia ja vaihtelevat vain vähän keskenään. Tällä tavalla huolella jäljennetyt kuvat ovat hyvin lähellä alkuperäistä kuvaa (Peck 2004, 59–60.).

2.3.4.2 HIEKKAPUHALLUS

Hiekkapuhalluskäsittelyssä hiekkaa puhalletaan paineilmalla suuttimesta kohti käsiteltävää pintaa. Puhalluskäsittely poistaa etupäässä sementtikiveä ja paljastaa lisää huokosia sekä kuluttaa kiviaineksen sameaksi. Hiekkapuhallus voidaan suorittaa kuivana tai märkänä. Vesihiekkapuhalluksen etuna on se, ettei pölyä synny juuri laisinkaan.

Hiekkapuhallus tehdään yleensä muottia vasten valetulle pinnalle. Hiekkapuhalluksen sijasta voidaan käyttää myös muita suihkupuhdistusmenetelmiä, kuten vesihiekkapuhallusta tai sinkopuhallusta, joka pölyttömänä ja vedettömänä soveltuu erityisesti suurten pintojen käsittelyyn sisätiloissa. Puhalluskäsittelyssä käsiteltävän pinnan puolella on suuri merkitys. Muottia vasten oleva pinta on hyvin tasainen, sillä raskaampi runkoaines vajoaa alemmas kohti muottipintaa ennen kovettumista. Sen seurauksena pintakerrokseen muodostuu homogeeninen, huokoseton, ohut yhdistelmä karkeita ja hienompia aineksia, jotka peittävät runkokiviaineksen. Myös betonin mekaaninen lujuus on hyvin tasainen tällaisissa pinnoissa. Kun elementin alapinta käsitellään puhaltamalla, syntyy hyvin tasainen huokoseton pintastruktuuri.

Paikalla valetun kappaleen pintatekstuuri on puolestaan heterogeeninen. Koska valu tehdään kerroksissa, sidosaineiden, laastin, veden ja ilman määrä vaihtelee kappaleen sisällä hyvin paljon. Näiden koostumuksen vaihteluiden seurauksena betonipinnan lujuus on myös vaihteleva. Paikalla valussa on lähes mahdotonta tehdä tasaisia pintoja, koska olosuhteet vaihtelevat. Verrattuna hiekkapuhallettuun betonielementtiin paikalla valetun betonin hiekkapuhalletun pinnan jälkeä on vaikea ennakoida. Siinä esiintyy usein yllättäviä ja ei-toivottuja lieveilmiöitä, kuten lisääntyntä huokoisuutta ja vaurioita kappaleen reunoilla.

Hiekkapuhalletun pinnan tekstuuriin määrittää puhalluksen syvyys, joka on riippuvainen betonin lujuudesta, iästä ja puhalluksen intensiteetistä. Matala hiekkapuhallus ei paljasta kivirakeita vaan poistaa vain ohuelti sementtikiveä pinnasta ja paljastaa valuhuokosia. Pinnan väri ja kiiltoerot tasoittuvat ja mahdolliset työnaikaiset liat ja värierot häviävät. Keskisyvä hiekkapuhallus paljastaa yksittäisiä suuria kivirakeita ja yhtenäisesti halkaisijaltaan arviolta kahta millimetriä pienemmän kiviaineksen. Paljastuneet pienemmät huokokset häviävät jo pinnan strukturiin. Syvä hiekkapuhallus paljastaa suuret kivirakeet yhtenäisesti koko pinnalta. Puhallus syö voimakkaasti kohtia, joissa betonin vesisementtisuhde on jäänyt keskimääräistä korkeammaksi. Puhalluksen syvyys määräytyy betonissa käytettyjen runkoaineiden kovuuden ja raekoon ja käsittelyn voimakkuuden perusteella. Käsitellyn pinnan värin ja näkövaikutelman määrää pääosin betonin runkoaine.

Yleensä hiekkapuhallus tehdään verrattain nuorelle betonille. Mikäli käsiteltävä kappale on saavuttanut jo korkeamman lujuuden, tällöin hiekkapuhalluksen jälkeä voidaan kontrolloida erittäin tarkasti, vaikka prosessi vie enemmän aikaa ja on kalliimpi. Mikäli hiekkapuhallus tehdään liian pehmeälle uudelle betonipinnalle, on haastavampaa saada aikaan tasalaatuinen jälki koko pinnan leveydelle (Peck 2004, 60.).

2.3.4.3 KÄSITYÖNÄ TEHTÄVÄT PINNAT

Hakattuja pintoja voidaan käyttää sekä sisä- että ulkotiloissa. Hakatut pinnat valmistetaan joko kokonaan meislaamalla eli esimerkiksi murtamalla pintaan valetut harjat irti. Pinnan hakkausmenetelmiä ovat käsin hakkaaminen, koneellinen hakkaus ja ristipäähakkaus. Käsin hakkaamisessa betonin pintaa hakataan piikillä tai taltalla enemmän tai vähemmän karkeaksi. Koneellinen hakkaus vastaa muutoin käsin hakattua pintaa, mutta työstetyn pinnan kuvio voi olla erittäin tasainen. Ristipäähakkauksessa kiven pintaa hakataan ristipääruuvimeisselillä tasaisesti hienoksi tai karheaksi. Hakatuissa pinnoissa sekä betonin runkoaines että mahdolliset pigmentit vaikuttavat lopputulokseen ja ilmeeseen. Näiden käsittelyjen edellytyksenä on se, että betoni on niin lujaa, että kivet eivät hakatessa irtoa vaan halkeavat. Hakkaamalla käsiteltyjen pintojen valmistaminen on työlästä, koska ne toteutetaan pitkälti käsityönä. (BY40 2003, 74.)

Erityisen sileiksi halutut pinnat voidaan pintakäsittellä hiertämällä, telaamalla tai töpöttämällä. Syynä tähän voi olla esimerkiksi se, että kyseessä on maalattava pinta, sen halutaan näyttävän hienorapatulta tai että pintaa tullaan tarkastelemaan läheltä. Teräshiertämällä pinnasta saadaan hyvin sileä, ja sitä käytetään menetelmänä usein silloin, kun halutaan luoda vaikutelma muottia vasten valetusta pinnasta. Puuhiertämällä pinnasta tulee huomattavasti karkeampi kuin metallihiertämällä. Puuhiertämistä käytetäänkin usein erilaisissa ulkotasoissa ja julkisivupinnoissa, joihin halutaan karkean pinnan vaikutelma.

Sileä kovettunut betonipinta hiotaan tavallisesti noin 3–4 mm syvyyteen asti, jolloin paljastuneiden kiviainesten leikkauspinnat muodostavat mosaiikkimaisen vaikutelman. Hiotut pinnat valmistetaan yleensä väribetonista ja pinnan väri riippuu pääasiassa kiviaineksen väristä, sillä sen osuus mosaiikkipinnasta on 70–80 %. Loppuosaan vaikuttaa sementin väri, jota voidaan muuttaa väripigmentein. Hiottavan kiviaineksen teknisesti tärkeitä ominaisuuksia ovat hioutuvuus, kiillottuvuus, kovuus ja haponkestävyys. Kivilajeista esimerkiksi gabro ja graniitti soveltuvat hyvin hiottavan betonin kiviainekseksi, koska helposti kiillottuva kiviaines on kiillotettavissa mille tahansa kiillotusasteelle. Kiillottumattomista kiviaineksista voidaan hioa vain mattapintoja. Heijastavan kiiltävä pinta on voimakkaan värinen ja heijastava, eikä se juuri tummu kastuessaan. (Peck 2004, 61.)

2.3.5 BETONIN VÄRJÄÄMINEN

Betonin värjäämiseen on olemassa kaksi tapaa. Betoni värjätään kokonaisuudessaan sekoitusvaiheessa tai sen näkyviin jäävä pinta värjätään jälkikäsitteilynä. Betonimassaan pigmentin lisääminen värjää koko massan ja siten myös valmiin pinnan. Elementeissä värjätyn betonin käyttö voidaan kuitenkin rajata vain ohueen pintakerrokseen jotta ne olisivat edullisempia. Värjättyä betonia käytetään usein muiden pintakäsittelyiden kanssa.

Värjätty ulkotiloissa olevat betonipinnat tarvitsevat glasyyrin estämään vesisateen aiheuttaman kalkkikalvon muodostumisen. Glasyyri tulee tehdä mahdollisimman pian

muotin purkamisen jälkeen, jotta paljas betonipinta ei kastu ennen pintakäsittelyä.

Sisätiloissa olevia paljaita betonipintoja ei välttämättä tarvitse käsitellä, koska ne eivät altistu erilaisille kuluttaville tekijöille samalla tavalla kuin ulkotiloissa olevat betonipinnat. Muuttuva ilmankosteus, suuret lämpötilavaihtelut, pakkanen, ilman hiilidioksidi ja sammal voivat osaltaan vahingoittaa ja muuttaa betonin ulkonäköä. Mitä sileämpi betonipinta on ja mitä suurempia sään ja ympäristön vaihtelut ovat, sitä nopeampaa ja huomattavampaa on betonin ulkonäön heikkeneminen.

Nykyiset betonipinnan suojausmenetelmät pohjautuvat glasyyreissa käytettäviin aineisiin ja tiettyihin korjausmenetelmiin. Näiden menetelmien pintaa suojaava vaikutus havaittiin sattumalta, kun vertailtiin erilaisten korjausten ja kosmeettisten paranteluiden vaikutuksia. Ikääntyessään glasyyrikäsitellyt pinnat pysyivät paremman näköisinä. Verrattuna käsittelemättömiin verrokkipintoihin käsitellyt pinnat säilyttivät pinnan tekstuurin ja värin vuosia pidempään, pysyivät puhtaampina, eikä niissä esiintynyt juurikaan sään olosuhteiden aiheuttamaa rappeutumista. Osittain glasyyrillä käsitellyt pinnat erosivat huomattavasti käsittelemättömistä pinnoista. Sen vuoksi yleensä koko betonipinta käsitellään värittömällä glasyyrillä sellaisissa paikoissa, missä ilmankosteus vaihtelee. (Peck 2004, 61–62.)

Jotta betonin väri olisi kestävä, sen on siedettävä valoa erittäin hyvin. Pigmentit lisätään puuterina, rakeina ja helminä sementtipastaan. Värin intensiteetti on hyvin riippuvainen käytettävästä betonista, sen koostumuksesta ja pigmentin määrästä. Harmaata betonia käytettäessä sävyt ovat hillittyjä, kun taas valkoista betonia käytettäessä ne ovat puhtaampia ja kirkaampia. Väripigmentit ovat epäorgaanisia lisäaineita, jotka sisältävät metallioksiedeja, hiiltä tai kimröökkiä eli noki- tai hiilimustaa. Eri oksidit tuottavat eri sävyjä. Keltaista väriä saadaan koboltti-, alumiini-, kromi-, nikkeli- ja antimonioksiedeista. Sinistä väriä saadaan puolestaan koboltin, alumiinin ja kromin oksideista. Vihreä väri valmistetaan koboltin, nikkelin, sinkin, titaanin ja alumiinin oksideista. Rautaoksidista voidaan valmistaa punaisia, keltaisia, ruskeita ja mustia väripigmentejä. Valkoinen väripigmentti saadaan titaanioksidista. (Peck 2004, 173.)

2.3.5.1 PIGMENTIT

Betonin luontainen väri on seurausta sementin ja veden välisestä suhteesta. Mikäli betoni on liian tummaa, sitä voidaan vaalentaa lisäämällä valkoista pigmenttiä, kuten titaanidioksidia. 0,5–2 % pigmenttiä suhteessa betonin massaan vaalentaa sävyä huomattavasti. 1,5 % annokseen asti pigmentin käyttö on yksinkertaista. Suurempia määriä pigmenttiä käytettäessä on huolehdittava sekoitus- ja kuljetusvälineiden puhtaudesta, minkä lisäksi betonin sekoitusaika pitenee. Monesti pelkkä pigmentin käyttö ei riitä hyvin vaaleiden tai valkoisten pintojen tekemiseen. Tällöin on käytettävä valkoista sementtiä harmaan sijaan. Myöskään valkoisen sementin käyttö ei takaa valkoista lopputulosta, vaan siihenkin saattaa olla tarpeen lisätä erittäin vaaleita tai neutraalin värisiä runkoaineita tai valkoista pigmenttiä.

Väripigmentejä käyttämällä on mahdollista valmistaa hyvin värikkäitä betonipintoja.



Vaaleat värit kuten keltainen, punainen, vihreä ja sininen sekoitetaan yleensä valkoisen sementin kanssa, jotta saavutetaan haluttu väri. Tummemmat pigmentit, kuten okra, ruskea ja musta, voidaan sekoittaa vaaleanharmaaseen sementtiin.

Halutusta väristä ja sen voimakkuudesta riippuen sementtipastaan lisätään 2–6 % väripigmenttiä sementtimassan kokonaispainosta. Useampaa kuin yhtä pigmenttiä on mahdollista käyttää samanaikaisesti halutun värisävyn saavuttamiseksi. Pigmentin määrä mitataan aina painossa ja värjätty betoni sekoitetaan betonimyllyssä, jotta väriaine jakautuu tasaisesti. Värjätty betoni vaativat huomattavasti tavallista betonia huolellisemman työn valmistelun. Aineiden suhteet täytyy mitata tarkasti, sekoitusajat ovat pidemmät ja työkalut on pidettävä erittäin puhtaina. Työlämpi valmistusprosessi tekee väribetonista myös tavallista betonia kalliimpaa. (Peck 2004, 61.)

2.3.5.2 GLASYIRIT

Glasyyri on käsittely, joka voidaan toteuttaa eri-ikäisille betonipinnoille. Glasyyrien käyttö rajoittuu paljaisiin sileisiin betonipintoihin. Toisin kuin maalit, ne eivät muodosta käsiteltävään pintaan kalvoa vaan ne sisältävät kovettuvan sidosaineen, jonka avulla pinta värjäntyy pysyvästi. Vaalea ja valkoinen betoni toimivat paremmin glasyyrien kanssa kuin tummempi harmaa betoni, koska väri erottuu niistä selvemmin. Värin intensiteettiä on mahdollista säädellä käytetyn pigmentin määrällä ja levittämistavalla. Ennen glasyyrin laajamittaista käyttöä on syytä suorittaa väritestit, jotta haluttu lopputulos voidaan toisinta eri pinnoille ilman suuria poikkeavuuksia. Glasyyri ei peitä betonissa näkyviä epätäydellisyyksiä, kuten muotin liitoskohtia tai naulankantoja. Betonipinnan imukyky pienenee merkittävästi, koska pinnan huokoset imevät suurimman osan kovettuvasta glasyyristä. Kuten pigmenttikään, glasyyrit eivät muuta betonin ulkonäköä, mutta tekevät siitä lujempaa ja parantavat sen sään- ja kosteudensietokykyä. Käsitelty pinta ei myöskään kalkkiinnu helposti, koska glasyyri suojaa sitä useiden vuosien ajan. Glasyyripinta voidaan uusia tarvittaessa (Peck 2004, 62.).

Hydrofobiset käsittelyaineet ovat vaihtoehto glasyyreille. Ne poikkeavat glasyyreistä siten, ettei niissä ole betonia kovettavia ainesosia. Ne imeytyvät samalla tavalla betonin pintakerrokseen ja niillä on vettähylkivä vaikutus, joka estää veden ja saasteiden kulkeutumisen syvälle betoniin. Näiden aineiden vaikutus kuitenkin heikkenee hitaasti ajan myötä. Hydrofobiset aineet säilyttävät suojaavat ominaisuutensa noin kymmenen vuotta, joskin niiden vaikutus heikkenee nopeammin lähempänä betonin pintaa kuin syvemmillä. Sen vuoksi hydrofobinen käsittely kannattaisi uusia jo viiden vuoden kuluttua pinnoituksesta. (Peck 2004, 69.)

3 BETONI SISUSTUSARKKITEHTUURISSA JA KALUSTESUUNNITTELUSSA

Betonin moderni ja pelkistetty ilme on tehnyt siitä hyvin suosittua materiaalia sisätiloissa. Vaikka betoni on materiaalina voimakas, siitä valmistettavat pinnat ovat yksinkertaisia, minkä vuoksi muu sisustus korostuu betonirakenteisissa tiloissa. Pääasiassa betonia käytetään sisätiloissa kantavissa rakennusosissa, kuten seinissä, katoissa ja portaissa, jotka jätetään yleensä paljaksi sen sijaan, että ne maalattaisiin, rapattaisiin tai tapetoitaisiin. Betonin pintatekstuuria puolestaan voidaan varioida erilaisilla muottimateriaaleilla. Markkinoilta löytyy valmiina monenlaisia erilaisista materiaaleista tehtyjä kuviollisia muotteja, joilla voi valaa koristekuvioita. Sekä elementit että paikalla valetut kappaleet soveltuvat tällaiseen tarkoitukseen yhtä hyvin. Sisätiloissa suositaan yleensä helppohoitaisia ja lämminhenkisiä betonin pintakäsittelyjä.

Viimeisten 150 vuoden aikana kirjoitukset ja puheenvuorot betonista ovat aina painottaneet sen uutuutta. Teräsbetoni oli uutta 1850-luvulla ja edelleen nykypäivänä siitä keskustellaan uutena materiaalina. Yhä uudestaan ja uudestaan ihmiset puhuvat betonin potentiaalista ja sen tuomista mahdollisuuksista. Toisin sanottuna teräsbetonia pidetään edelleen tulevaisuuden materiaalina. (Forty 2006, 38.)

Paljaita betonipintoja on valmistettu teräsbetonista noin 1890-luvulta alkaen. Käyttökohteet ovat vaihdelleet tehdas- ja varastorakennuksista kirkkoihin. 1950-luvulta alkaen maailmankuulut arkkitehdit, kuten Le Corbusier ja Louis Kahn, ovat käyttäneet ennakkoluulottomasti betonia sisätiloissa. He hyödynsivät lautamuotista syntyvää karkeaa betonipintaa harkitusti, ennakkoluulottomasti ja kokonaisvaltaisesti. Aikalaisarkkitehtuuriin verrattuna näitä betonirakennuksia pidettiin tylyinä ja hienostumattomina.

1980- ja 1990-luvuilla betonipintojen valmistamisessa pyrittiin entistä minimalistisempaan ilmaisuun. Purististen suunnittelupyrkimysten tavoitteena olivat sileät, paljaat ja mahdollisimmat huokosemattomat pinnat ja selkeästi jäsenellyt muottien liitokset ja siteet. Muun muassa Tadao Ando ja Daniel Libeskind tunnetaan tällaisesta minimalistisesta ilmaisusta. 2000-luvulla betonin käyttö sisustusarkkitehtuurissa on saanut pehmeämpiä ja inhimillisempiä muotoja. Sen rinnalla on alettu käyttää muita materiaaleja, kuten puuta, tekstiilejä, nahkaa, metallia ja viherkasveja. Toisaalta samalla betonin erilaisia käsittelyjä ja betonityyppejä on ryhdytty kokeilemaan entistä rohkeammin erilaisissa käyttötarkoituksissa. Tulevaisuudessa 3D-tulostus tulee näkymään mielenkiintoisina mahdollisuuksina muotinvalmistuksessa, mikä näkyy erityisesti betonisten kalusteiden ja käyttöesineiden valmistuksessa.





3.1 BETONI KALUSTEISSA

Betonikaluste eli betonimööpeli, on itsessään paradoksi. Mööpeli-sana tulee latinankielen sanasta mobilis, joka tarkoittaa liikuteltavaa. Sen sijaan että tämä ristiriita estäisi tai pidättelisi suunnittelijoita ja arkkitehtejä, se näyttää innostavan heitä keksimään uusia lähestymistapoja betonisten suunnitelmien toteuttamiseksi. Betonia käytetään erityisesti kiintokalusteissa, kuten keittiötasoissa, kylpyhuoneiden altaissa ja tulisijoissa. Sementtipohjaisia materiaaleja käytetään lisääntyvässä määrin myös koruissa, koriste-esineissä, asusteissa ja muotivaatteissa.

Painolla ja liikutettavuudella on keskeinen merkitys sisustusarkkitehtuurissa ja kalustesuunnittelussa. Siitä huolimatta betonista suunnitellaan ja valmistetaan erilaisia kalusteita, kuten hyllyjä, tuoleja ja jakkaroita. Esimerkiksi teollisen muotoilijan Konstantin Grcicin alumiininen *Chair_ONE* -tuoli on hyvin kevyt ilman 40 kilon painoista betonista jalustaansa. Raskaita betonikalusteita suunniteltaessa on syytä ottaa huomioon staattiset kuormat, joita kalusteet aiheuttavat lattioille ja kantaville rakenteille.

Sveitsiläisen teollisen muotoilijan Willy Guhlin ulkokäyttöön suunnittelema kuitubetoninen *Loop Chair* -tuoli on yksi 1950-luvun klassikkokalusteista. Hänen suunnittelemlleen esineille on yhteistä niiden muotokieli, jossa korostuvat kaarevat muodot, näennäinen keveys ja ohut materiaalipaksuus.

Kevyempiä betonihuonekaluja saadaan aikaan yhdistämällä tekstiiliä ja betonia, ja uusin kehityskulku onkin ollut tämän suuntainen. Florian Schmidin *Stitching Concrete Chair* on hyvä esimerkki kalusteesta, jossa tekstiiliä on käytetty muodonantoon ja ohutta betonointia sen jäykistämiseen. Tuoli muistuttaa estetiikaltaan origamia, joka on ommeltu kokoon voimakasvärillä langalla. Se näyttää kevyeltä, pehmeältä ja jopa joustavalta. Todellisuudessa tuoli on kuitenkin kova ja jäykkä. Schmidin käyttämää materiaalia kutsutaan nimellä *Concrete Canvas* eli betonilla kyllästetty tekstiilikangas. Se kastellaan muodonannon jälkeen vedellä, minkä seurauksena se kovettuu ja säilyttää halutun muodon.

Tekstiilien käyttöä betoninjäykisteenä on tutkittu ja testattu erityisesti kalustesuunnittelussa, mutta myös seinäpinnoissa kokeilumielessä. Sementillä kyllästetty tekstiili kovettuu ohueksi, jäykäksi, veden- ja tulenkestävästi betonipinnaksi samaan tapaan kuin kipsi, kun se kostutetaan vedellä. Liitokset tehdään ompelemalla tai peittämällä. Esimerkiksi Florian Schmidin *Stitching Concrete Chair* -tuolissa käytetty tekstiilimateriaali on 5–13 mm paksua ja sen alapintaan on kiinnitetty vahvikkeeksi synteettisiä kuituja. Schmidin tuoli on pikemminkin betonijäykisteinen kangastuoli kuin kangasjäykisteinen betonituoli.

Sementillä kyllästetty tekstiili pysyy taipuisana vain muutaman tunnin kostutuksen jälkeen, mikä mahdollistaa pintojen muovaamisen ja taivuttelun. Se kovettuu noin 24 tunnin kuluessa. Tekstiilipinnan pehmeys ja lämpimyyden tunto betonikerroksen läpi.

Käytetyimpiä tekstiilejä betonin jäykistämiseen ovat lasi- ja hiilikuidut. Mattona käytettyinä ne säilyttävät jäykkyytensä ja tukevat niin orgaanisia kuin kulmikkaita muotoja. Kalustevalmistuksessa hiili- ja lasikuitumatot on perinteisesti pingotettu kehikkoon, joka

pitää ne muodossaan ennen betonin kovettumista. Niitä on mahdollista käyttää myös pystypintojen, kuten seinien jäykistämiseen. Lasi- ja hiilikuitujäykisteillä on mahdollista tehdä jopa vain muutaman millimetrin paksuisia esineitä ja kappaleita.

3.2 BETONI SISUSTUKSESSA

Valettu lepotuoli, neliskulmainen siniseen kaakeloituun jalustaan upotettu amme ja verho, joka erottaa syvennyksen muusta asumuksesta – tällainen on Le Corbusierin *Villa Savoyen* kylpyhuone kaikessa yksinkertaisuudessaan. Tällainen klassinen, yksinkertainen tyyli on hyvin haluttua kylpyhuoneiden kalusteissa ja kiintokalusteissa. Monet yritykset valmistavat betonisia kylpyhuonekalusteita, mutta niitä on luonnollisesti mahdollista tehdä paikalla valettuna betonista. Betoni soveltuu hyvin materiaaliksi kylpyhuoneisiin, koska siitä voidaan valaa yhtenäisiä, tiivissaumaisia pintoja, jotka voidaan käsitellä vettä eristäviksi ja tarvittaessa myös karhentaa. Muotti- ja valutekniikat mahdollistavat sen, että kiintokalusteet liittyvät saumattomasti betoniseiniin ja -lattiaihin.

Satakunta vuotta sitten terrazzosta eli mosaiikkibetonista alettiin valmistaa pesu- ja tiskialtaita keittiöihin ja kylpyhuoneisiin. Välillä helppohoitoisemmat työtaso- ja allasmateriaalit, kuten teräs, ruostumaton teräs ja muovi, syrjäyttivät sen, mutta nykyään tämä keinotekoinen kivi on jälleen keittiö- ja kylpyhuonesuunnittelijoiden suosiossa. Betonin etu moniin muihin keittiö- ja kylpyhuonemateriaaleihin on siinä, että siitä on mahdollista valmistaa joustavasti massaltaan ja mitoitukseltaan vaihtelevia kalusteita (Peck 2004, 175.). Terrazzon eli hienomosaiikkibetonin valmistuksessa kaikkia raaka-aineita käytetään samassa suhteessa. Se sisältää yleensä valkoista ja värillistä runkokiviainesta, kuten marmoria, porfyryä, tuffia ja muunlaisia kiviä, sekä luonnollisesti sementtiä ja vettä.

Betoni soveltuu hyvin keittiöihin. Se kestää lämpöä, eikä siitä irtoa ruokaan haitta-aineita, mutta se ei kestä happoja. Se ei myöskään sovellu ruuan leikkaamiseen ja pilkkomiseen, koska pinta murtuu herkästi. Käsittelemätöntä betonipintaa täytyy hoitaa samaan tapaan kuin luonnonkiveä. Uudet pintakäsittelymenetelmät, kuten hiominen, kiillottaminen, vahaaminen ja kyllästäminen tarjoavat laajan kirjon tapoja suojata betonipintaa. Nämä käsittelyt eivät kestä ikuisesti, minkä vuoksi niitä tulee uusida. Keittiön betonisten tasojen puhtaanapidon ja pesun kannalta on olennaista välttää voimakkaasti happamia tai emäksisiä aineita, sillä ne saattavat reagoida betonin kanssa ja jättää jälkiä. Toisinaan juurikin nämä pienet tahrat ja kauneusvirheet tekevät betonipinnasta omaperäisen. Keittiön työtasoissa käytetään yleensä raudoitusta ja alusrakennetta, jotta voidaan varmistua niiden kestävydestä.

Hienomosaiikkibetoni on työlästä valmistaa ja sitä voidaan käyttää keittiö- ja kylpyhuonekalusteiden lisäksi koristepinnoissa, kuten yksittäisissä seinissä tai lattian osissa. Paikoilleen kaadettu sementtimikstuura tasoitetaan, tampataan ja jyrätään sileäksi raskailta teloilla. Tärkein vaihe on mosaiikkibetonipinnan jyräminen, mikä vakauttaa massan. Tämä prosessin vaihe painaa kovan kiviaineksen syvemmälle ja tuo





ylimääräisen sementin pintaan, mistä se kerätään pois. Noin viikon kuivumisajan jälkeen pinta vesihiotaan, tasoitetaan, hiotaan uudemman kerran ja kiillotetaan moneen kertaan, kunnes värikästä kovaa kiviainesta näkyy mahdollisimman paljon. Terrazzopinta kestää kulutusta hyvin ja on osoittautunut helppohoitoiseksi. Se voidaan myös hioa uudestaan, koska sen kulutuskerros on suhteellisen paksu (Peck 2004, 176–177.).

Paikallaan valetut betonilattiat hiotaan yleensä moneen kertaan tai kiillotetaan jopa seitsemän hiontavaiheen avulla. Hiomattomalle betonipinnalle on tyypillistä sementtipastan täyttämät kolot ja pintajäämät, jotka kuluvat kuopiksi käytössä. Sen sijaan hiotut betonipinnat sopivat jopa tehdasrakennuksiin, joissa on hyvin tiukat vaatimukset mekaaniselle kulutukselle ja kemialliselle kestävyydelle. Runkokiviaineksella on suuri merkitys paikalla valetuissa lattioissa, koska hionta tuo sen esiin.

3.3 TIETOKONEAVUSTEINEN BETONIRAKENTEIDEN SUUNNITTELU

Tietokoneiden ja monimutkaisten laskentaohjelmien käyttö rakennusten ja sisätilojen suunnittelussa on mahdollistanut kaksoiskaarevien betonielementtien valmistamisen ja käytön. Zaha Hadidia pidetään tällaisten monimutkaisten geometrioiden pioneerinä. Hänen suunnittelemansa *Roca Gallery* Lontoossa on yksi ensimmäisistä rakennuksista, jonka valmistuksessa on käytetty kaksoiskaarevia betonielementtejä. Tällaisissa elementeissä vahvikkeina käytetään hunajakennomaisia alumiinikappaleita, joilla myös valukappaleiden massaa saadaan pienennettyä. Oikeanlainen betonin sekoitusmenetelmä takaa sen, että betonin ja alumiinin väliin muodostuu kitkaliitos. Betoniin sekoitetut polymeerit tekevät ohutseinäisistä elementeistä taipuisampia, mikä osaltaan auttaa estämään betonikappaleen halkeilua kuljetuksen ja asennuksen aikana.

Toinen vaihtoehtoinen tapa kolmiulotteisten muottielementtien valmistamiseen on jyrsiä CNC-koneella jäykkiä solumuovipaloja haluttuun muotoon. Näin valmistettuja paloja voidaan käyttää muotteina sellaisenaan tai ne voidaan kiinnittää muottipaneeliin, jolloin muotista saadaan jäykempi. Huokoiset solumuovikappaleet on mahdollista laminoida lasikuidulla ja hioa tasaisiksi. Tämä takaa sen, että muotti on huokoseton. Laminoimalla viimeistelty muotti tuottaa sileitä betonipintoja ja sitä voidaan käyttää monia kertoja uudestaan (Peck 2004, 173–174.).

4 BETONIN MAHDOLLISUUDET

Ennen kovettumistaan jähmettymätön muotoiltava betoni ottaa melkein minkä tahansa halutun muodon. Muotilla on keskeinen osa muodonannossa. Sen seurauksena betonirakentaminen eroaa huomattavasti esimerkiksi modulaarisesta elementtirakentamisesta ja additiivisesta tiilirakentamisesta.

Betonilla ei ole omaa ennalta määräytyvää tekstuuria. Käytetyn kiviaineen, muotin ja jälkikäsitteilyn yhdistelmä määrittää sitä, millainen valmis kappale on. Betonin pintatekstuuria varioimalla voi saavuttaa käsituntumaltaan ja struktuuriltaan monia erilaisia lopputuloksia. Muokattavuutensa ansiosta betoni ei juurikaan rajoita muodonantoa. Betonipinnasta voi tehdä sileän tai karkean, kiiltävän tai mattapintaisen ja pelkistetyn tai teksturoidun.

Betonin muodonannon rajattomuus ja käsittelymenetelmien runsaudenpula askarruttavat yhä arkkitehtejä ja suunnittelijoita, minkä vuoksi he keksivät betonin aina uudestaan, tutkivat sitä tuoreista näkökulmista ja tulkitsevat sitä edeltäjistään poiketen. Joka kerta betonille asetetaan uusia vaatimuksia ja tehtäviä, ja se taipuu niihin. Suunnittelijat, arkkitehdit ja insinöörit kohtaavat aina haasteen, kun he haluavat luoda betonista jotain uutta, koska betonin materiaalisia ominaisuuksia ei vieläkään ymmärretä täysin.

Betonin käyttö ei ole alueellisesti rajoittunutta toisin kuin monien muiden materiaalien, kuten suomalaisen koivun, Carraran marmorin tai Solnhofenin kalkkikiven, minkä vuoksi se on globaali rakennusmateriaali. Historiallinen konteksti rajoittaa betonin käyttöä monia muita materiaaleja vähemmän, koska se on materiaalina aina muotoiltava uudelleen. Tämä antaa suunnittelijoille mahdollisuuden muovata sitä haluamallaan tavalla ja luoda sille käyttöpaikkakohtaisen kontekstin.

Yleisesti betoni yhdistetään raskaaseen ja epäinhimilliseen estetiikkaan, mikä tukee väärää luuloa siitä, että betoni olisi materiaali. Betoni ei ole materiaali vaan se on prosessi. Betoni valmistetaan hiekasta, sorasta ja sementistä. Hiekka, sora ja sementti eivät itsessään muodosta betonia. Betoni syntyy ihmisen tekemän työn seurauksena, kun sementti, runkokiviaines ja työ kohtaavat (Forty 2006, 35–37.). Koska betonin koostumus, muoto ja viimeistely ovat loputtomasti varioitavissa esimerkiksi sekoitussuhteilla, jäykisteillä, täyteaineilla, muottimateriaaleilla ja pintakäsittelyillä, ei ole ihme, että sitä pidetään toistuvasti uutena rakennusmateriaalina.



5 KUITUBETONIPÖYTÄ – PROJEKTIKUVAUS

Kuitubetonipöydän suunnittelun lähtökohtana oli valmistaa mittamaailmaltaan mahdollisimman siro ruokapöytä. Pöytälevyn koon suunnittelin sen mukaan, että neljä ihmistä mahtuu istumaan ja aterioimaan sen ääreen. Pöydän kokoa määrittivät käyttötarkoituksen lisäksi käytettävän betonimateriaalin massa, joka kasvaa merkittävästi, kun dimensioita kasvatetaan. Suunnitteluvaiheessa oli myös tärkeää, että kaksi ihmistä pystyy tarvittaessa siirtämään ja kuljettamaan pöytää. Pöydän ulkomittoja puolestaan rajoittivat tyypilliset suomalaiset modulaariset oviaukkojen mitat. Koska pöydän jalat eivät ole irrotettavissa ja pöydän kääntely on hankalaa, pöytälevy ei voi olla oviaukkoja leveämpi.

Pöytälevyn mitat ovat 1300 x 700 mm. Pöydän korkeudeksi määrittelin 70 cm, mikä on varsin yleinen ja toimivaksi havaittu ruokapöydän korkeus. Pöydän kannen paksuus on 21 mm, koska tiesin, että tehdasvalmisteisesti on mahdollista valmistaa 10 mm paksuja levyjä korkealujuusbetonista. Jalkojen mitat olivat ensimmäisessä prototyypissä 21 x 30 mm, jonka jälkeen niitä kasvatettiin 50 x 65 mm kokoisiksi toiseen prototyyppiin.

Muottimateriaaliksi valitsin 21 mm paksun filmivanerin sen jäykkyyden, hyvän saatavuuden, helpon muokattavuuden ja työstettävyyden vuoksi. Sileäpintaisena ja vettä imemättömänä filmivaneri sopi hyvin muottimateriaaliksi. Se myös tuottaisi sileän pinnan lopulliseen pöytään. Filmivanerista ei myöskään tartu väriä betoniin. Puutavaran muottia varten hankin valmiiksi mittoihin leikattuna.

Valua varten valitsemani betoni oli pikabetonia, joka kuivuu suhteellisen nopeasti. Pikabetoni sopii hyvin prototyyppien valmistukseen, vaikka se ei ole lujin tai hienorakeisin betonituote. Ideana oli, että mikäli prototyyppi olisi kestävä, muotilla voitaisiin valaa viimeistellympi pöytä, jonka valmistamiseen käytettäisiin hienorakeisempaa ja lujempaa betonia. Samalla pöydän rakenteiden dimensioita voitaisiin mahdollisesti pienentää ja valujälkeä voitaisiin kontrolloida paremmin.

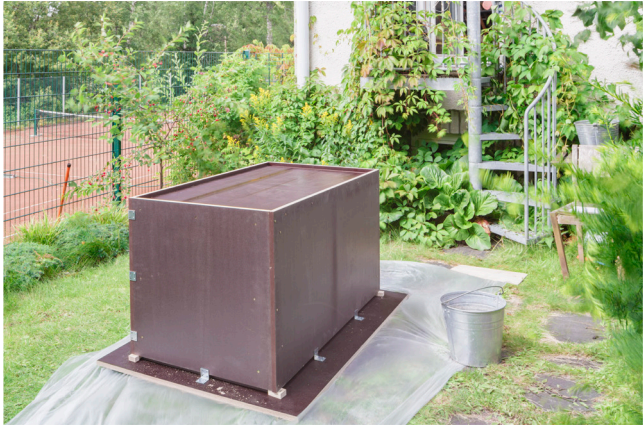
Päätin korvata raudoituksen kuituvahvikkeilla, koska muuten pöytää ei olisi ollut mahdollista valaa haluamani mittamaailman mukaisesti. Kuituvahvikkeiden käyttö tarkoitti samalla uuteen materiaaliin tutustumista. Kuitumateriaalin käyttöä puolsi myös se, että siitä on mahdollista tehdä sekä visuaalisesti että massan puolesta kevyempiä kappaleita kuin teräsbetonista.

Valitsin vahvikekuiduksi lasikuidun, koska se on helpommin työstettävää, paremmin saatavaa ja edullisempaa kuin esimerkiksi hiilikuitu.

Hiilikuitu olisi ollut materiaaliominaisuuksiltaan huomattavasti lasikuitua kestävämpi ja joustavampi vaihtoehto, joka olisi mahdollistanut erityisesti jalkojen paremman jäykistämisen. Lasikuidun hankin valmiina mattoina, koska siitä pystyi työstämään erimuotoisia ja -kokoisia paloja betonin vahvikkeeksi.







5.1 PROTOTYYPPI I

Prototyypin valmistaminen alkoi filmivanerimuotin rakentamisella. Sileät pinnat aseteltiin valupintoja vasten. Muotti kasattiin ruuveilla. Muotin käsittelemättömät valupintojen vastaiset pinnat suojattiin muovikelmulla. Tarkoitus oli estää betonin tarttuminen muottiin, muottipinnan kuvion siirtyminen betoniin ja minimoida veden imeytyminen puuhun. Valmis muotti tasapainotettiin vaateriin, koska piha, jolla valu toteutettiin, on kalteva.

Revin ja leikkasin lasikuitumatosta tuppoja ja tilkkuja. Erityisesti repimällä lasikuitutuppojen reunoista tuli säikeisiä, mikä auttaa niitä rakentamaan sidoksia betonissa. Tuppojen lisäksi leikkasin pöytälevyn vahvikkeeksi sen alan peittävän, rei'itetyn lasikuitumaton. Sen tehtävänä on sitoa betonipastaa ja jakaa kappaleeseen kohdistuvia voimia tasaisesti.

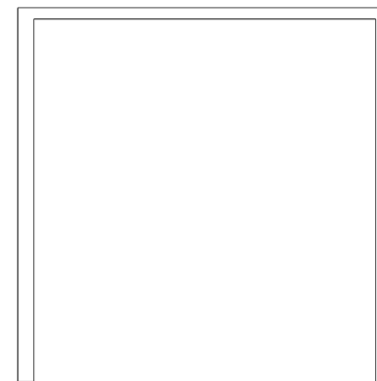
Käytetyn betonin tuoteselosteen mukaan betonin ja veden sekoitussuhde on 3 litraa vettä per 25 kg sementtiä eli noin 1:8. Lasikuitu lisää kuitenkin hienon sidosaineen määrää huomattavasti, mikä vaikuttaa sekoitussuhteisiin. Tällöin vettä tarvitaan huomattavasti enemmän.

Pöydän valua varten tehtyyn betonipastaan tuli 50 kg sementtiä, noin 12 litraa vettä ja arvioilta noin 5 litraa lasikuituisia tilkkuja. Veden ja sementin suhteeksi tuli siis 1:4 eli vettä käytettiin kaksinkertainen määrä ohjeeseen verrattuna. Sementin, veden ja lasikuidun suhde betonimassassa oli noin 10:2:1.

Betonin valmistusvaiheessa huomasin, että lasikuitu oli helpompi sekoittaa kuivan aineksen kanssa ennen veden lisäämistä. Betonimassaan lisättiin vettä sekoittamisen ohessa niin paljon, että betonipasta oli riittävän notkeaa. Sen jälkeen betonipasta annosteltiin muottiin. Betonipastaa on syytä tehdä kerralla niin suuri määrä, että yksi erä riittää täyttämään koko muotin.

Valu aloitettiin pöydän ohuista jaloista. Näin varmistettiin, että ne täytyisivät kokonaan. Pöydän jalkoja ja koko muottia tärytettiin jatkuvasti valun aikana. Tärytyksellä saadaan ilmakuplat pois betonista. Jalkojen täytyttyä siirryttiin työstämään pöytälevyä. Ensin levitettiin 10 mm paksuinen kerros betonia, jonka päälle asetettiin rei'itetty lasikuitutekstiili. Lasikuitutekstiiliin hierottiin ja taputeltiin betonia, minkä jälkeen sen päälle kaadettiin toinen sentin paksuinen betonikerros.

Valun jälkeen betonin pinta tasoitettiin ja hierrettiin siten, että pöydän pintaan ei pääsisi muodostumaan koloja, kokkareita ja kohoumia. Lopuksi muotti ja valu suojattiin muovilla. Valetun pöydän annettiin kuivua kolme vuorokautta.



1:20
Pituus: 1300 mm
Leveys: 700 mm
Korkeus: 700 mm
Jalat: 21 x 30 mm
Tilavuus: 20,8 litraa











Ensivaikutelmat muottia avattaessa olivat hyvät. Muottia vasten olleet pinnat olivat lähes virheettömiä ja vahvikkeena käytetty lasikuitu antoi pinnalle viehättävän marmorimaisen kuvion.

Lähempi tarkastelu osoitti kuitenkin, että yhteen pöydän neljästä jalasta oli jäänyt ilmakuplia, jotka heikensivät oleellisesti sen kestävyyttä. Ilmakuplat olivat estäneet kuituaineksen tasaisen leviämisen jalan muottiin. Kolme ehjää jalkaa pysyivät kiinni muotin irrotuksen ajan, mutta testatessani pöydän kestävyyttä heiluttamalla sitä, kaksi jalkaa murtui pöytälevyn ja jalan liitoskohdasta. Yksi jaloista oli kuitenkin kestävä ja joustava, kuten olin suunnitellut.

Ensimmäinen prototyyppi oli epäonnistuneenakin hyödyllinen. Se vahvisti niitä epäilyksiä, mitä minulla oli ollut jo suunnittelu- ja valmistusvaiheessa. Betonista on mahdollista valaa pöytä hyvinkin pienillä dimensioilla, mutta sitä varten sekoitussuhteiden, työympäristön ja olosuhteiden on oltava tarkasti kontrolloidut. Tosin kokonaisen kalusteen tekeminen kertavalulla on haastavaa ja työlästä.

Prototyyppiä tarkastellessani havaitsin myös, että onnistuneenakin se olisi vaatinut erittäin paljon käsityötä viimeistelyvaiheessa. Pöytälevyn yläpintaa olisi joutunut hiomaan ylenmääräisesti, koska sitä ei valettu muottipintaa vasten. Ensimmäinen prototyyppi osoitti, että minun oli kehitettävä suunnitelmaani ja parannettava muottia, jotta käsityön määrä vähenisi ja pöytä olisi kestävä ja mahdollista valmistaa sarjatuotannollisesti.





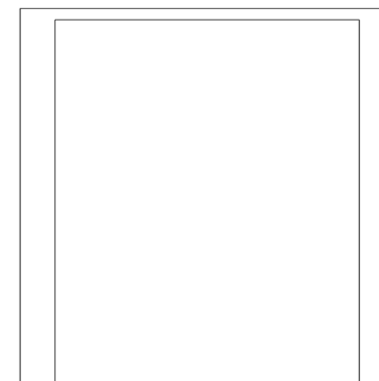
5.2 PROTOTYYPPI II

Toiseen prototyyppiin ja sen valmistukseen tein merkittäviä muutoksia, joiden avulla oli tarkoitus ratkaista ensimmäisessä prototyyppissä ilmenneitä ongelmia. Muutin pöydän jalkojen dimensioita pöydän levyosan pysyessä samanlaisena. Uuden version jalkojen mitat ovat 50 x 65 mm, aiemmassa prototyyppissä ne olivat 21 x 30 mm. Tilavuuden kasvattamisella jaloista oli tarkoitus tehdä kestävämmät.

Pöydän sisään tein lasikuidusta laminoitua runkorakenteen vahvistamaan hauraimpia kohtia eli pöydän kulmia ja jalkojen liitoskohtia. Tukiranka rakennettiin ja laminoitiin puumuotin päälle ja puristettiin tiukaksi paketiksi.

Kolmas ja valmistuksen kannalta keskeinen muutos oli se, miten päin pöytä valettiin. Ensimmäisellä kerralla valu tehtiin pöytälevy ylös- ja jalat alaspäin. Nyt suunta oli kuitenkin päinvastainen – jalat kohti taivasta ja pöytälevy alaspäin. Muotin suunnan, valujärjestyksen ja jalkojen dimensioiden muutokset vaativat perusteellisia muutoksia muottiin. Kaikki vanerin reunat myös suojattiin.

Valu suoritettiin kuten ensimmäiselläkin kerralla. Betonivalun annettiin kuivua kolme päivää ennen muotin avaamista.



1:20
Pituus: 1300 mm
Leveys: 700 mm
Korkeus: 700 mm
Jalat: 50 x 65 mm
Tilavuus: 27,25 litraa











Toinen prototyyppi onnistui huomattavasti paremmin. Jalkojen liitokset tuntuivat lujemmilta kuin ensimmäisellä kerralla. Jalkojen tilavuuden nelinkertaistus toimi selvästi ja suurempi kiinnityspinta pöydän ja jalkojen välillä vahvisti heikoimpia kohtia.

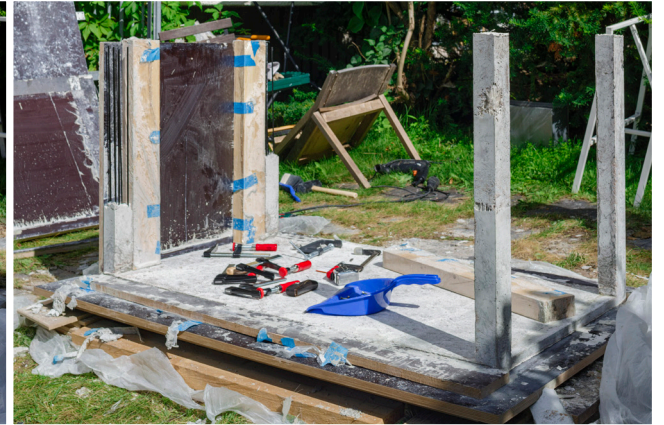
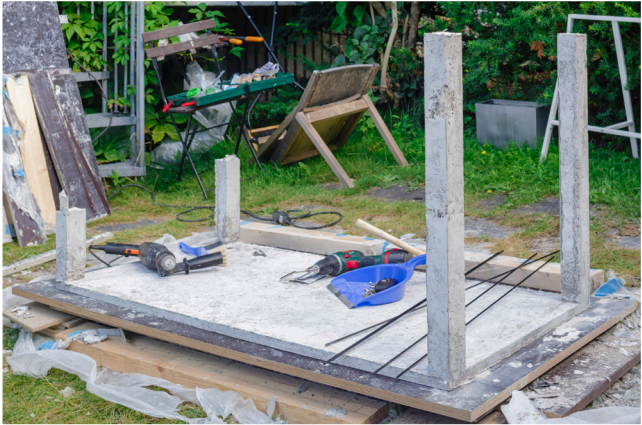
Kahteen jalkaan oli muodostunut valussa tukos. Betoniin sekoitetut lasikuitutupot olivat muodostaneet tiivistymiä, jotka olivat tarttuneet kiinni lasikuituiseen runkorakenteeseen. Tämän seurauksena runkorakenne meni mutkalle ja tukki jalkojen muotit. Sen vuoksi kyseiset kaksi jalkaa täytyi katkaista ja jatkaa niitä korjausvalulla.

Ennen korjausvalua jalkojen tyngät karhennettiin ja niihin porattiin viisi 5 mm kokoista reikää, joihin asetettiin hiilikuitutangot. Hiilikuitutangot jäykistäisivät jalvoja ja antaisivat lisää tartuntapintaa uuden valun ja vanhan jalan välille. Jalkojen jatkovalun lisäksi betonilla paikattiin myös muita pienehköjä valuvirheitä.

Korjausvalut ja paikkaukset onnistuivat hyvin. Luonnollisesti pinnasta

löytyi vielä vähäisiä ilmakehien aiheuttamia koloja ja hiottavia kohtia, jotka kaipaavat viimeistelyä. Betoniselle pöydälle on tarkoitus tehdä pintakäsittely suojaamaan sitä käytössä. Todennäköisesti suoritan käsittelyn vahalla.

Tärkeintä kuitenkin oli se, että pöytä tuntui kestävältä ja se seisoj omilla jaloillaan tukevasti. Oli siis mahdollista sanoa, että suunnittelemani pöytä onnistui kertavalulla. Mikäli tekisin vielä kolmannen prototyypin, niin se ei säästyisi muutoksilta. Muuttaisin dimensioita jonkin verran ja sitä varten tarvitsisin kokonaan uudet muottitarpeet. Betoni olisi myös syytä vaihtaa edellistä hienojakoisempaan tuotteeseen.





5.3 LOPUKSI

Betoni oli minulle jo entuudestaan varsin tuttu rakennus- ja käyttömateriaali ennen opinnäytetyöni tekemistä. Aineistoa lukiessani, työtä kirjoittaessani ja pöytäprojektia tehdessäni törmäsin jatkuvasti yllättäviin uusiin asioihin ja tietoihin. Betonilla on materiaalina pitkä historia ja siitä on kehitetty ja kehitetään jatkuvasti erilaisia käyttötarkoituksia variaatioita. Monet niistä olivat entuudestaan tuttuja ja lisäksi tutustuin uusiin, mielenkiintoisiin asioihin. Pyrin tutkielmassani pikemminkin keskittymään betonin olemukseen ja sen erilaisiin käyttötapoihin ja -muotoihin kuin betonin valmistuksessa ja rakentamiskäytössä tarvittaviin laskukaavoihin.

Kertavaluna tehdyn kuitubetonisen pöydän prototyypityöskentely oli hyvin opettavaista. Betonia käsitellessäni tulin havainneeksi, kuinka useat asiat vaikuttavat eri tavoin työn lopputulokseen. Varsinkin muottimateriaalin, muottipinnan ja filmivanerimuotin imukykyyn vaikutus valmiiseen valettuun betonipintaan tulivat selväksi. Myös betonipastan viskositeetin vaikutus työskentelyn sujumiseen oli suuri. Sarjatuoannollisuutta ajatellen omassa kuitubetonipöydässäni on monia kohtia, joissa on edelleen kehitettävää. Käsityön osuutta tulisi pystyä vähentämään, jotta pöydän valmistaminen olisi tuotannollisesti kannattavaa. Lisäksi pöytämuotin muotoilua pitäisi hioa, jotta siitä tulisi päästävää. Päästävän muotin avaaminen ja irrottaminen olisi helpompaa. Silloin muotti tai valettu kappale ei vaurioituisi. Jälkipaikkauksen

tarvetta tulisi myös välttää.

Keskeisenä haasteena on löytää pienimmät sellaiset mitat, jotka ilmentävät haluttua keveyttä, mutta mahdollistavat samalla mahdollisimman pienihävikkisen valuprosessin, jonka lopputuloksena on käyttöä kestävä kaluste. Tämä on ollut koko projektin lähtökohta. Kuten tutkimukseni osoittaa, siro ja kestävä mittamaailma löytyy jostain kahden prototyypini välimaastosta.

Siro mittamaailma edellyttää myös enemmän tarkkuutta betonin koostumuksen ja raudoituksen korvaavan kuidun tyyppin ja koon osalta. Prototyypipöydän jatkokehittelyssä on syytä tarkastella sen valmistuksessa käytettyjä materiaaleja. Nyt prototyypissä käytetty sementti on raekooltaan turhan karkeaa tämän mittakaavaan valuihin, koska sen isoin kiviaines on halkaisijaltaan noin kolmen millimetrin kokoista. Vaihtamalla sementti ja kiviaines hienompaan ja lujempaan materiaaliin, pöydän rakenteellisia mittoja olisi mahdollista pienentää edelleen. Muottimateriaalina käytetty filmivaneri tuotti halutunlaisen jäljen ja sitä on helppo työstää. Sen muokkaaminen on nopeaa eikä siihen tarvita kalliita työkaluja. Pinnoittamattomien betonipastan kanssa kosketuksissa olevien puupintojen suojaamisesta täytyy huolehtia. Muuten ne imevät vettä eri tavalla kuin muu muotti ja saavat aikaan toisenlaisen pintastruktuurin. Tämä aiheuttaa betonipinnan irtoilua ja pölyämistä.

Työskentely-ympäristön vaikutusta valuprosessiin ei voi vähätellä. Kuitubetonisen pöydän prototyypit valettiin kotini takapihalla säiden niin salliessa. Pihalla oli mukava työskennellä ulkona päiväsaikaan auringonpaisteessa, mutta iltaisin hämärässä olisi kaivannut lisävalaistusta. Myös muotin asettaminen vaateriin kaltevalla pihalla vei oman aikansa. Tasainen lattiapinta olisi tässä tapauksessa ollut huomattavasti parempi alusta valulle. Se olisi myös ehkäissyt muotin vääntymistä ja siitä johtuvan kuperan pöytäpinnan. Sisätilassa betoni olisi myös kuivunut tasaisemmin, sillä sisällä lämpötila ja ilmankosteus eivät vaihtele yhtä paljon kuin ulkona.

Koen kuitubetonista valamani pöydän onnistuneen varsin hyvin. Prototyyppi osoitti, että betonista on mahdollista valaa kertavaluna kokonainen mittasuhteiltaan siro ja silti kestävä kaluste. Siitäkin huolimatta, että sen työstämistä voisi jatkaa vielä pitkään. Betonirakentamiseen ja betonin käyttöön sisustusarkkitehtuurissa ja kalustesuunnittelussa vaikuttaa mielestäni enemmän betonirakentamisen historiallisten vaatimusten värittämä näkemys siitä massiivisten muotojen rakennusmateriaalina kuin sen todelliset nykyaikaiset materiaaliset ominaisuudet. Nykyään betoni soveltuu hyvin myös sirojen ja keveiden kappaleiden valmistumateriaaliksi. On vain huolehdittava siitä, että kappaleen rakenne, muoto ja koko ovat oikeat suhteessa käytettävään materiaaliin.



KIITOKSET

PIA SARPANEVA – Kertavalulla valmistettavan betonipöydän idean alkuunpanemisesta ja opinnäytetyön ohjauksesta.

TITUS VERHE – Valokuvista, prototyypin valmistusavusta, oikoluvusta ja jatkuvasta kannustuksesta.

IIDA NYLUND

BIRGITTA TUOMAALA

PERHE VERHE & STUDIO VERHE OY

LÄHTEET

- BÖHM, FLORIAN & GRIC, KONSTANTIN, 2005. KGID Konstantin Grcic Industrial Design. London: Phaidon Press Limited.
- COHEN, JEAN-LOUIS, 2006. Liquid Stone - New Architecture in Concrete. Toimittanut Cohen, Jean-Louis. Birkhäuser Architecture.
- FINNSEMENTTI, 2015. <www.finnsementti.fi/tuotteet/lisaaineet/notkistimet> (20.8.2015)
- FORTY, ADRIAN, 2006. Liquid Stone - New Architecture in Concrete. Toimittanut Cohen, Jean-Louis. Birkhäuser Architecture.
- FÖRSTER, Torsten, 2004. Modern Concrete Construction Manual. München: Institut Für internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co.
- H+H, 2015. <www.hplush.fi/> (15.7.2015)
- KRONLÖF, ANNA, 1996. Ajatuksia Betonista. Espoo: VTT Rakennustekniikka.
- PECK, MARTIN, 2004. Modern Concrete Construction Manual. München: Institut Für internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co.
- PESONEN, RISTO, 2010. Betoni uudessa valossa - valokuitu tekee betonin läpinäkyväksi, Betoni 2010, numero 4/4.
- PUUINFO, 2015. <www.puuinfo.fi/puutieto/levytuotteet/lastulevy> (28.7.2015)
- RAKENNUSTIETOSÄÄTIÖ, 1996. RT 82-10604 Betonijulkisivut — Korjausrakentaminen.
- RAKENNUSTIETOSÄÄTIÖ, 2000. RT 82-10657 Julkisivun betonipinnat.
- SEMTU, 2015. <www.semtu.fi/fi/> (18.8.2015)
- SUOMEN BETONIYHDISTYS OY, 2003. BY40 Betonirakenteiden Pinnat.
- ULM, FRANZ-JOSEF, 2006. Liquid Stone - New Architecture in Concrete. Toimittanut Cohen, Jean-Louis. Birkhäuser Architecture.
- TULIMAA, MIKA, 2005. Erikoislujat betonit, Betoni 2005, numero 4/4.
- WILLIAMS, TOD & TSIEN, BILLIE, 2006. Liquid Stone - New Architecture in Concrete. Toimittanut Cohen, Jean-Louis. Birkhäuser Architecture.

KUVAT

Sivu 16 *Alamillo Bridge*. *Santiago Calatrava*. *Calatrava*, 2007.

Sivu 18 *Valobetoni*. *Juha Ilonen*. *Ajatuksia betonista*, 1996. *Pekka Agarth*

Sivu 28 *Värjättyä betonia*. *Concrete exchange*. <<http://www.concreteexchange.com/wp-content/uploads/2014/07/cheng-concrete-color-wall.jpg>> (30.8.2015)

Sivu 28 *Värjättyä betonia*. *Concrete exchange*. <<http://www.concreteexchange.com/wp-content/uploads/2014/10/color-samples-8.jpeg>> (30.8.2015)

Sivu 31 *Loop Chair*. *Willy Guhl*. *Vitra Design Museum*. <<http://www.design-museum.de/en/collection/100-masterpieces/detailseiten/gartensessel-willy-guhl.html>>
(30.8.2015)

Sivu 31 *Stitching Concrete Chair*. *Florian Schmidt*. *Dezeen*. <<http://www.dezeen.com/2011/08/09/stitching-concrete-by-florian-schmid/>> (30.8.2015)

Sivu 33 *The Roca Gallery* . *Zaha Hadid*. *Yatzer*. *Luke Hayes* <<https://www..com/The-Roca-Gallery-in-London-by-Zaha-Hadid-Architects>> (30.8.2015)

Projekti kuvat: Titus Verhe

Muut kuvat: Perhe Verhe -kotialbumista

