

KAIVOSTEN SIVUVIRTOJEN HYÖDYNTÄMINEN RAKENTAMISESSA



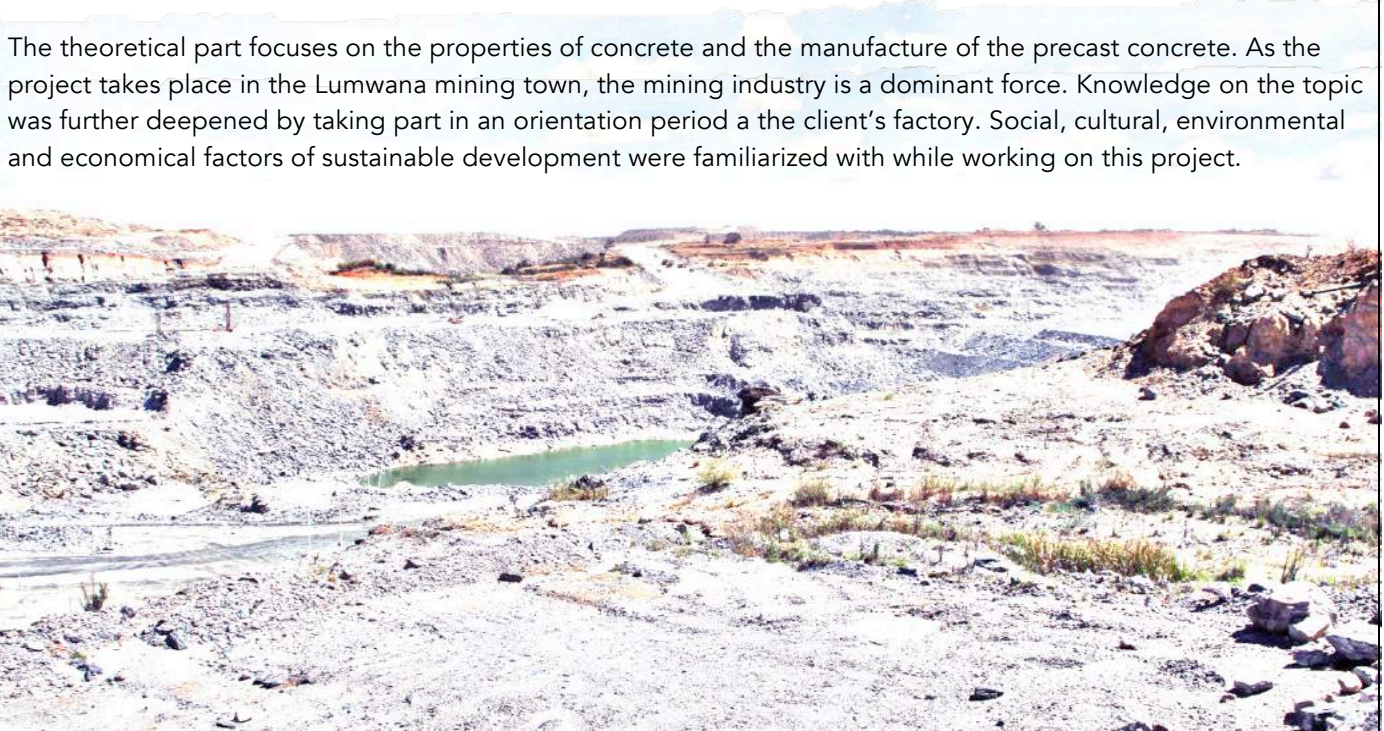
TEKIJÄ/T: JONNA SIRKKIÄ
Sisustusarkkitehtuuri
ja kalustemuotoilu



SAVONIA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Kulttuuriala

Koulutusala Muotoilu			
Koulutusohjelma Sisustusarkkitehtuuri ja kalustesuunnittelu			
Työn tekijä(t) Jonna Sirkkiä			
Työn nimi Kaivosten sivuvirtojen hyötykäyttö rakentamisessa			
Päivämäärä	22.3.2016	Sivut/Liitteet	32 / 1
Ohjaaja(t) Hannu Oksanen			
Toimeksiantaja / Yhteistyökumppani(t) BMS Engineering Oy			
<p>Tiivistelmä</p> <p>Muotoilun avulla voidaan tukea yrityksen kannattavuutta ja kestävää kehitystä. Opinnäytetyön toimeksiantaja on Kestävän kaivostoiminnan aroverkot -hankkeen yksi yhteistyöyrityksistä. Kestävän kaivostoiminnan aroverkot -hankkeen kohdemaana on Etelä-Afrikassa sijaitseva Sambia, jossa myös suunniteltu betonielementti tuoteistetaan. Opinnäytetyötä tehtiin kuopiolaiselle betonielementtiasiantuntijalle BMS Engineeringille, joka on mukana hankkeessa elementtirakentamisen osajana.</p> <p>Muotoilutyön pääpaino on betonielementin suunnittelussa, johon otettiin vaikutteita afrikkalaisesta taiteesta. Afrikkalaiseen taiteeseen ja kulttuuriin tutustuminen oli betonirakentamisen ohella osa suunnittelutyötä. Suunnittelun tulokset ovat toimeksiantajan pyynnöstä luottamuksellisia.</p> <p>Teoriaosuudessa perehdytään betonin ominaisuuksiin ja betonielementin valmistukseen. Hanke sijoittuu Lumwanan rakenteilla olevaan kaivoskaupunkiin, joten kaivosteollisuus on voimakkaasti taustalla. Aiheeseen syvennyttiin oppimisjaksolla toimeksiantajan tehtaalla. Työ edellytti perehtymistä myös kestävään kehitykseen sosiaalisen, kulttuurillisen, ympäristöllisen ja taloudellisen näkökulman kannalta.</p> 			
Avainsanat Betoni, betonielementti, kestävä kehitys, Afrikka			

Field of Study Culture			
Degree Programme Degree Programme in Design			
Author(s) Jonna Sirkkiä			
Title of Thesis Exploitation of Mining Effluents in Construction Work			
Date	22.3.2016	Pages/Appendices	32 / 1
Supervisor(s) Hannu Oksanen			
Client Organisation /Partners BMS Engineering Ltd			
<p>Abstract</p> <p>Designing can help in improving compan’s profitability and meeting goals of sustainable development. The sponsor of the thesis is one of the members in the Sustainable mining industry project. This project is aimed at Zambia, a country in Southern Africa. In Zambia the designed precast concret element will also be productized. Thesis was done for BMS Engineering, with headquarters in Kuopio, they have been involved in the project as a precast construction specialist.</p> <p>The main focus of the design work was to design precast concrete influenced by African art and culture. Getting to know African culture was a part of the design work process. The results of the actual design are confidential at the request of the client.</p> <p>The theoretical part focuses on the properties of concrete and the manufacture of the precast concrete. As the project takes place in the Lumwana mining town, the mining industry is a dominant force. Knowledge on the topic was further deepened by taking part in an orientation period a the client’s factory. Social, cultural, environmental and economical factors of sustainable development were familiarized with while working on this project.</p> 			
Keywords Concrete, precast, sustainable development, Africa			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	5
2	LUMWANAN KAIVOSYHDYSKUNTA.....	7
	2.1 Kaivosalue	7
	2.2 Kaivosten sivuvirrat.....	9
3	BETONIELEMENTIN VALMISTUS.....	10
	3.1 Betoni materiaalina	10
	3.2 Raaka-aineet.....	12
4	BETONIRAKENTAMISEN HISTORIA.....	15
	4.1 Elementtirakentaminen.....	16
	4.2 Rakentaminen Sambiassa	18
5	MUOTOILU	21
	5.1 Sambialainen taide ja kulttuuri	21
	5.2 Käyttökohteita betonielementille	22
	5.3 Muotoiluprosessi	24
	5.3.1 Pintakäsittely	27
	5.3.2 Betonielementin kuljetus	28
6	POHDINTA.....	30
	KUVALUETTELO	31
	LÄHDELUETTELO.....	33
	LIITTEET	33

1 JOHDANTO

Kaivannaisteollisuuden myötä syntyvät lähes kaikki kulutustavarat, sillä maasta louhitaan alkuaineita ja yhdisteitä mineraalien, metallien ja kaasujen muodossa. Kehittyvissä maissa kaivokset ovat lähes aina ulkomaalaisomistuksessa, sillä kyseisissä maissa ei ole varaa, tietoa tai taitoa aloittaa kaivostoimintaa. Suurimmat kaivosalan yritykset ovat yleensä pohjois-amerikkalaisessa, australialaisessa tai venäläisessä omistuksessa. Lumwanassa yhden kaivoksista omistaa kanadalainen Barrick. (*Soilu 2015.*) Barrick maailman suurin kullankaivuuyritys, jolla oli 2014 lopussa noin 2,6 miljoonan kilon kulta- ja noin 4,4 miljoonan kilon kuparivarannot. (*Barrick 2016.*) Yhtiöt ovat erittäin kiinnostuneita lisäämään kaivostoimintaa kehittyvissä maissa, sillä siellä sijaitsevat suuret luonnonvarat, joita ei ole päästy vielä hyödyntämään merkittävästi. Kehittyvissä maissa ammatillinen osaaminen sekä tuotteiden ja palvelujen kehittämisasteet ovat heikolla tasolla, joten näissä maissa tarvitaan ulkopuolista apua tieto-aidon, työpaikkojen syntymisen ja kansantalouden nostamiseen. Kehittyneissä eli korkean elintason omaavissa maissa maaperän mineraaleja on kulutettu paljon, joten mineraaleiltaan rikkaampia alueita etsitään nyt kaikkialta. Kehittyvien maiden valmiukset aloittaa kaivostoiminta on hyvä, sillä maitten välillä on jo olemassa sopimuksia, jotka nopeuttavat ja helpottavat toiminnan aloittamista. Merenalaista kaivostoimintaa on jo aloitettu, sillä sieltä on löydetty runsaita mineraalivarantoja. Uusia luonnonvaroja etsitään jopa maan ulkopuolelta ja kaivannaisteollisuuden aloittamisesta kuussa onkin jo tehty ensimmäiset yhteiskuntasopimukset. (*Wuorisalo 2015.*)

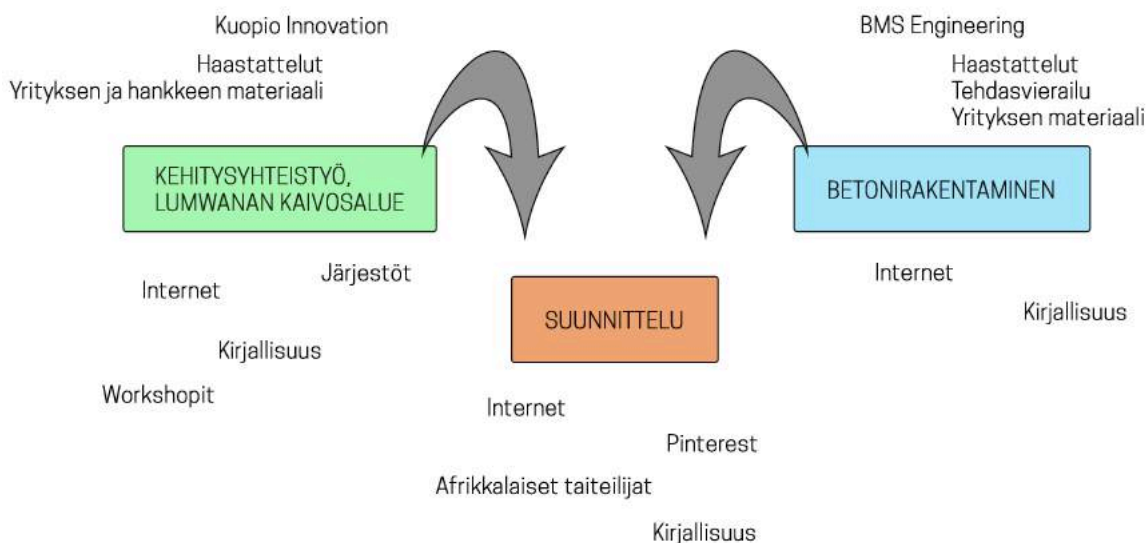
Kestävän kaivostoiminnan arverkot –hankkeen päätoteuttaja on Kuopio Innovation Oy ja osatoiteuttaja Savonia-ammattikorkeakoulu. Hanke on aloitettu 1.5.2015 Sambiassa, Afrikassa, joka on maailman suurin kuparituottaja. Ennen hankkeen aloittamista Sambiassa on jo valmisteltu yhteistyötä Lumwanan kaivosyhdyskunnassa paikallisten, maanomistajien ja kaivoksen rakennuttajan Barrickin kanssa. Hanke sisältää kaivostoiminnan aloittamisen ja kehittämisen sekä siihen sidoksissa olevan muun liiketoiminnan ja infrastruktuurin kehittämisen. Tavoitteena on luoda innovatiivisia vientiverkostoja, joissa yhdistyy suomalainen osaaminen ja teknologia. Mukana on eri alojen osaajia pienistä ja keskisuurista yrityksistä, joiden kasvua ja kansainvälistymistä parannetaan antamalla asiantuntijoiden tukea liiketoiminnan viemiseksi ulkomaille ja rahoituksen saamiseen. (*Kestävän kaivostoiminnan arverkot_Hankesuunnitelma_01092015 2015.*) Tähän liittyen opinnäytetyöni tukee myös kehitysyhteistyötä, sillä tuote valmistetaan ja myydään kestävän kehityksen periaatteita noudattaen Sambiassa.

Opinnäytetyön toimeksiantaja on BMS Engineering Oy, joka on hankkeessa mukana kaivoksen ympärille tulevan elementtirakentamisen osajana ja kouluttajana. (*Kaivosverkko_KIO_05052015 2015.*) BMS Engineering on kuopiolainen elementtiasiantuntija, joka hallitsee elementtisuunnittelun kokonaisvaltaisesti tehdaskonseptin luomisesta aluesuunnitteluun ja rakennuksen viimeistelyyn asti. BMS

Engineering on osa BM-ryhmää, jolla on kapasiteettia tuottaa pelkästään seinäelementtejä 150 000 neliökilometriä vuodessa. (BM Group 2015_09 2015.) Tehtaassa valmistetaan seinäelementtien lisäksi muita betonielementtejä, joita käytetään infrastruktuurirakentamisessa esimerkiksi melu- tai suoja-aitoina asuinalueilla. (Soilu 2015.) Infrarakentaminen betonielementeistä kattaa kaiken rakentamisen mitä hyvinvointiyhteiskunnan toimivuuteen tarvitaan, kuten tiet ja tunnelit, padot, satamat, sillat ja energialaitokset. (Betoni 2015.)

Opinnäytetyöni tavoitteet on olla tukemassa suomalaista yritystoimintaa synnyttämällä uusia innovaatioita kaivosrakentamisen sivutuotteiden hyötykäytön saralla, sekä tukea kehitysyhteistyötä. Työ osoittaa, kuinka muotoilun avulla voidaan olla yrityksen kasvun tukena ja tuoda lisäarvoa tuotteelle. Tarkoituksena on suunnitella käytännöllinen, sarjatuotantona valmistettava betonielementti rakennusteollisuuteen. Rakentamisen keskeisimmät asiat ovat hyvä ja kokonaisvaltainen suunnittelu, jotta saadaan kestäviä ja turvallisia asuinalueita. Visuaalisesti miellyttävä ympäristö nostaa elinmukavuutta ja parhaimmillaan vähentää ilkeiden tekojen määrää. Muotoilun avulla voidaan myös parantaa asioiden toimivuutta ja käyttömukavuutta. Näihin seikkoihin muotoilija pystyy rakentamisessa pureutumaan ja nostamaan asuinalueiden arvoa.

Työssä perehdytään betonirakentamiseen ja betonielementtien valmistukseen ottaen huomioon kohdemaan Sambian. Opinnäytetyön pääpaino ja tarkoitus tulee olemaan betonielementtien käyttömahdollisuuksien kartoituksessa, muotoilussa ja valmistuksessa. Muotoiluosiossa kartoitetaan elementtien eri muotoilu- ja kuviointitapoja jotka ovat helposti ja kustannustehokkaasti toteutettavissa Sambiassa. Suunnittelussa huomioitavia seikkoja ovat paikallinen kulttuuri sekä työvoima, ilmasto ja käytettävissä olevat raaka-aineet. Seuraavana kuvio kuvaamassa tiedonhakuja ja lähteitä.



KUVA 1: Kaaviokuva tiedonhausta ja lähteistä. (Sirkkiä 2016.)

2 LUMWANAN KAIVOSYHDYSKUNTA



KUVA 2: Sambian ja Lumwanan sijainti maailmankartalla. (Sirkkiä 2016.)

2.1 Kaivosalue

Sambia on yksi maailman suurimmista kuparin tuottajamaista ja yksi uusimmista kaivosalueista on rakentumassa Lumwanaan. Sambian, Kongon ja Angolan rajan tuntumassa sijaitsevassa Lumwanan kaivosalueella asuu jo nyt arviolta 15000 henkilöä ja kaivosalueen ulkopuolelle tulee koko ajan uusia asukkaita. Kaivosalue on aidattu siellä työskentelevien ihmisten asuinpaikan turvaamiseksi, mutta ydinalueen ympärille muuttaa koko ajan paikallisia ja ulkomaalaisia työn saamisen toivossa. Rajaseudut eivät ole vartioituja, joten muuttovirta on valtava. Sambiassa vallitsee kansainvälinen ilmapiiri ja rajaseuduille on syntynyt monikulttuurinen ympäristö, kun ihmisiä saapuu eri kielialueilta ja kulttuureista. Vaikka eri kielten kirjo on suuri, ihmiset yleensä osaavat englantia, sillä muuten töiden saanti hankaloituu huomattavasti. Kaivosteollisuus tarkoittaa työpaikkoja, joten paikallistenkin mielestä ne ovat erittäin tervetulleita maahan. Yksi suuri rajoittava tekijä on kuitenkin paljon tutkittu sosiaalinen toimilupa. Ulkomaalaiset yhtiöt tarvitsevat kohdemaan yhteisön hyväksynnän toiminnan aloittamiselle, muuten syntyy konflikteja. Sosiaalinen toimilupa ei perustu lakiin, vaan se perustuu

sopimuksiin ja luottamukseen. Tässä asiassa ei voi huijata, sillä mittarina toimivat kansalaiset, joilla on erittäin korkeat odotukset elämänlaadun parannukseen kaivoksen myötä. Yhtiöiden täytyy perhe-tyä perusteellisesti yhteisöön ja kulttuuriin. Neuvottelut maan vuokraamisesta käydään heimopäällikön kanssa ja yleensä alueen omistava heimo saa etuoikeutetusti asua kaivosalueella. Kun yhtiö käyttää paikallista työvoimaa ja materiaaleja, siitä tulee yhteiskunnallisesti hyväksyttävämpi. Kuopio Innovationin ja BMS Engineeringin ideologia on luoda ympäristöllisesti, yhteiskunnallisesti ja taloudellisesti kestävää kaivostoimintaa. (Wuorisalo 2015.)

Yhden alueen kaivoksen omistava yhtiö Barrick rakennuttaa kaivosaluetta ja sen ympäristöä. Kaivosalueella työntekijät asuvat yhtiön rakennuttamissa vuokra-asunnoissa. Yleensä yhtiö rakentaa asuntoja myös alueen ulkopuolelle. Jos kaivoksen ulkopuolisen alueen rakentamista ei kontrolloida millään tavalla, on vaarassa lähialueiden slummiutuminen ja sen myötä monet lieveilmiöt, kuten turvattu- muus ja tarttuvat taudit. Infrastruktuurin rakentaminen kaivosalueelle on jo aloitettu ja sieltä löytyy sähkö ja juokseva vesi. Kaivosalueen ulkopuolelta ei näitä vielä löydy, joten energian saamiseksi sinne muuttaneet ihmiset polttavat jätteitä ja puuta. Puun polttaminen on suuri ongelma, sillä sitä kuulu liian paljon verrattuna sen jalostusasteeseen. Luonnonvarat ehtyvät hälyttävästi, mikäli nykyinen käyttömäärä jatkuu. Energian saamiseksi tulisi miettiä muita, ekologisempia ratkaisuja kuten aurinko- ja tuulivoimaa. Kestävän kaivostoiminnan aroverkot -hankkeen ja BMS Engineeringin ideologia on luoda ympäristöllisesti, yhteiskunnallisesti ja taloudellisesti kestävää kaivostoimintaa. (Wuorisalo 2015.)



KUVA 3: Lumwanan rakenteilla oleva kaivosalue. (Wuorisalo 2013.)

2.2 Kaivosten sivuvirrat

Lumwanan kaivoksella tullaan louhimaan kuparia ja koska kaivoksista etsitään tiettyä mineraalia tai kivilaatua, sivuvirtojen osuus tulee olemaan yli 90 % louhitusta maa-aineksesta. Sivuvirralla tarkoitetaan sitä kiviainesta jota kaivosteollisuus ei pysty hyödyntämään millään tavalla, eli puhutaan sivukivestä. (Korhonen 2015.) Käytännössä tyypillinen avokaivos tuottaa vuodessa noin 20 miljoonaa tonnia sivukiveä, jota rakennusteollisuus voi hyödyntää esimerkiksi betonin valmistuksessa jauhamalla ne runkoaineeksi. Runkoaineen karkeaksi kiviainekseksi soveltuu mikä tahansa riittävän luja kiviaines, joten sivukiven käyttö edellyttää kivilaadun tutkimuksia. Suomessa näitä tutkimuksia tekee Geologian Tutkimuslaitos, GTK. Kiviaines on uusiutumaton, mutta lähes ehtymätön luonnonvara, joten kaivoksista sivukiveä tulee ylimäärin vaikka rakennusteollisuus jalostaisi tätä käyttöönsä. (GTK 2016.)

Sivukivien käyttö rakennusmateriaalina on ekologisesti perusteltua, sillä se vähentää rakennusjätteen määrää, pienentää kiviaineksen kuljetuksesta aiheutuvia kustannuksia ja edistää kiertotaloutta. Kiertotalouden sematiikkaan kuuluu tuotteen kierrätys niin kauan kuin se on mahdollista. Suunnittelussa tulee ottaa tuotteen koko elinkaari huomioon, joten kaivosteollisuuden sivukivivirtojen käyttö tulee miettiä jo kaivoksen rakentamisen alkuvaiheessa. (Korhonen 2015.)

3 BETONIELEMENTIN VALMISTUS

3.1 Betoni materiaalina

Betoni on ekologinen, kierrätettävä ja kestävä materiaali. Puu- ja betonikerrostaloja rakentamisvaiheen hiilidioksidipäästöjä vertaillen betonikerrostalo tuottaa päästöjä 29 % enemmän, mutta purkamisvaiheessa huomattavasti vähemmän kuin puutalo. Hiilivarastoja kertyy rakennuksen puuosiin, joka rakenteita poltettaessa vapautuu ilmastoon. Betonin käyttö pienentää hiilikuormitusta tältä osin huomattavasti. Puukerrostalon puurakenteiden määrä on 10 % massasta, kun taas betonikerrostalon luku on 1 %. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että hiilivarastoja on puisessa kerrostalossa yli 100 % enemmän kuin betonisessa. Betonitalon käyttöenergia on puutaloa pienempi ja rakennuksen huoltoväli on 20 - 30 vuotta, kun taas puutalon huoltoväli on 10 vuotta. Käytännössä betonipinta on huoltovapaa ja suunniteltu kestäväan rakennuksen koko elinkaaren ajan. (Sitra 2016.) Lujuuden, kosteuden- ja homeenkestävyyden, korkean mekaanisen kulutuksen sekä korkeitten lämpötilaerojen keston vuoksi betoni soveltuu hyvin infrarakentamiseen ja moniin erilaisiin olosuhteisiin ja käyttötarkoituksiin. Betonin ominaisuuksiin kuuluu myös hyvä palokestävyys, eikä se lisää palokuormaa tai tuota myrkyllisiä kaasuja. Paksuudesta riippuen se on äänieristävä. Betoni on yksi kustannustehokkaimmista ja luonnonmukaisimmista rakennusmateriaaleista, eikä siitä aiheudu sisäilmapäästöjä tai liukene luonnolle haitallisia aineita. Betoni onkin eniten käytetty rakennusmateriaali maailmassa. (Betoni 2015.) Puun käytön korvaaminen muilla rakennusmateriaaleilla, erityisesti Afrikassa ja Sambiassa, on tärkeää luonnonvarojen nopean ehtymisen ehkäisemiseksi.

Peruslaatuisten betonin valmistaminen on yksinkertaista ja edullista, joten se on saavuttanut suosiota myös käsityöharrastajien keskuudessa. Käsitöissä betonin seossuhteet ovat arvioita. Ohjeet löytyvät kuivabetonipussista ja seoksen notkeutta säädellään oman arvion mukaisesti. (Hedengren, Zacke, 2010, 12.) Rakentamisessa betonin seossuhteita määrittelevät standardit ja seoksille on olemassa erilaisia laskureita, joita löytyy esimerkiksi Internetistä. Betonin vahvuutta voidaan säädellä sementin ja hiekan suhteella, kun taas lujuutta säädellään veden ja sementin seossuhteella. (Betoni 2015.)

Betonirakentamista Suomessa ja Euroopassa säätelevät monet erilaiset lait, asetukset, viranomaismääräykset ja ohjeet. Pelkästään betonistandardeja on yhteensä noin 300. Nämä ovat jaoteltu seuraavasti: suunnittelustandardit, tuotestandardit, testausstandardit ja toteutusstandardit sekä erikseen betoniraidoittamiseen liittyen terässtandardit. (Elementtisuunnittelu 2015.)



KUVA 4: Valmiita betonielementtejä Betonimestarit Oy:n tehtaalla. (Sirkkiä 2015)

Betonielementtiä tehdessä betoniseosta tehdään aina ylimäärin. Seosta jää seosastiaan ja kuoppaan, jossa kovettumaton aines kuljetetaan. Ylijäämäseos kaadetaan astiaan, jossa se kovettuu, jonka jälkeen se murskataan ja käytetään uudelleen.

Ylijäämäbetonin käyttökohteet on syytä huomioida myös Sambiassa. Ylijäämäbetoni voidaan murskauksen jälkeen käyttää uudelleen elementtimateriaalina tuotteisiin, jotka eivät vaadi niin suurta kantavuutta kuin esimerkiksi seinäelementit. Murske voidaan käyttää myös täytemaana ja alustana teille, pihuille ja rakennuksille. Ylijäämävalu voidaan myös hyötykäyttää valamalla se pieniin muotteihin, joista voi tehdä pienempiä elementtejä, kuten betoniharkkoja tai -laattoja. (Korhonen 2015.)



KUVA 5: Betonimursketta josta voi valmistaa kierrätysbetonia. (Sirkkiä 2015.)

3.2 Raaka-aineet

Valmistus on helppo viedä ulkomaille, sillä pääraaka-aineet tulevat luonnosta. Valmistustekniikka on yksinkertainen, joten koulutus betonin valmistukseen on helposti toteutettavissa. Betonin pääraaka-aineet ovat sementti, vesi ja kiviaines. Lujuuden parantamiseksi massaan voidaan lisätä erilaisia parannusaineita ja kuituja. (Soilu 2015.)

Kiviaines. Runkomateriaalista suurin osa on kiviainesta. Kivi murskataan ja sen raekoko riippuu lopputuotteen käyttötarkoituksesta, maksimissaan halkaisija on 16 mm. Kiviaineksen väri vaikuttaa lopputuotteen väriin. Käyttöä säätelee kiven ominaisuudet EN12-normien mukaisesti, eli kivilaatu on aina testattava ennen käyttämistä runkoaineen osana. Kivenlaadun määrittämisessä tutkitaan muun muassa tiheyttä, vedenimukykyä, korroosiota ja simpukkapitoisuutta. Kiviaineksena voidaan käyttää myös murskattua betonia. (Betoni 2015.)

Kaivoksesta tuleva sivukivi murskataan murskaimella tietyn kokoiseksi rakeeksi. Paikallinen kivilaatu on tutkittava, että lopputuotteen vahvuus ja sen myötä käyttötarkoitus saadaan varmennettua. (Korhonen 2015.)



KUVA 6: Säiliöt, joissa on eri kokoista kiviraetta. (Sirkkiä 2015.)

Sementti. Toimii sidosaineena ja se on seos kalkkikiveä, kvartsia ja savea. Valkosementtiä käyttämällä saadaan kirkkaampia värisävyjä ja tummempia saadaan lisäämällä sementtipastaan väriaineita. (Betoni 2015.)

Vesi. Sen täytyy olla puhdasta, sillä erityisesti sokeri on haitallista betonin kovettumiselle. Suo- tai järvi- tai järvivesi ei myöskään sovellu betonin valmistukseen, koska ne sisältävät erilaisia mineraaleja, jotka haittaavat kovettumisreaktiota. (Betoni 2015.) Veden määrä seoksessa vaikuttaa valmiin elementin lujuuteen, säilyvyysominaisuuksiin ja työstettävyyteen. (Betonipinta-opas 2015.)

Sambiassa haasteita asettaa veden saanti. Betonitehtaan yhteyteen on rakennettava oma kaivo, josta saadaan puhdistettua vettä tai vesi puhdistetaan esimerkiksi konttipuhdistamoa käyttäen. (Soilu 2015.)

Raudoitus. Betonin puristuslujuus on erittäin hyvä, mutta vetojännitystä täytyy tukea raudoittamalla elementti. Raudoitusmateriaali voidaan valmistaa myös kierrätysteräksestä. Raudoituksessa on syytä huomioida myös nostolenkkien paikat, jotta elementtiä voidaan siirtää. (Betoni 2015.)

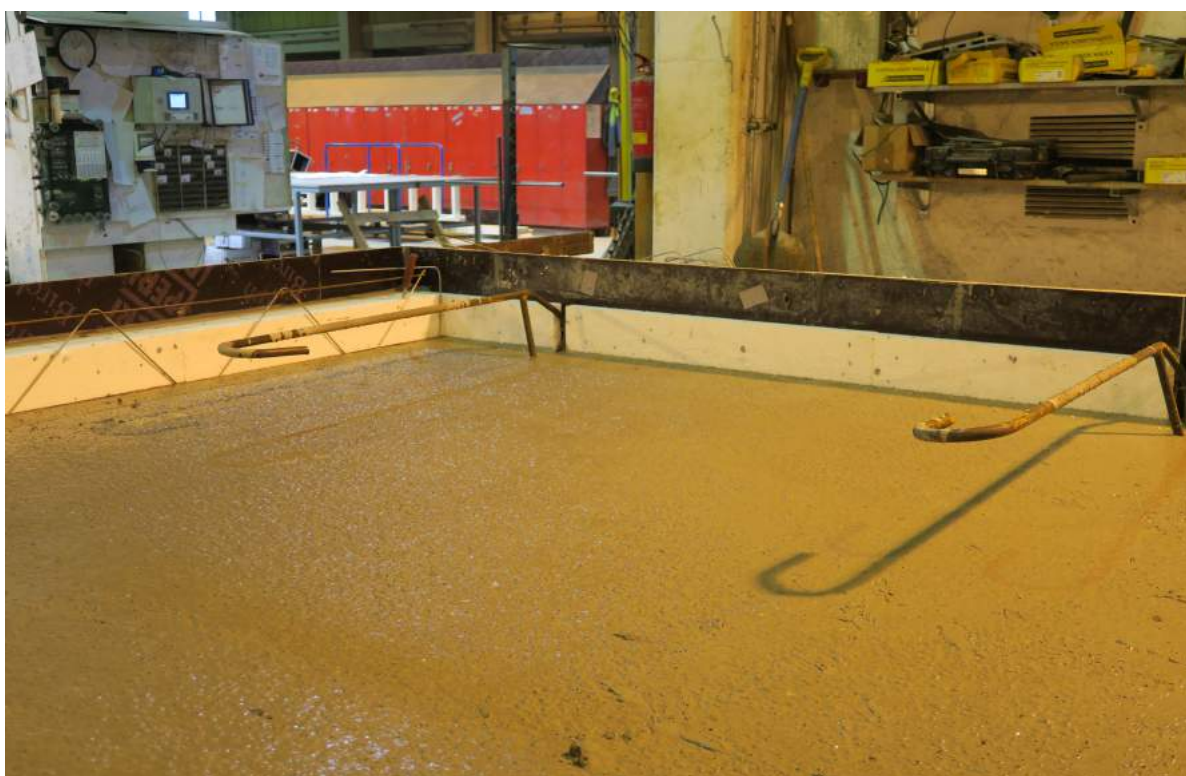


KUVA 7: Raudoitus betonielementin valua varten. (Sirkkiä 2015.)

Muotitus ja betonointi. Muotonsa betonielementti saa muotista, johon betoniseos kaadetaan eli betonoidaan. Muotin pinnalla, muottirakenteen lujuudella ja tiivydellä voidaan helposti vaikuttaa elementin kuviointiin ja väriin. Muotin materiaalina voi olla puu, teräs, lasikuitu, muovi tai kumi.

(*Valmisbetoni 2015.*) Betoni alkaa kuivua haihduttamalla vettä kemiallisen reaktion seurauksena. Lämpö, tuuli ja alhainen ilmankosteus nopeuttavat kuivumista. Mikäli kuivuminen tapahtuu liian nopeasti, betoni murtuu ja siihen tulee halkeamia. (*Mannonen, Petrow 2015.*)

Sambian kuuma ja kuiva ilmasto voi asettaa haasteita betonin kovettamiselle. Kovettumista voidaan hidastaa lisäämällä seokseen hidasteita, kastelemalla tai muovittamalla valettu seos. (*Palolahti 2011.*)



KUVA 8 ja 9: Betoniseos valetaan kerroksittain muottiin. (*Sirkkiä 2015.*)

4 BETONIRAKENTAMISEN HISTORIA

Betonirakentaminen yleistyi nopeasti 1900-luvulla sementin keksimisen johdosta. (Betoni 2015.) Sveitsiläinen arkkitehti Le Corbusier oli erityisen kiinnostunut teräsbetonin tuomista mahdollisuuksista. (MFA 2015.) Maailmansotien jälkeisinä aikoina funktionalismin aikakausi kukoisti ja betonirakentaminen oli suosittua sen modernin ilmeen ja monipuolisen käyttötavan vuoksi. Le Corbusier suunnitteli betonisia rakennuksia pilvenpiirtäjistä pieniin asuntoyksiköihin ja loi samalla pohjan arkkitehtuurin yleisille säännöille. (Architectuur 2015.) Betonirakentamisen kehittämisen myötä rakenteista saatiin entistä lujempia, kun uusi sidosaine ja raudoittaminen keksittiin. (Betoni 2015.) Tämä mahdollisti betonin käytön entistä vaikuttavimpiin rakennelmiin. Betoni onkin maailman korkeimman rakennuksen Burj Khalifan pääraaka-aine ja sitä on käytetty rakentamisessa yli 330000 m³. (Burj Khalifa 2016.)



KUVA 10: Noin 2000 vuotta vanha Rooman Pantheon on ensimmäisimpiä ja tunnetuimpia rakennuksia, jossa on käytetty betonirakenteita. (Pixabay 2016.)

Suomessa betonirakentaminen alkoi yleistyä 20-luvulla kaupungistumisen ja teollistumisen vuoksi. Betonia hyödynnettiin paljon myös teitten, siltojen ja erilaisten vesi- ja viemäriverkostojen rakennusmateriaalina. Suomessa Alvar Aalto on yksi tunnetuimmista arkkitehteistä, joka hyödynsi betonia tuona funktionalismin aikakautena. Aalto käytti betonia rakennusten julkisivuissa ja erikoisratkaisissa sen muotoiltavuuden ja esteettisyyden johdosta. Vuonna 1960 alkoi sotien jälkeinen rakentaminen, jolloin asuinrakennuksia täytyi saada paljon, nopeasti ja edullisesti. Betonitekniikka mahdollisti tämän, mutta lopputuloksena oli betonisia lähiöitä, joita on edelleen kritisoitu niiden kalsean ulkomuodon vuoksi. Tämän päivän betonirakennukset ovat arkkitehtien taidonnäytteitä ja uusia käyttötarkoituksia ja betonipintotojen käsittelytapoja on kehitetty paljon. Mielikuva ankeasta betonira-

kennuksesta on poistunut aika hyvin rakennuttajien ja asunnon ostajien keskuudesta. Betonirakentamisen yleistymisen vuoksi vuonna 1970 Suomen Betonteollisuuden Keskusjärjestö (SBK) julkaisi Betonielementtistandardit (BES) rakentamisen helpottamiseksi ja rakennusten käyttöiän pidentämiseksi. (Betoni 2015.)

4.1 Elementtirakentaminen

Tänä päivänä betoni on eniten käytetty rakennusmateriaali maailmassa. Vuosittain rakentamisessa käytetään valmisbetonia, betonielementtejä ja muita betonituotteita noin viisi miljardia tonnia. (Betonielementtirakentaminen 2015.) Euroopassa betonirakentamista säätelee yhteinen standardointiohjelma. (Betoni 2015.) Ohjeistukset materiaaleihin, tuotteisiin, suunnitteluun ja työmaatoihin löytyy suomeksi Rakennusteollisuuden RT-palvelusivuilta sekä Rakennustiedon Ratu-korteista. Jokaisessa maanosassa on omat säädökset ja lait. Seuraavana oleva kuva on indonesialaiselta rakennustyömaalta Baliilta, jossa rakennetaan taloa betoniharkkoista. Betonilementin edut verrattuna paikallavaluun tulevat esille erityisesti työturvallisuudessa. Hyvin suunniteltuna elementtirakentaminen on turvallisempaa ja tehtaalta tullessa elementti on tasalaatuista, sillä sen kuivumisolosuhteet ja raaka-aineiden suhteet seoksessa ovat olleet oikeat. Sortumisvaara pienenee, sillä elementti on jo valmiiksi kovetettu.



KUVAT 11,12 ja 13: Betoniharkkojen ladonta kaksikerroksiseen asuinrakennukseen. (Paryana 2015.)

Muita betonielementin käytön etuja rakentamisessa on elementtirakentamisen nopeus ja hyvä soveltuvuus eri käyttötarkoituksiin. Etuihin voidaan lukea myös huoltovapaa pinta ja sen muokattavuus, elementtiä saadaan elävöitettyä eri struktuuripinnoilla ja väreillä. Elementtirakentamisessa toteutus voidaan suunnitella etukäteen paremmin, joten rakentamisaika nopeutuu ja työturvallisuus paranee.

Rakentaminen ja työmaan muut toiminnot voidaan vakiinnuttaa, joten sekin nopeuttaa rakentamista. (Elementtisuunnittelu 2015.) Seuraavana kuvia BM-ryhmän toteuttamista betonielementtirakenteista ja -rakennuksista.



KUVAT 14, 15 ja 16: Kuopiossa sijaitsevan Matkus Shopping Center kauppakeskuksen julkisivussa Betomestarit Oy:n toteuttama graafinen betonipinta. (Sirkkiä 2015.)



KUVAT 17 ja 18: Meluaita graafisesta betonista Betonimestarit Oy:n toteuttamana. Kuvat otettu satteella, joten pinnassa valumajälkiä sadevedestä. (Sirkkiä 2015.)



KUVAT 19, 20 ja 21: BM-ryhmä on toteuttanut esimerkiksi pientaloja, kerrostaloja ja rakennuksia maatalouteen. (*Betonielementtirakentaminen 2015.*)

4.2 Rakentaminen Sambiassa

Lumwana on yksi maailman rikkaimmista kuparituotantoalueista ja sen ympärillä olevat kaivosyhteisöt ovat kasvamassa kovaa vauhtia uusiksi kaupungeiksi, joten asuntopula on valtava. Kaivoksen omistava yritys rakennuttaa järjestäytyneesti kaiven ympärille tulevan infran ja vastaa alueen turvallisuudesta. Alueelle muuttaville ihmisille on saatava asunto, joka on nopeasti rakennettavissa, edullinen, terveellinen ja turvallinen. Alueen turvallisuuden takaamiseksi kaivosalue on aidattu, mutta myös alueen ulkopuolelle on rakennutettava asuntoja, että rakentaminen tapahtuu järjestelmällisesti eikä slummiutumista pääse syntymään. Tonttien kaavoitusta tehdään jonkin verran ja se on koko ajan lisääntymässä. Kulttuurillinen kestävyys on vähän tutkittu, mutta merkittävä asia kun rakennetaan maihin joissa on pitkät ja voimakkaat perinteet. Aluetta rakennettaessa tulee huomioida esimerkiksi heimojen uskonnollisia perinnepaikkoja. Mikäli näitä kulttuurillisia asioita ei kunnioiteta, sosiaalisen toimiluvan saaminen heikkenee merkittävästi ja rakentaminen sekä liiketoiminnan aloittaminen kyseisessä maassa on melkein mahdotonta. (*Wuorisalo 2015.*) Talot ovat usein yksitälä taloja, joissa on suuret ulkotilat. Taloja voidaan rakennetaan tiiviisti vierekkäin, joilloin korkeat ulkoseinät muodostavat eräänlaisen muurin. Vanhat talot kaipaavat monesti kunnostusta, mutta myös uudisrakennuksia rakennetaan erityisesti pääkaupungissa Lusakassa. (*Expat Arrivals 2016.*)



KUVA 22: Sambialainen liiketila, joka kaipaa yrittäjää ja kunnostusta. (Wuorisalo 2014.)

Alueella on jatkuva asuntopula ja uusia, ekologia ja edullisia rakennustapoja kartoitetaan koko ajan. Ydinasiat asuntojen rakentamiseen ovat nopeus, laatu, ekologisuus, kestävyys ja kustannus. Beto-nielementti on hyvä ratkaisu siihen, sillä rakennusmateriaalina se täyttää kyseiset vaatimukset. Sambiassa ekologinen rakentaminen on suuressa osassa ja maassa onkin monia vihreään rakentamisen hankkeita. Rakentaminen ei ole niin valvottua Afrikassa, kuin mitä se on Euroopassa. Oikeaan rakentamistekniikkaan ja talorakenteeseen onkin kiinnitettävä huomiota. Periaatteena on, että työturvallisuudesta ja toimintatavoista vastataan samalla tavalla kuin emoyhtiön kotimaassa. Työmaan valvonta lähtee emoyhtiöstä, joten se voi asettaa haasteita pitkien välimatkojen takia. Asuntojen ja asuinalueiden energiatehokkuutta tulisi myös miettiä, sillä tällä hetkellä puun ja jätteiden poltto energian saamiseksi on ympäristöä kuormittavaa. Esimerkiksi aurinkoenergian käyttöä tulisi hyödyntää, sillä sitä on hyvin saatavilla ja siitä saataisiin kotitalouden energiantarve vedenlämmitykseen ja peseytymiseen. (Wuorisalo 2015.)

Sambiassa noudatetaan Etelä-Afrikan rakentamisen standardeja, SABS – South African bureau of standards ja siellä on huomioitu erityisesti kosteuden- ja sateenkestävyyttä sadekauden vuoksi. Standardeja on vähemmän kuin Euroopassa, eikä ne kaikilta osin ole niin tarkkoja jos verrataan rakentamisstandardeihin Suomessa ja Euroopassa. (Law Resource 2016.) Betonin valmistukseen on myös ohjeet esimerkiksi kuivabetonipussien kyljessä, aivan kuten Suomessakin, mutta mittayksiköt voivat olla ilmoitettuna kottikärryissä tai sankoissa. (Sans 2016.) Seuraavana on kuvia sambialaisista asuinalueista ja taloista.



KUVA 23: Lumwanan kaivoksen työntekijöiden asuinalue. (Wuorisalo 2015.)



KUVAT 24 ja 25: Rakenteilla olevia harkko- ja betonitaloja Sambiassa. (Wuorisalo 2015.)

5 MUOTOILU

5.1 Sambialainen taide ja kulttuuri

Muotoiluun otettiin vaikutteita Afrikkalaisesta taiteesta ja kulttuurista, sillä loppukäyttäjät tulevat olemaan siellä. Aloitin tutustumisen taiteisiin ja huomasin, että luonto ja eläimet ovat suuressa osassa sambialaisessa taiteessa ja kulttuurissa. Maanviljelys on yksi pääelinkeinoista Sambiassa, joten luonto tarjoaa monelle perheelle elinkeinon lähteen. Vaikka Sambian luonto on karua ja elinolosuhteet vaikeita, taide on hyvin elämänmyönteistä ja kuvaavaa. Aiheet liittyvät arkipäiväiseen elämään ja usein kuvataan konstailemattomasti ihmisiä ja eläimiä. Taidesuuntana voi pitää todellisuutta jäljittelevänä naturalismina. Tänä päivänä erilaisia taidesuuntia ja taitavia graafikoita löytyy myös Afrikasta. Keskityin enemmän perinteiseen taiteeseen, että saan tuotua Afrikkalaista kulttuuria vahvemmin suunnittelutyöhön.



KUVAT 26 ja 27: Maalaus naisista askareissaan ja viereisessä kuvassa näkyy katutaidetta mosaiikista tehtynä. (Wuorisalo 2014.)

Maalausten, piirustusten ja kankaiden värit ovat voimakkaita, puhtaita ja maanläheisiä. Värejä käytetään runsaasti ja ne ovat olleet osa kulttuuria aikojen saatosta tähän päivään asti. Ensimmäiset pigmentit ovat löytyneetkin nimenomaan Sambiasta noin 400 000 vuotta ennen ajanlaskun alkua. Näitä pigmenttejä on käytetty todennäköisesti vartalomaalauksiin arkeologien arvioiden mukaan. Indigofera-kasveja on runsaasti saatavilla Afrikassa, joten siitä syystä nämä sinipohjaiset värit ovat paljon käytettyjä värejä esimerkiksi tekstiilien värjäämässä. Maavärit eli luonnosta olevat värit ovat suosittuja maalaustaiteessa ja rakennusten maalaamisessa. Väreillä on alueesta ja heimosta riippuen vahvoja symbolisia merkityksiä puhtauteen, menestykseen, vaaraan ja niin edelleen. Joihinkin etelä-afrikkalaisiin kulttuureihin kuuluvat shamaanit, eli sangomat. Sangomat ovat parantajia ja suojelejoita, jotka toimivat neuvonantajina ja harjoittavat lääkintää värisymboliikkaa käyttäen. Lääkkeillä on symboliset värit ja esimerkiksi parannusseremonia alkaa vastamyrykällä eli mustalla, *mnyama* joka etenee punaisella, bomvu ja päättyy potilaan vahvistaminen puhtaan symbolilla eli valkoisella, *mhlophe*. (Coloria 2016.)



KUVAT 28 ja 29: Afrikkalaisia koristenukkeja ja värikkäitä koruja. (Pixabay 2016.)

Koristelussa käytetään paljon graafisia, yksinkertaisia ja voimakkaita kuviota. Yleisesti ottaen värit ovat kuitenkin kuvioita tärkeämpiä. Käsityöt ja erityisesti puuveistokset ovat suosittuja ja siitä veistäänkin taidokkaasti eläin- ja ihmispatsaita sekä naamioita. Naamiota käytetään myös erilaisissa rituaaleissa, joten näissäkin värien merkitys korostuu. Koristuksia löytyy kaikkialta, kuten saviruukuista, talojen seinistä ja kankaista.



KUVAT 30 ja 31: Afrikkalaisia ruukkuja ja värikkäitä kankaita. (Pixabay 2016.)

5.2 Käyttökohteita betonielementille

Kaivosalueen ympärille täytyy rakentaa kunnon tiet, asunnot siellä asuville ihmisille, kaupat, koulut ja sairaala. Infrastruktuurin rakentamisen kohteita on alueella useita, johon betonielementtiä voidaan käyttää. Kaivosalue on rajattu alue, joten suoja-aitojen käyttö on runsasta. Suoja-aidat ovat yleisiä myös sambialaisissa kyläyhteisöissä. Aidoilla rajataan oma tila, mutta se suojaa myös eläimiltä ja antaa turvallisuuden tunnetta ehkäisemällä tunkeilijoiden pääsyä omaan pihaan. Etenkin rikkaampi väestö turvaa yksityisyytensä rakentamalla suoja-aidan asuinalueensa ympärille. Käyttökohteita suojaelementtien lisäksi voi olla myös esimerkiksi liikenteenjakajat, seinäelementit ja meluaidat. Näiden rakennuselementtien ulkonäköä ja sitä kautta houkuttelevuutta ja asuinviihtyvyyttä voidaan parantaa muokkaamalla elementin pinnan ulkonäköä erilaisella kuvioinnilla ja väreillä.



KUVAT 32 ja 33: Etelä-Afrikkalaisia koristeellisia taloja. (Pixabay 2016.)

Kaivosten sivukiveä hyödynnettäessä betonielementin runkomateriaaliksi, sen käyttökohteisiin tulee rajoitteita kivilaadusta riippuen. Esimerkiksi vaatavien ja korkealujuusbetonin valmistuksessa tai kantavien, yli yksikerroksisten talojen seinäelementtinä sivukiveä ei voida hyödyntää. Kaivoksesta tule-

valle kivelle on tehtävä erilaisia laatututkimuksia, jolloin elementin käyttömahdollisuudet tarkentuvat. (Soilu 2015.) Sivukiven käytön rajoitukset asettavat raameja lopputuotteen käyttötarkoitukselle ja muotoilulle, jotka tarkentuvat kivilaadun tutkimusten myötä.

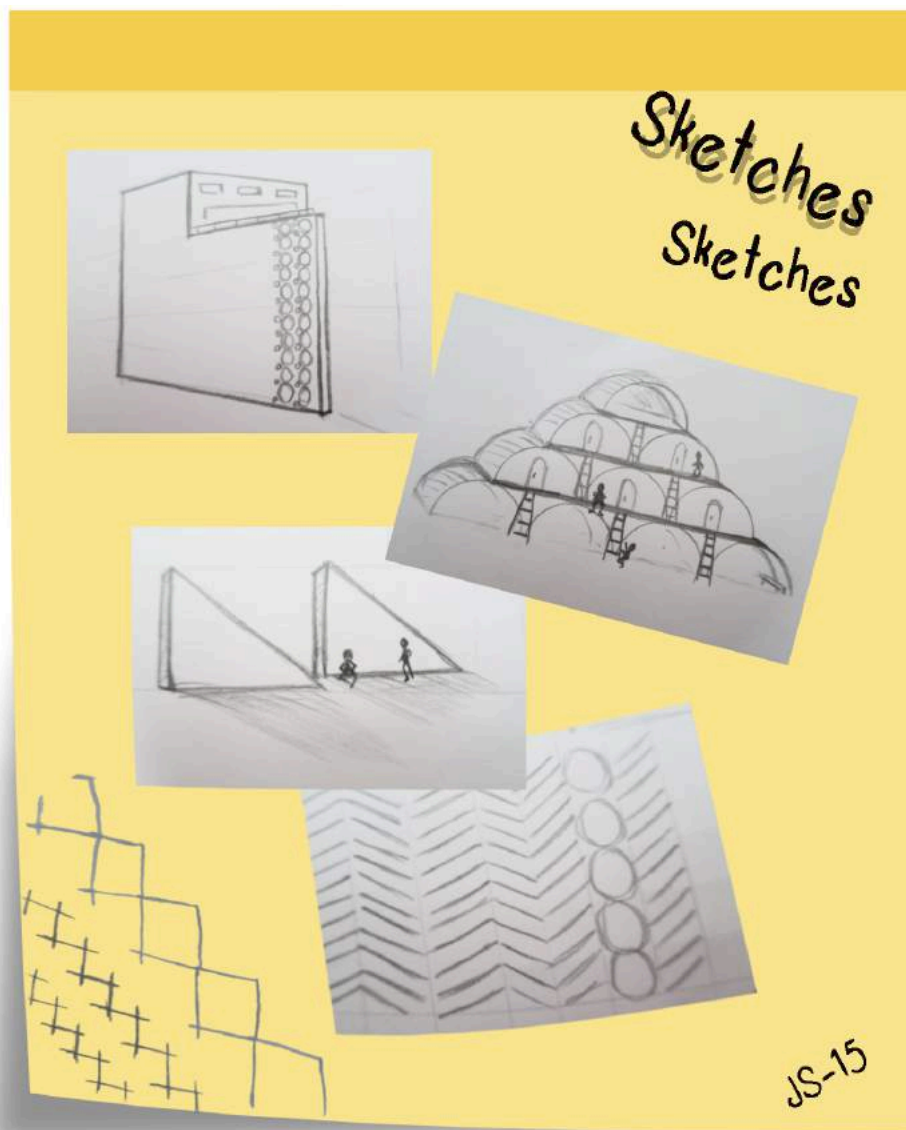
Betonissa on loputtomat mahdollisuudet sen käytettävyyden ja monimuotoisuuden ansiosta. Siitä voidaan eri tekniikoilla valmistaa jyrkkiä graafisia muotoja tai herkkiä, ohuita orgaanisia muotoja. Teollisuudessa betonista valmistetaan esimerkiksi monen tonnin painoisia seinäelementtejä, aallonmurtajia, meluaitoja ja pihalaattoja. Yksityishenkilöiden keskuudessa betonista on tätä nykyä tullut suosittu askertelumateriaali ja siitä valmistuukin muun muassa pieniä koriste-esineitä, ruukkuja ja työtasoja. Muotoilun myötä syntyy uusia kaupallisia tuotteita ja sillä voidaan parantaa yrityksen kilpailukykyä sekä asumisen elementtejä. Hankkeen myötä avautuu työpaikkoja paikallisille ja yhteisöt saavat koulutusta uusiin menetelmiin jotka tukevat maan talouskasvua ja hyvinvointia.

5.3 Muotoiluprosessi

Betonielementin suunnitteluprosessi lähti tutustumisesta betonivalmistukseen ja siinä käytettäviin raaka-aineisiin. Teknisen puolen asioista tärkeintä oli sisäistää perusasiat, että ymmärrän kuinka eri tekniikoita voi hyödyntää muotoilussa. Tarkemmat luku- ja muut laskut tekevät siihen erikoistuneet insinöörit, joten elementin koon miettimiseen riitti betonielementtien standardimitoihin tutustuminen. Mitoituksen päätin hakemani tiedon pohjalta ja päädyin mittoihin 1,5 m x 2,5 m. Korkeus on 1,5 m, sillä sen kokoisena sitä voi käyttää matalana aitaelementtinä ja päällekkäin aseteltuna se on korkea huonekorkeus. Elementin paksuus on 200 mm, että rakenne on kantava ja ääntä eristävä. Lopulliset mitat määritellään myöhemmässä vaiheessa, sen puolen asiantuntijoiden kanssa. Suunnittelutyössä otin huomioon kuvion monikäyttöisyyden, joten elementin kokoa on helppo muuttaa rikkomatta kuvioinnin ideaa.

Alkuvaiheen innovoinnissa tekniikan ja toteutustapojen syvä tuntemus ei asettanut liikaa rajoitteita suunnittelussa, ja piirsin luonnoslehtiöön kaikki mieleen tulleet ideat. Ideoin ajatusten pohjalta, jotka sain tehdasvierailun ja keskustelujen perusteella. Oli myös tärkeää tutustua myös olemassaoleviin elementtirakenteisiin, ettei suunnittelun tulos ole jo kerran suunniteltua. Tämä antoi myös uusia ajatuksia suunniteltavaan betonielementtiin. Suunnittelutyö lähti siis käyntiin hakemalla inspiraatiota betonirakennuksista, taiteesta ja ympäristöstä. Luonnoslehtiöön täyttyi erilaisista ideoista, niin kuvioista kuin muodoista. Piirsin lyijykynällä ajatuksiani, koska näin sain paremman tuntuman suunniteluun ja tuotteeseen. Haasteena oli elementin massiivinen koko, joten hyvä hahmotuskyky oli tärkeää. Tähän hahmottamiseen auttoi oppimisjakso tehtaalla, jossa näin erilaisia betonielementtejä ja niiden valmistusta. Sain hyvän kokonaiskuvan betonin monimuotoisuudesta, käytöstä ja elementtien valmis-

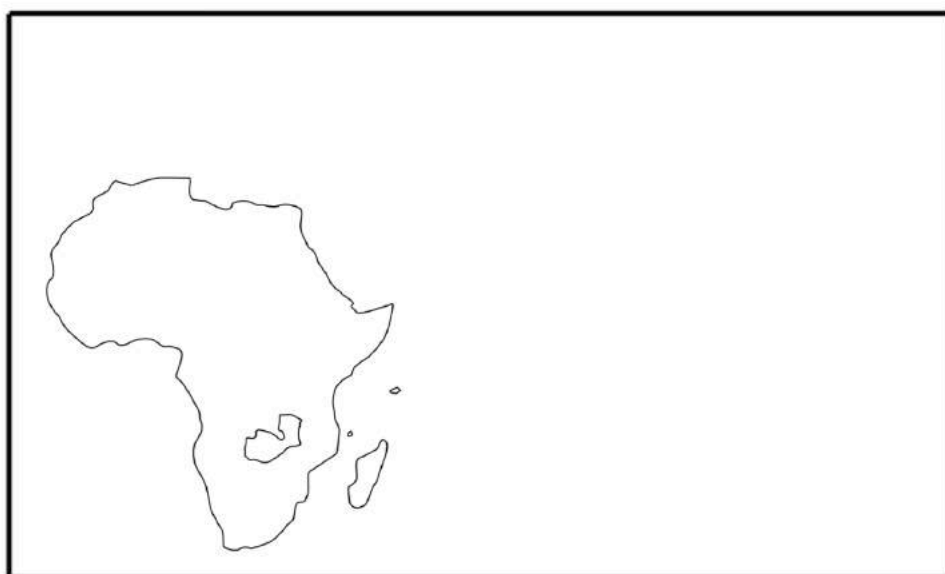
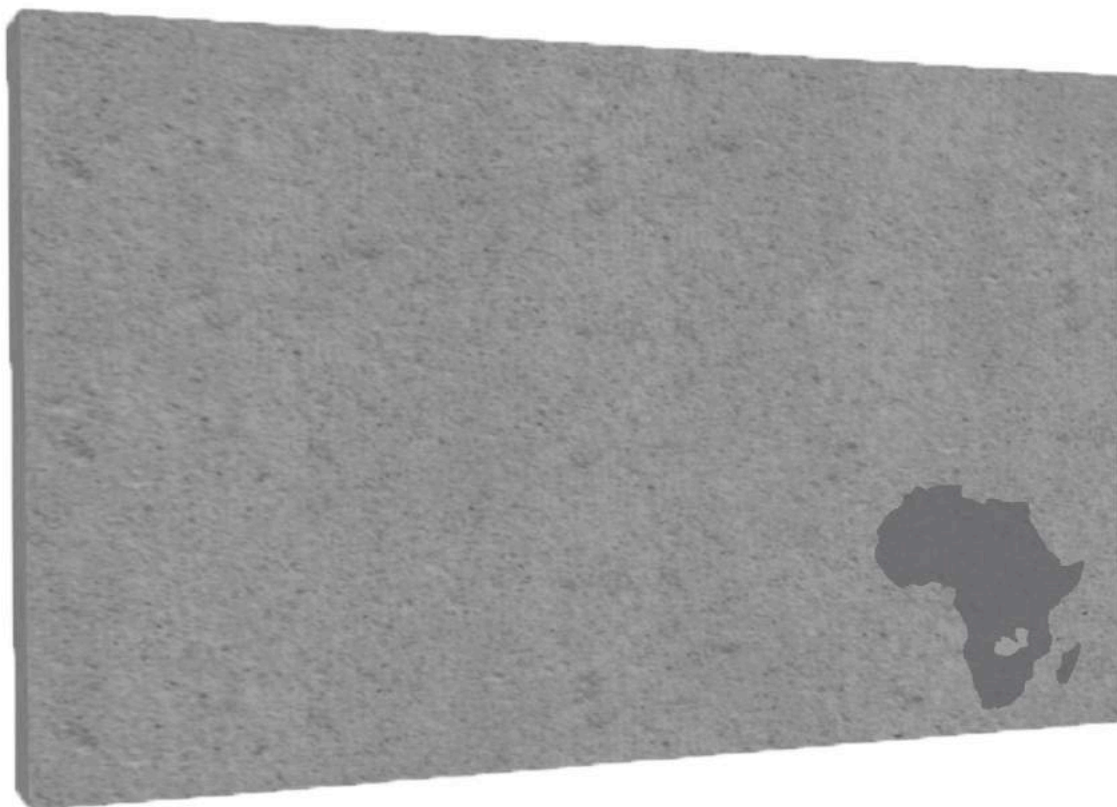
tusprosessista sekä pääsin juttelemaan betonialan ammattilaisten kanssa ja kuuntelemaan heidän näkemyksiään betonimuotoilusta. Suunnittelin erilaisia kuviointitapoja ja värien käyttöä, sillä afrikkalainen taide ja tyyli oli koko ajan suunnittelutyön mukana ja siihen kuuluu runsas värien ja kuvioiden käyttäminen. Seuraavaksi luonnoskuvia, joita toteutin suunnitteluprosessin alkuvaiheesta.



KUVA 34: Luonnosteluvaiheen kuvia. (Sirkkiä 2016.)

Jatkoin suunnittelua valitsemalla muutaman mallin, joiden toteutus oli soveltuva afrikkalaiseen kulttuuriin ja mahdollista valmistaa sivukiveä käyttämällä. Lähdin skaalaamaan kuvioita ja muotoja sopivan kokoiseksi ja näköiseksi aikaisemmin päättämäni elementin kokoon nähden. Lopulliset vedokset ja esityskuvat oli paras tehdä Rhinoceros 3D-mallinnusohjelmalla, sillä siitä kuvat saa otettua erilaisista perspektiiveistä ja työn saa tehtyä suoraan oikeisiin mittasuhteisiin. Valmiin tuotteen väriin vaikuttaa kivilaatu, joten sen vaikutusta ulkoasuun oli hankala arvioida tässä vaiheessa, sillä kivilaatua ei ole vielä tutkittu. Työstin valitsemani työt Photoshopilla esityksiksi, jotka esitin toimeksiantajalle. Määrää ei oltu sovittu tarkemmin etukäteen, vaan ideoin niin monta kuin keksin. Esitin toimeksiantajalle yli kymmenen työtä. Esitysten pohjalta käytiin läpi tarkemmin käyttötarkoitukset ja toteutustapa

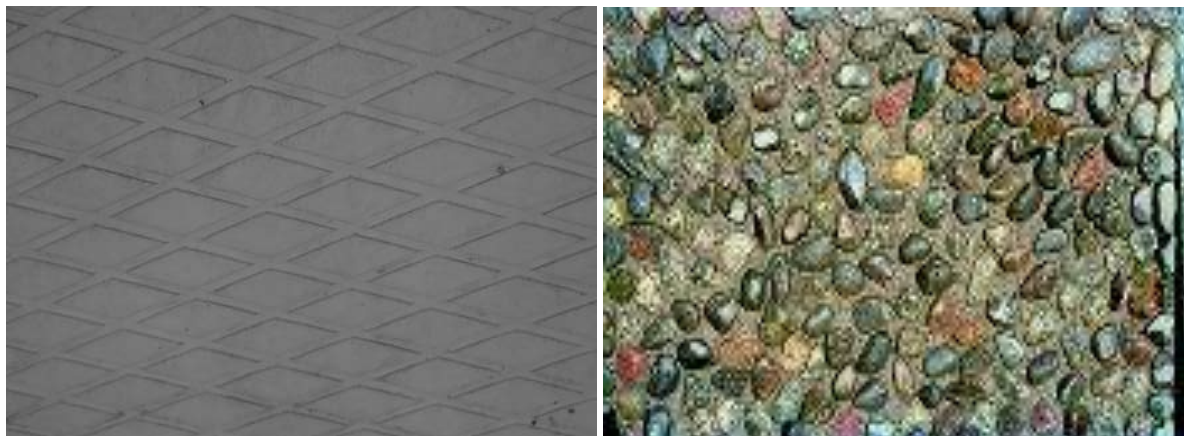
sekä sen kustannustaso. Näiden seikkojen pohjalta suunnitelluista elementeistä valittiin yhdessä alle puolet, jotka jatkotyöstin toimeksiantajalle sovittujen muutosten kanssa omaan esityspohjaansa. Lopulliseen versioon muotoutui vielä uusi betonielementti aikaisemman suunnittelun pohjalta. Malli muuttui, koska toteutustapaan tuli kustannussyistä muutos. Näitä malleja jatkotyöstetään vielä suunnitteleamalla tarkat mitat ja toteuttamistavat sekä tekemällä muotit elementteihin. Muotoilutyön lopputulokset laitetaan liitteeksi opinnäytetyöhön ja ne ovat luottamuksellisia toimeksiantajan pyynnöstä. Seuraavana kuva yhdestä elementistä, jota ei lähdetty jatkotyöstämään.



KUVA 35 ja 36: Rhinoceres-ohjelmalla toteutettu elementti Afrikka-teemalla. (Sirkkiä 2015.)

5.3.1 Pintakäsittely

Pintakäsittelyvaihtoehtoja betonielementille on useita. Tässä tapauksessa rajoittavia seikkoja on toteutustapa ja sen kustannus. Edullisimmin toteutettavia käsittelyjä ovat muotilla teksturoitu pinta ja pesty pinta, joista esimerkkikuvat alla. Betonielementin maalaaminen on myös mahdollista ja tämän myötä paikallista käsityötä saataisiin korostettua. Maalin laatu ja sen myötä kestävyys Sambian olosuhteissa on huomioitava.



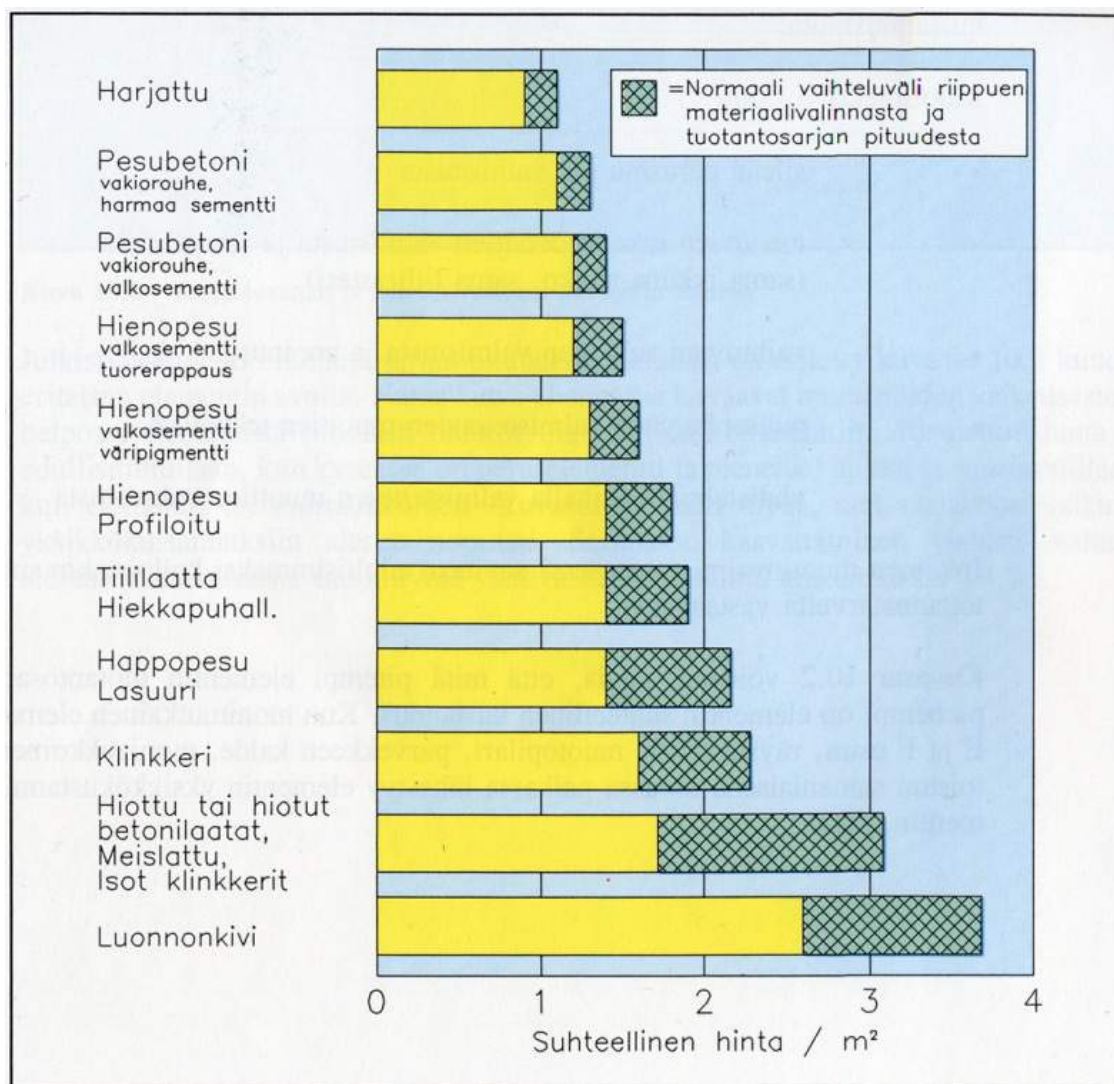
KUVA 37 ja 38: Muottipinta (Sirkkiä 2015.) ja pesty pinta. (Betonielementtirakentaminen 2015.)

Muita pintakäsittelyvaihtoehtoja ovat puuhierretty pinta ja graafinen betoni. Suomalainen keksintö graafinen betoni antaa kuvioinnille lähes rajattomat mahdollisuudet, mutta tämän kustannus on huomiotava. Graafinen betoni menee kustannuksiltaan korkeemmalle kuin muut edellämainitut käsittelytavat.



KUVA 39 ja 40: Graafisen betonin pintahidasteiden avulla voidaan luoda näyttäviä efektiseiniä julkisivuihin ja sisäpintoihin. Vieressä punaiseksi käsitelty, puuhierretty pinta. (Betonielementtirakentaminen 2015.)

Betoni itsessään on edullinen materiaali, mutta sen kustannuksia nostaa pintakäsittely. Alla kaavio siitä, kuinka pintakäsittely nostaa kustannuksia.

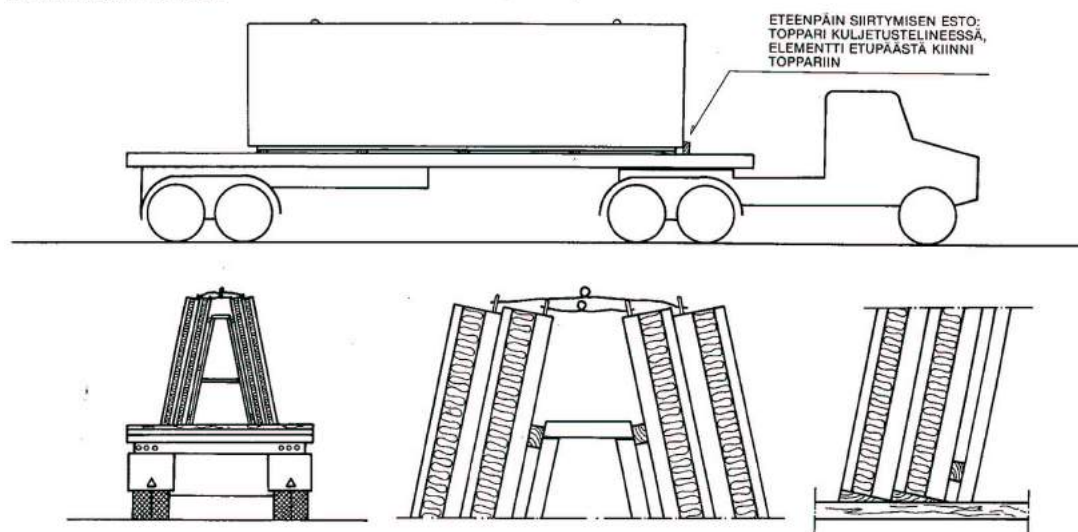


KUVA 41: Elementtipinnan vaikutus kustannuksiin. (BM-Ryhmä 2015.)

5.3.2 Betonielementin kuljetus

Elementti voi olla normaalissa maantiekuljetuksessa maksimissaan 3,0 m korkea ja 9 m pitkä. Elementtiseinän paksuus on vähintään 120 mm. (Elementtisuunnittelu 2015.) Mitoituksessa on huomioitava kuljetus- ja rakentamistapa, sillä Sambianssa teiden kunto ei ole kaikin paikoin hyvä. Pitkät välimatkat, haastava maasto ja kuljetuskalusto voivat asettaa rajoitteita kuljetukselle ja sen myötä elementtien koolle, mikäli niitä kuljetetaan pitkiä matkoja.

ELEMENTIT SURRATAAN TOISIINSA SURRILANGALLA Ø 5,2 KPL/SIDOS JA KULJETUSTELINE SIDOTAAN LAVAAAN KETJUILLA, TAI VAIHTOLAVASYSTEEMISSÄ ALUSTAAN LAVAVALMISTAJAN VÄLINEILLÄ.



KUVA 42: Seinäelementtien kuljetus. (Betonielementtirakentaminen 2015.)

Tässä hankkeessa betonielementit valmistetaan paikan päällä, ainoastaan muotit siirtyvät. Tämä pienentää huomattavasti myös kuljetuskustannuksia ja ympäristörasitusta. (Soilu 2015.) Tässä vaiheessa betonielementin muotoilun raamit ja tekotavat on suunniteltu. Toteutustapoja käsitellään tarkemmin hankkeen etenemisen aikataulussa.



KUVA 43: Tie Lumwanaan. (Wuorisalo 2013.)

6 POHDINTA

Työ oli hyvin mielenkiintoinen monelta eri kannalta. Sain tutustua betoniin rakennusmateriaalina ja huomata sen monimuotoisuuden. Liiketoiminta kehittyvissä maissa on oma lukunsa ja siellä on paljon vienti- ja kasvupotentiaalia myös suomalaisille yrityksille. Kehitysyhteistyö on kiinnostanut minua pitkään ja olen aktiivijäsenenä Suomen Solidaarisuokeskuksen SASK:ssa. Tätä kautta aloin miettimään, kuinka muotoilun avulla voisin olla tukemassa kehitysyhteistyötä. Tulevaisuudessa olen mukana perehtymässä asiaan entistä syvemmin, sillä opinnäytetyön tekemisen myötä sain työharjoittelupaikan Kestävän kaivostoiminnan aroverkot -hankkeen projektityöntekijänä. Saan tämän kautta arvokasta kokemusta kehitysyhteistyöstä ja hanketyöskentelystä. Tuotan hankkeeseen visuaalista materiaalia, joten osaamiseni vahvistuu ja muotoilun merkitys korostuu entisestään.

Yhteistyö toimeksiantajan kanssa on mahdollista jatkossakin, sillä opinnäytetyöstä sain hyvän perehdytyksen ja referenssejä betonimuotoiluun. Suunnitellun betonielementin jatkotyöstö jatkuu hankkeen ja toimeksiantajan aikataulun mukaisesti. Kestävän kaivostoiminnan aroverkot -hankkeen loppupäivä on 31.8.2018 ja se on uusia liiketoimintamalleja synnyttävä, laaja ja monialainen kokonaisuus joten siihen kuuluu paljon muitakin asioita kuin itse elementin suunnittelutyö. Tarkkaa aikataulua on mahdotonta sanoa, sillä opinnäytetyössäni suoritettu työ oli osa suurta kokonaisuutta ja pitkäaikaista tuotekehitysprosessia.

Kaikki nämä asiat antavat vahvistusta siihen, kuinka tarpeellista muotoilu on. Sillä voidaan monipuolisesti parantaa toimintoja sekä tuoda lisäarvoa eri aloilla ja eri tavoilla. Muotoilu taipuu moneen toimintaan, kunhan ammattilainen osaa näyttää sen monimuotoisuuden. Itse saan arvokasta kokemusta erikoisaloilta, jotka eivät ole niin perinteisiä sisustusarkkitehdin toimialoja. Nämä vahvistavat erikoisosaamistani tulevaisuudessa ja luovat hyviä kontakteja eri alojen toimijoihin. Mielestäni olen onnistunut hyvin tavoitteessani löytää uusia kanavia, jonka kautta muotoilun merkitys yhteiskunnalle tulee esille.



KUVALUETTELO

KANSI: Kuva Lusakan kadulta. Sirkkiä, Jonna 2016: Sijainti: tekijän sähköiset kokoelmat, kuvalähteet: valokuva, Jyri Wuorisalo 2014, kuvan muokkaus, Jonna Sirkkiä.

TIIVISTELMÄ / ABSTRACT: Kuva Lumwanan kaivosalueelta. Sirkkiä, Jonna 2016: Sijainti: tekijän sähköiset kokoelmat, kuvalähteet: valokuva, Jyri Wuorisalo 2014, kuvan muokkaus, Jonna Sirkkiä.

KUVA 1: Kaaviokuva tiedonhausta. Sirkkiä, Jonna 2016: Sijainti: tekijän sähköiset kokoelmat.

KUVA 2: Sambian ja Lumwanan sijainti maailmankartalla. Sirkkiä, Jonna 2016. Sijainti: tekijän sähköiset kokoelmat.

KUVA 3: Lumwanan rakenteilla oleva kaivosalue. Wuorisalo, Jyri 2013. Sijainti: tekijän sähköiset kokoelmat.

KUVA 4: Valmiita betonielementejä Betonimestarit Oy:n tehtaalla. Sirkkiä, Jonna 2016. Sijainti: tekijän sähköiset kokoelmat.

KUVA 5: Betonimursketta josta voi valmistaa kierrätysbetonia. Sirkkiä, Jonna 2016. Sijainti: tekijän sähköiset kokoelmat.

KUVA 6: Säiliöt, joissa on eri kokoista kiviraetta. Sirkkiä, Jonna 2016. Sijainti: tekijän sähköiset kokoelmat.

KUVA 7: Rauditus betonielementin valua varten. Sirkkiä, Jonna 2016. Sijainti: tekijän sähköiset kokoelmat.

KUVAT 8 JA 9: Betoniseos valetaan kerroksittain muottiin. Sirkkiä, Jonna 2016. Sijainti: tekijän sähköiset kokoelmat.

KUVA 10: Noin 2000 vuotta vanha Rooman Pantheon on ensimmäisimpiä ja tunnetuimpia rakennuksia, jossa on käytetty betonirakenteita. Kuvapankki, 2016. Sijainti: www.pixabay.com.

KUVAT 11,12 ja 13: Betoniharkkojen ladonta kaksikerroksiseen asuinrakennukseen. Paryana, Dedy 2015. Sijainti: tekijän sähköiset kokoelmat.

KUVAT 14, 15 ja 16: Kuopiossa sijaitsevan Matkus Shopping Center kauppakeskuksen julkisivussa Betomestarit Oy:n toteuttama graafinen betonipinta. Sirkkiä, Jonna 2016. Sijainti: tekijän sähköiset kokoelmat.

KUVAT 17 ja 18: Meluaita graafisesta betonista Betonimestarit Oy:n toteuttamana. Kuvat otettu sateella, joten pinnassa valumajälkiä sadevedestä. Sirkkiä, Jonna 2016. Sijainti: tekijän sähköiset kokoelmat.

KUVAT 19, 20 ja 21: BM-ryhmä on toteuttanut esimerkiksi pientaloja, kerrostaloja ja rakennuksia maataulteen. BM-Ryhmä, 2015. Sijainti: tekijän sähköiset kokoelmat.

KUVA 22: Sambialainen liiketila, joka kaipaa yrittäjää ja kunnostusta. Wuorisalo, Jyri 2014. Sijainti: tekijän sähköiset kokoelmat.

KUVA 23: Lumwanan kaivoksen työntekijöiden asuinalue. Wuorisalo, Jyri 2015. Sijainti: tekijän sähköiset kokoelmat.

KUVAT 24 ja 25: Rakenteilla olevia harkko- ja betonitaloja Sambiassa. Wuorisalo, Jyri 2015. Sijainti: tekijän sähköiset kokoelmat.

KUVAT 26 ja 27: Maalaus naisista askareissaan ja viereisessä kuvassa näkyy katutaidetta mosaiikista tehtynä. Wuorisalo, Jyri 2015. Sijainti: tekijän sähköiset kokoelmat.

KUVAT 30 ja 31: Afrikkalaisia ruukkuja ja värikkäitä kankaita. Kuvapankki, 2016. Sijainti: www.pixabay.com.

KUVAT: 32 ja 33: Etelä-Afrikkalaisia koristeellisia taloja. Kuvapankki, 2016. Sijainti: www.pixabay.com.

KUVA 34: Luonnosteluvaiheen kuvia. Sirkkiä, Jonna 2016. Sijainti: tekijän sähköiset kokoelmat, kuvalähteet: piirustukset, Jonna Sirkkiä 2015.

KUVA 35 ja 36: Rhinoceros-ohjelmalla toteutettu elementti Afrikka-teemalla. Sirkkiä, Jonna 2016. Sijainti: tekijän sähköiset kokoelmat.

KUVA 37: Muottipinta. Sirkkiä, Jonna 2015. Sijainti: tekijän sähköiset kokoelmat.

KUVA 38: ja pesty pinta. BM-Ryhmä, 2015. Sijainti: Betonielementtirakentaminen, PowerPoint.

KUVA 39 ja 40: Graafisen betonin pintahidasteiden avulla voidaan luoda näyttäviä efektiseiniä julkisivuihin ja sisäpintoihin. Vieressä punaiseksi käsitelty puuhierretty pinta. BM-Ryhmä, 2015. Sijainti: Betonielementtirakentaminen, PowerPoint.

KUVA 41: Elementtipinnan vaikutus kustannuksiin. BM-Ryhmä, 2015. Sijainti: tekijän sähköiset kokoelmat.

KUVA 42: Seinäelementtien kuljetus. BM-Ryhmä, 2015. Sijainti: Betonielementtirakentaminen, PowerPoint.

KUVA 43: Tie Lumwanaan. Wuorisalo, Jyri 2013. Sijainti: tekijän sähköiset kokoelmat.

POHDINTA: ilmakehu Lusakasta. Sirkkiä, Jonna 2016: Sijainti: tekijän sähköiset kokoelmat, kuvalähteet: valokuva, Jyri Wuorisalo 2014, kuvan muokkaus, Jonna Sirkkiä.

LÄHDELUETTELO

- ARCHITECTUUL, 2015-11-30. Saatavissa: <http://architectuul.com/architect/le-corbusier>
- BARRICK, 2016-04-04. Saatavissa: <http://www.barrick.com/company/default.aspx>
- BETONI, 2015-08-10. Saatavissa: <http://www.betoni.com/elementtirakentaminen>
- BETONIELEMENTTIRAKENTAMINEN, 2015-28-9. [PowerPoint-esitys]. Betonimestarit Oy.
- BURJ KHALIFA, 2016-01-15. Saatavissa: <http://www.burjkhalifa.ae/en/the-tower/construction.aspx>
- BETONIPINTA-OPAS, 2015-08-12. Saatavissa: http://asv.fi/sites/default/files/asv_betonipintaopas.pdf
- COLORIA, 2016-04-09. Saatavissa: <http://www.coloria.net/kulttuurit/afrikka.html>
- GTK, 2016-04-09. Saatavissa: <http://www.gtk.fi/mineraalivarat/greenmining.html>
- EXPAT ARRIVALS, 2016-04-20. Saatavissa: <http://www.expatarrivals.com/zambia/accommodation-in-zambia>
- HEDENGREN Sania, ZACHE Susanna. Betoni- 33 inspiroivaa ideaa, 2010, Slovenia: WSOY
- KAIVOSVERKKO_KIO_05052015, 2015-05-05 [.pdf-tiedosto]. Kuopio Innovation Oy.
- KESTÄVÄN KAIVOSTOIMINNAN ARVOVERKOT –HANKESUUNNITELMA 01092015, 2015-05-05. Kuopio Innovation Oy.
- KORHONEN, Raija, 2015-11-12 [haastattelu]. Iisalmi: Betonimestarit Oy.
- LAW RESOURCES, 2016-04-20. Saatavissa: <https://law.resource.org/pub/za/ibr/za.sans.10400.k.2011.html>
- MANNONEN Petri, PETROW Seppo. Kestävä kivitalo, Helsinki: Suomen Betonitieto Oy 2015, Libris Oy
- MFA, 2015-11-30. Saatavissa: <http://www.mfa.fi/lisatietoa-funktionalismi>
- PALOLAHTI Tuomas, Pienrakentajan betoniopas. Tampere: Suomen Rakennusmedia Oy 2011
- SITRA, 2016-01-16. Saatavissa: <https://www.sitra.fi/julkaisut/Selvityksiä-sarja/Selvityksia63.pdf>
- SOILU, Juha, 2015-28-09 [haastattelu]. Vantaa: Betonimestarit Oy.
- VALMISBETONI, 2015-08-10. Saatavissa: <http://www.valmisbetoni.fi/suunnittelu/puhdasvalupinnat>
- WUORISALO, Jyri, 2015-11-16 [haastattelu]. Kuopio: Kuopio Innovation Oy.

LIITTEET

LIITE 1: Esitykset suunnitelluista betonielementeistä, luottamuksellinen.