

Betonilaboratorio elementtitehtaaseen

Perustaminen, työohjeet ja määritykset

Eero Honkala

Opinnäytetyö
Toukokuu 2015

Laboratorioalan koulutusohjelma
Tekniikan ja liikenteen ala





Tekijä(t) Honkala, Eero Arvo Ilmari	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 12.5.2015
	Sivumäärä 35	Julkaisun kieli Suomi
		Verkkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Betonilaboratorio elementtitehtaaseen Perustaminen, työohjeet ja määritykset		
Koulutusohjelma Laboratorioalan koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) Leppä-Aho, Jaakko		
Toimeksiantaja(t) Suoraman Elementti Oy		
Tiivistelmä <p>Suoraman Elementti Oy on perustamassa uutta modernia betonielementtitehdasta lähiaikoina. Opinnäytetyö käsittelee tehtaan uuden betonilaboratorion perustamista. Betonilaboratorion suunnitelmaan sisältyi pohjakuva, kalusteiden sijoittelu työpisteille, vesi-, ilma- ja sähköpisteiden sijoittelu, yksilöllisten teräsvalmisteiden sekä betonin testauslaite hankintojen kilpailutus.</p> <p>Tuoreen betonin ja sen osa-aineiden testaamiseen on useita eri mittauksia ja määrityksiä. Kaikkia näitä testausmenetelmiä käsiteltiin teorian ja käytännön työohjeiden kautta. Yksi työn päätehtävistä olikin saattaa vanhat työohjeet sähköiseen ja selkeään muotoon. Tämä työvaihe oli melko haastava, koska vain osaan ohjeista oli valmiita lähtötietoja. Loput työohjeet piti valmistaa normeihin ja työkokemukseen perustuen.</p> <p>Varsinainen laboratorion suunnittelu oli vähiten haastava osuus, koska oli olemassa selkeä visio siitä, millainen laboratorion olisi syytä olla. Nyt kun suunnitelma on tehty, pohjapiirros on olemassa ja varustelun hintataso tiedossa, on laboratorion perustaminen uuteen tehtaaseen yksinkertaista. Rakennusvaiheen käynnistyessä pitää vain toteuttaa valmis suunnitelma ja hankkia kalustus ja mittausvälineet.</p>		
Avainsanat (asiasanat) betoni, betonilaboratorio, laboratorio		
Muut tiedot		



Author(s) Honkala Eero Arvo Ilmari	Type of publication Bachelor's thesis	Date 12052015
		Language Finnish
	Number of pages 35	Permission for web publication: X
Title of publication Concrete laboratory in element factory Establishment, work instructions and assays		
Degree programme Laboratory Sciences		
Tutor(s) Leppä-Aho Jaakko		
Assigned by Suoraman Elementti Oy		
Abstract <p>Suoraman Elementti Oy is setting up a new modern concrete factory in the near future. The topic of the thesis was the establishment of a new concrete laboratory. The plan of the concrete laboratory included a floor plan, furniture layout of workstations, water, air and electrical points of the placement, the individual steel products as well as the tendering of the procurement of concrete testing equipment.</p> <p>There are a number of different measurements and determinations of fresh concrete and testing its constituents. These testing methods are explained through the theory and practical work instructions parts. One of the main tasks of the thesis project was to process the old work instructions into a clear digital form. This process was quite challenging because only a few of the work instructions were in electronic format. The rest of the work instructions had to be prepared from standards and the thesis author's experience.</p> <p>The laboratory design was the least challenging task, because there was a clear vision of the laboratory. Now that the plan has been completed, the floor plan is good and the price level of the outfitting known the establishment is easy. When the construction starts the finished plans are to be followed and the furniture and measuring instruments purchased.</p>		
Keywords/tags concrete, concrete laboratory, laboratory		
Miscellaneous		

Sisältö

1 Työn lähtökohdat	3
2 Betoni	4
2.1 Betonin historiaa	4
2.2 Betoni rakennusteollisuudessa.....	5
2.3 Miksi betonia ja sen raaka-aineita testataan?	6
2.4 Miten betonimassaa tutkitaan?.....	8
3 Betonilaboratorion tilat ja varustelu	9
3.1 Tilojen tarve ja suunnittelu.....	9
3.2 Tilojen mitoitus työergonomian kannalta	11
3.3 Pohjakuva ja kalusteiden sijoittelu.....	12
3.4 Tarjouspyynnöt varusteluun	13
4 Betonin raaka-aineiden määritykset	14
4.1 Kiviainesten rakeisuuden määrittäminen betoninvalmistuksessa.....	14
4.2 Kiviainesten kosteusmittaukset	15
4.3 Sementin valmistajan toimittamat arvot ja mittaustulosten kirjaaminen.	16
5 Työohjeet ja menetelmät.....	17
5.1 Työohjeiden päivittäminen	17
5.2 Näytteenotto betonimassasta.....	17
5.3 Betonimassan määritykset	18
5.3.1 Ilmamäärämittaus ja tiheyden laskeminen	18
5.3.2 Notkeuden ja lämpötilan mittaaminen	20
5.3.3 Vesi-sementtisuhteen laskeminen	21

6 Pohdinta	23
Lähteet	25
Liitteet	26
Liite 1. Työohjeet, humuspitoisuuden määrittäminen	26
Liite 2. Laboratorion pohjakuva	27
Liite 3. Tarjouspyyntö säilytysastiasta ja pesualtaasta	28
Liite 4. Hitsausapulaite Oy, tarjous teräsvalmisteista	29
Liite 5. Työohjeet, kiviainesten seulonta.....	30
Liite 6. Esimerkkisuhteitus.....	31
Liite 7. Työohjeet, vesipitoisuuden määrittäminen.....	32
Liite 8. Ilmamäärämittarin kalibrointitodistus	33
Liite 9. Työohjeet, ilmamäärämittarin käyttö.....	34
Liite 10. Työohjeet, painumamittarin käyttöohje	35

1 Työn lähtökohdat

Suoraman Elementti Oy on 1960 -luvun lopulla perustettu elementtitehdas Kangasalla, Pirkanmaalla. Tehdas työllistää parikymmentä henkilöä. Suoraman Elementti Oy valmistaa mm. julkisivuelementtejä, parvekelaattoja, parvekekaiteita, väliseinäelementtejä, porraskaattoja, pilareita ja palkkeja. Yritys on lähitulevaisuudessa käynnistämässä uutta, suuremman tuotantokapasiteetin betonielementtitehdasta ja samassa yhteydessä rakennetaan moderni betonilaboratorio uusiin tiloihin.

Opinnäytetyön tarkoituksena on läpikäydä tehtaaseen uuden betonilaboratorion perustaminen. Tässä työssä suunnitellaan uuteen tehtaaseen laboratoriotila ja kilpailutetaan tarvittavien laboratoriovälineiden ja teräsrakenteisten erikoiskalusteiden hankinnat. Työssä kerrotaan myös betonista ja kaikista erilaisista testausmenetelmistä sekä määrityksistä, joilla betonin osa-aineiden laatu voidaan varmistaa. Tässä työssä myös päivitetään nykyiset, osin suulliset ohjeet ja menetelmät selkeiksi, helposti sisäistettäviksi digitaalisiksi työohjeiksi.

Betonimassan säännöllinen testaaminen on elementtituotannon laadunvalvonnan tärkeimpiä osa-alueita. Laadukkaan betonin valmistaminen lähtee kunnollisista raaka-aineista. Tehtaalla testataan niin raaka-aineita, kuin tuoretta ja kovettunutta betoniakin. Tuoreelle betonille tehtävät mittaukset ovat tärkeimpiä betonin tuotannon tasalaatuisuuden valvonnassa. Näitä mittauksia ovat ilmamäärämittaus, notkeuden määrittäminen, tiheyden laskeminen, lämpötilan mittaaminen, sekä vesi-sementtisuhteen laskeminen.

2 Betoni

2.1 Betonin historiaa

Betonia on käytetty rakentamiseen jo vuosisatojen ajan. Tunnetuimpia varhaisia betonirakenteita on Roomassa sijaitsevan Pantheonin pyhäkön kupoli. Roomalaiset käyttivät sideaineena potsolaania eli vulkaanista tuhkaa, joka sisälsi silikaa. Roomalaisten jälkeen betonia ryhdyttiin käyttämään 1800-luvulla Portland-sementin keksimisen jälkeen. Sittemmin betonirakentaminen yleistyi nopeasti 1900-luvulla. Vanhoja suomalaisia betonirakenteita löytyy vuosisadan vaihteen kivitaloista, joiden portaikot ovat usein betonirakenteisia. Yksi erikoisimmista kohteista on Ateneumin julkisivun betoniveistokset vuodelta 1886. (Betonin historiaa 2015)

Raudoituksia ryhdyttiin käyttämään pikkuhiljaa 1800-luvun puolivälissä. Tietous betonin käyttämisestä runkorakenteena levisi maailmalle Pariisin maailmannäyttelystä vuonna 1900. Suomessa oltiin nopeasti mukana betoniarkkitehtuurin kärjessä, kun Helsinkiin rakennettiin rautatieasema, eduskuntatalo, Stockmann ja Taidehalli. Lyhyessä ajassa betoni otettiin käyttöön rakentamisen kaikilla osa-alueilla. Töölön talot ja Olympiastadion 1930-luvulla ja saman vuosikymmenen Alvar Aallon funktionaaliset työt ovat arvostettuja betonirakenteita. (Betonin historiaa 2015; Iso-Mustajärvi 2008, 14-15.)

Betoniteollisuus kehittyi 1950-luvulla elementtiteknologian avulla. Ensimmäiset julkisivuelementit valmistettiin Palace -taloon, jonka suunnitteli Viljo Revell. Yksi tunnetuimmista elementtirakentamisen alkuaikojen kokonaan elementtirakenteisista rakennuksista on Helsingin yliopiston Porthania. Vuonna 1970 julkaistiin BES, betonielementtijärjestelmä joka standardoi elementtityypit ja liitosrakenteet siten, että eri tehtaiden valmistamat elementit sopivat toisiinsa ilman väliosia tai muuta soveltamista. Tästä kehitys jatkui, ja betonin ulkonäköönkin alettiin kiinnittää enemmän huomiota. Nykyään betonia ja betonielementtejä valmistetaan useissa eri väreissä, graafisella pinnalla, pesupinnalla

tai vaikka tiilipinnoitettuna. (Betoin historiaa 2015; Iso-Mustajärvi 2008, 15-16.)

2.2 Betoni rakennusteollisuudessa

Betoni on maailman käytetyin rakennusmateriaali, tämän mahdollistaa valmistuksen yksinkertaisuus ja hyvä raaka-ainesaatavuus. Betonin pääraaka-aineet ovat sementti, vesi ja kiviaines. Sementin pääraaka-aineena taas käytetään maapallon ehkäpä yleisintä kivilajia, kalkkikiveä. Kaikki nämä löytyvät suoraan tai yksinkertaisen prosessin kautta maaperästä. Kiviaineksia löytyy runsaasti yhdestä paikasta, eivätkä ne vaadi pitkiä kuljetusmatkoja. Kivipohjaisena materiaalina betoni on lujaa, kestäväää ja helppohoitoista. Betonista voidaan valmistaa lähes mitä vain pihakivistä teiden pintoihin, taideteoksista kokonasiin rakennuksiin tai vaikkapa patovalleja ja siltoja. Betonia käytetään myös suojarakenteissa, kuten väestönsuojissa, reaktorien kuorissa ja erilaisissa säteilysojauksissa. (Betoni rakennusmateriaalina 2015; Iso-Mustajärvi 2008, 21.)

Paksut betonirakenteet ovat energiatehokkaita. Rakenteensa massiivisuuden ansiosta betoni toimii hyvänä äänieristeenä. Betoni on erittäin paloturvallinen materiaali, siitä ei tulipalon yhteydessä irtaudu mitään ympäristölle vaarallisia yhdisteitä tai savukaasuja. Materiaalina betonista ei myöskään liukene haitallisia määriä ihmisen terveyttä tai sisäilmaa pilaavia aineita. Betoni on ekotehokas rakennusmateriaali, sen koko elinkaaren aikaiset ympäristökuormitukset ovat erittäin pienet. Betoniteollisuudessa hyödynnetään tehokkaasti muun teollisuuden sivutuotteita, kuten masuunikuonaa, silikaa ja lentotuhkaa, jotka menisivät muuten jätteeksi. Erityyppisille betonirakenteille on paljon valmistajia eri puolilla Suomea, näin kuljetusetäisyydet säilyvät maltillisina. Esimerkiksi betonielementtejä valmistavia tehtaita on toistasataa ja valmisbetonia tuottavia betoniasemia useampi sata. (Betoni rakennusmateriaalina 2015; Iso-Mustajärvi 2008, 24)

2.3 Miksi betonia ja sen raaka-aineita testataan?

Suomessa viranomaismääräykset edellyttävät betonin testaamista. Nykyään lähes kaikki tilaajat edellyttävät betonituotetehtaalta CE-merkittyjä tuotteita, merkintä pitää olla, jotta pääsee edes tarjouskilpailuvaiheeseen. CE-merkinnän ja standardin mihin se perustuu, pitää näkyä myös valmiissa tuotteessa. CE-merkinnän saaminen edellyttää, että betonituotteiden valmistaja on käynyt läpi asianmukaiset arviointimenettelyt, ja että valmistettava tuote on EU-direktiivissä esitettyjen vaatimusten mukainen. CE-merkinnän käyttö voi perustua valmistajan omaan vakuutukseen tai kuten Suoraman Elementti Oy:n tapauksessa ilmoitetun tahon sertifiointiin. Betonielementtitehtaita ja niiden CE-merkinnän mukaisuutta valvoo ja sertifikaatteja myöntää Suomessa ilmoitettuna laitoksena Inspecta sertifiointi. Inspecta varmentaa alkutestauksen ja laadunvalvonnan sekä valvoo toimintaa tarkastuskäynneillä. (SFS-käsikirja 133 2010, 4.)

Betonin raaka-aineita ovat kiviainekset, sementti, vesi ja mahdollisesti käytettävät lisäaineet, kuten notkistimet, huokostimet, kiihdyttimet tai hidastimet. Näistä elementtitehtaalla testataan omatoimisesti kiviaineksia. Sepelistä, hiekasta ja filleristä mitataan päivittäin kiviaineskosteutta. Tämä mittaus antaa tiedon siitä, kuinka paljon betonia voi tarvittaessa notkistaa lisävedellä sekoitusvaiheessa, vesi-sementtisuhteen ylittymättä. Lisäksi kiviaineksia tutkitaan kemiallisesti, esim. NaOH -menetelmällä epäpuhtauksien havaitsemiseksi (Ks. liite 1), koska epäpuhtauksilla on hidastava ja heikentävä vaikutus betonin kovettumiseen ja kestävyYTEEN. (by50 Betoninormit 2012, 99; Iso-Mustajärvi 2008, 22.)

Kemiallisten tutkimusten lisäksi kiviaineksista selvitetään niiden fysikaalisia ominaisuuksia, kuten rakeisuusjakauma. Rakeisuusmääritys tehdään seulomalla eri kiviaineksia standardin SFS-EN 933-2 (seulasarjat, aukkojen nimelliskoko) mukaisilla seulasarjoilla. Kun eri kiviainesten rakeisuusluvut yhdistetään, saadaan kokonaisrakeisuusluku, jota tarvitaan betonin suhteittamisessa. Muita kiviainesten määrittäjiä ovat esimerkiksi Los Angeles -luku, joka kuvaa

kiviaineksen iskunkestävyyttä, litteysluku joka kertoo kiviaineksen muodosta, vedenimukyky jota tarvitaan laskettaessa betonin vesi-sementti suhdetta, sekä kiintotiheyden määrittäminen, jos on syytä olettaa sen poikkeavan arvosta $2680 \text{ kg} / \text{m}^3$, jota yleisesti käytetään suhteituksen lähtötiedoissa. Kaikki nämä määritysarvot ovat tärkeitä betonin koostumusta suunniteltaessa. Nämä tiedot saadaan suoraan kiviainestoimittajalta. Kiviainesten tulee olla CE - merkitty ja testattu SFS-EN 12620 standardin mukaisesti. (by43 Betonin kiviainekset 2008. 23-25; Iso-Mustajärvi 2008, 66-68, 79.)

Tuoreelle betonimassalle tehdään päivittäin useita eri testejä, joista tärkein on ilmamäärän mittaaminen säänkestävästä, eli huokostetusta betonista. Tämä testi kertoo betonin soveltuvuudesta kohteisiin, joissa betoniin kohdistuu erilaisia ympäristö- tai kemikaalirasituksia. Huokostettua betonia käytetään ulkotiloissa, kuten julkisivuissa, parvekkeissa, pilareissa ja silloissa. Huokostaminen tarkoittaa sitä, että betoniin lisätään kemiallisesti ilmataskuja eli suojahuokosia, joihin esimerkiksi talvella alati muuttuvien sääolosuhteiden takia vedellä on tilaa jäätyä betonin rakennetta hajottamatta. (by50 Betoninormit 2012, 146-147.)

Betonimassasta mitataan myös notkeutta sekä lasketaan tiheys. Notkeus mitataan betoninormin laadunvalvontaohjeen mukaan, mikäli silmämääräisesti arvioiden on syytä epäillä notkeuden olevan tavallisuudesta poikkeava. Betonimassan tiheys lasketaan ilmamäärämittauksen yhteydessä. Betonin lämpötilan seuranta kuuluu päivittäisiin ja jatkuvasti suoritettaviin mittauksiin, koska vaihtelut betonimassan lämpötilassa vaikuttavat betonin kovettumiseen. Jos päivän aikana huomataan, ettei betonimassa pysy halutussa lämpötilassa, voidaan kiviaineksia lämmittää tarvittaessa. Valmiiden valujen päälle voidaan tarvittaessa myös asettaa kovettumisreaktiosta aiheutuvan lämmön karkaamisen estäviä peitteitä tai eristeitä. (by50 Betoninormit 2012, 146-147.)

2.4 Miten betonimassaa tutkitaan?

Betonimassaa tutkitaan päivittäin betoninormin mukaisin menetelmin. Betonimassan tutkiminen alkaa jo betonisekoittimessa, jossa betonimylläri silmä-määräisesti ja betoniaseman mittareita tulkiten arvioi betonimassan soveltuvuutta aiottuun kohteeseen. Massa tuotetaan mahdollisimman tasalaatuiseksi ja tarpeen vaatiessa sitä notkistetaan tai jäykistetään joko lisävedellä tai sementtiä ja kiviaineksia lisäämällä siten, että sallituista vesi-sementtisuhteista ei tästä huolimatta poiketa. Yleensä jäykistämiseksi ei ole tarvetta, koska reseptit on suunniteltu siten, että massa on oletuksena hivenen liian jäykkää, ja yleensä käytetään jonkin verran lisävettä.

Seuraava silmämääräinen havainto betonimassan laadusta saadaan, kun betonimassa lasketaan betonisekoittimesta kuljetusastiaan. Betonimassan tulee kestää pudotus sekoittimesta kuljetusastiaan (Ks. kuvio 1) erottumatta, tällöin se on riittävän tasalaatuista ja soveltuvaa valutyöhön. Viimeinen silmämääräinen tarkastelu tulee, kun betoni lasketaan kuljetusastiasta valumuottiin, tällöin betonin on hyvä levitä tasaisesti, tunkeutua sopivasti raudoituksen läpi ja säilyä erottumattomana myös tärytyksestä.



Kuvio 1. Betonin pudottaminen sekoittimesta kuljetusastiaan.

Valun yhteydessä otetaan myös kaikki tarvittavat näytteet laboratoriomittauksia varten. Laboratoriokokein betonimassasta mitataan lämpötila, tiheys, ilmamäärä sekä tarvittaessa notkeus ja lasketaan vesi-sementtisuhte. (by50 Betoninormit 2012, 146-147).

3 Betonilaboratorion tilat ja varustelu

3.1 Tilojen tarve ja suunnittelu

Nykyisen tehtaan betoniasema on vanhanaikainen ja laboratorio on pieni ja ahdas. Tehdas on rakennettu 1960 -luvun lopulla ja laajennusosa, jossa nykyinen betoniasema ja laboratorio (Ks. kuvio 2) ovat, on rakennettu 1980 -luvun alussa. Tuolloin betonin testaaminen oli huomattavasti vähäisempää kuin nykyään ja iso osa määrityksistä teetettiin ulkopuolisessa testauslaitoksessa. Tiloja ei ole päivitetty nykyisten vaatimusten tasolle, koska olemassa olevalla on tultu toimeen. Tulevana kesänä betoniasemaa kuitenkin modernisoidaan huomattavasti, kun sinne asennetaan uusi, suurempi ja nopeampi sekä paremmin pölytiivis betonisekoitin. (Heinonen 2015.)



Kuvio 2. Betoniasema ja tarkempi näkymä laboratorion ovesta sisään

Yrityksen käynnistäessä uuden tehtaan, saadaan uusiin tiloihin suunniteltua betonilaboratorio alusta alkaen täyttämään moderniin betonilaboratorion vaatimukset. Betonilaboratoriossa pitää mahtua suorittamaan kaikki mittaukset ja määritykset omissa, niille varatussa työpisteissään ilman turhia nostoja tai siirtoja. Koska tilaa ovat suunnittelemassa henkilöt, jotka tulevat myös käyttämään tiloja päivittäin, on mittauslaitteiden ja työpisteiden sijoittelun lähtökohta hyvin käytännönläheinen. (Haverinen 2015.)

Uuden laboratoriotilan on suunniteltu olevan kooltaan 4x4 metriä. Tasot, säilytystilat sekä kalusteet ja mittalaitteet sijoitellaan siten, että sisälle mahtuu ajamaan vaikka betonikärryllä ja silti tilassa mahtuu työskentelemään väljästi. Tasojen, säilytystilojen ja laitteiden sijoittelu on suunniteltu loogiseksi toisiinsa nähden eri työvaiheet huomioon ottaen. Laitteet sijoitellaan mahdollisimman optimaaliselle käyttökorkeudelle ja ergonomisesti siten, että tarpeettomia nostoja tai siirtoja ei tarvitse tehdä. Työtasot tulevat 80 cm:n työskentelykorkeudelle, ylemmät säilytystasot 140 cm:n korkeudelle ja alemmat säilytystasot 30 cm:n korkeudelle siten, että työtason ja säilytystasojen väliin jää riittävästi tilaa korkeussuunnassa. (Telkkä 2015.)

Uuteen laboratorioon sijoitetaan myös kaappi ensiapuvälineille ja suojavausteille, joka sisältää lisäksi silmähuuhdelaitteet. Tuore betoni on vahvasti emäksisenä, pH noin 13 - 14, erittäin vaarallinen joutuessaan silmiin tai suoraan ihokontaktiin. Suojalasien ja -käsineiden käyttö sekä järkevä suojauskeutuminen on tärkeää tuoretta betonia käsiteltäessä. Suositeltavaa on käyttää nitrilikumipinnoitettuja suojakäsineitä ja housujenlahkeiden tulee olla suojakenkien varren päällä, lisäksi on erittäin suositeltavaa käyttää pitkähihaista työtakkia tai -paitaa. Pitkäaikainen ihon altistaminen tuoreelle betonille voi aiheuttaa palovamman kaltaisia ihomuutoksia. (Tietoa betonista suunnittelijalle/sementin valinta 2015; Ihmisen perusmitat 2015.)

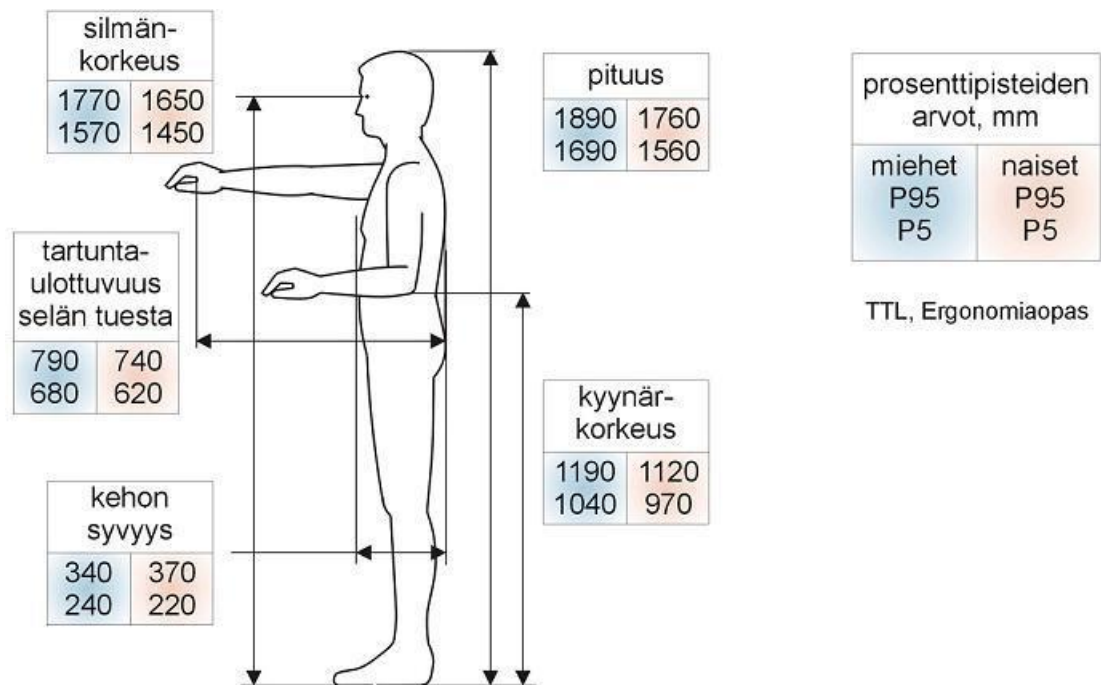
3.2 Tilojen mitoitus työergonomian kannalta

Työorganisaation ja työpaikkojen ergonomisen suunnittelun tavoitteena on ylimääräisen kuormituksen vähentäminen ergonomiia parantamalla. Työturvallisuuslaki edellyttää työnantajalta järkevää suunnittelua työmenetelmiä ja tiloja suunniteltaessa. Suunnittelussa otettiin huomioon myös terveydelliset ja turvallisuustekijät kuten työympäristön rakenteet ja työtilat, työ- tai tuotantomenetelmät, työssä käytettävät koneet, työvälineet ja muut laitteet, työntekijöiden työn suoritustapa ja sen mitoitus. (Työtilat ja työvälineet 2015; L 23.8.2002/738, 24§.)

Suunnittelussa tulee hyväksikäyttää työn riskiarvioinnissa saatuja tietoja ja pyrkiä vähentämään riskitekijöitä. Työpaikka pitäisi suunnitella muunneltavaksi, vastaamaan eri työntekijöiden tarpeita. Työtilan suunnittelussa ei pidä sortua käyttämään vain yhden ihmisen mielipiteitä, muuten tilasta voi tulla vain suunnittelijan kaltaiselle ihmistyyppille soveltuva ja muut joutuvat toimimaan väärin mitoitetuissa olosuhteissa. Työskentelytila sisältää kaikki laitteet, kalusteet ja apuvälineet. Näiden hyvä ja järkevä mitoitus sekä sijoittelu helpottavat ja tehostavat työskentelyä ja vähentävät työtapaturman riskiä. Ihmiselle on tärkeätä, että työtilan järjestelyt mahdollistavat hyvän työasennon, asennon vapaan vaihtamisen ja esteettömät työliikkeet. (Työtilat ja työvälineet 2015; L 23.8.2002/738, 12§.)

Työkohteen sijoittaminen siten, että vartalo ei joudu olemaan kumarassa tai kiertyneenä, on tärkeää jaksamisen kannalta. Työtilanteessa ei pidä myöskään joutua kurkottelemaan eikä kannattelemaan käsiä turhaan. Työtasojen korkeus määräytyy pääosin käsiteltävien esineiden koon ja painon mukaan. Suuria tai raskaita taakkoja on hyvä käsitellä seisten, jolloin työtaso jää reilusti alle kyynärtason ja nostoissa voidaan käyttää hyväksi koko vartalon lihaksia. (Työtilat ja työvälineet 2015.)

Työpisteen suunnittelussa yhtenä lähtökohdaksi ovat käyttäjien mitat. Kun työpisteellä on vain vähän käyttäjiä, voidaan työpiste mitoittaa paremmin heidän mittojensa mukaiseksi. On kuitenkin hyvä varautua myös erikokoisiin työntekijöihin. Kuviossa 3 on keskeisiä kehon mittoja miehillä ja naisilla. Kuvan mitat ovat suomalaisia tutkimuskeskiarvoja. Kuva on mitoituskuvaa eikä esitä hyvää työasentoa. Mitattaessa on vartalo suurimpaan pituuteen ojentautunut. Todellisessa rennossa työasennossa selän pituus lyhenee, ja siihen liittyen eräät mitat, esimerkiksi kyynärkorkeus pienenevät. Tämä on otettava huomioon tapauskohtaisesti. (Ihmisen perusmitat 2015.)



Kuvio 3. Ihmisen keskimääräisiä mittoja

3.3 Pohjakuva ja kalusteiden sijoittelu

Laboratorion pohjakuva (Ks. liite 2) on toteutettu paperille mittakaavassa 1:20, jotta sitä olisi mahdollisimman selkeä lukea. Pohjakuvasta selviää tasojen ja laitteiden sekä säilytysastioiden ja pesupaikkojen sijainti. Sähkö, vesi ja ilmapisteet on myös piirrettynä pohjakuvaan. Elektroniset laitteet, kuten tietokone,

tulostin ja kiviainesten kuivatusta varten oleva mikroaaltouuni, sijoitellaan kuvassa näkyvien pistorasioiden ja paineilmakäyttöiset laitteet paineilmapisteen läheisyyteen työtasoille. Tasojen tukevuus ja vaakasuoruus on erittäin tärkeä laboratorion ominaisuus. Materiaaliksi on valittu teräs, jotta pinnat olisivat mahdollisimman sileitä ja tarttumattomia sekä kestäisivät hyvin muottiöljyä ja muita kemikaaleja. Yleisvalaistukseksi tulee neljä kappaletta kaksiputkisia loisteputkivalaisimia ja tarpeen vaatiessa jälkeempään lisätään kohdevalaistusta. (Heinonen 2015; Telkkä 2015.)

Kemikaalisäilytykseen on suunniteltu kemikaaleja kestävästä materiaalista valmistettu Finnturva F60-KEM1 670 x 630 x 615 mm kokoinen kaappi. Kemikaalikaappi kiinnitetään seinään työtason päälle. Kaapissa säilytetään muun muassa soran puhtauskokeissa käytettävää natriumhydroksidia (NaOH) ja betonin käsittelyssä käytettävien välineiden pesuun tarkoitettua suolahappoa (HCl) sekä muita betonin jälkikäsittelyssä ja pesussa laboratoriossa tarvittavia kemikaaleja. (Heinonen 2015.)

3.4 Tarjouspyynnöt varusteluun

Uuden tehtaan laboratorioon hankitaan normien mukainen varustelu omatoimista betonimassan ja kovettuneen betonin testaamista varten. Testauslaitteet ostetaan tarjousten perusteella käyttäen kahden eri laitetoimittajan palveluita. Osa- ja kokonaistarjoukset päädyttiin pyytämään Semtu Oy:lta ja Testele Oy:lta. Laitetoimittajat eivät halunneet tarjouksiaan julkaistavaksi hintoineen opinnäytetyössä joten todetaan tarjousten olleen samaa hintaluokkaa. Kokonaishintaluokka on pelkästään laboratoriovälineiden osalta tuhansia euroja, eikä se sisällä koekappalepuristinta, joka siirretään vanhasta laboratoriosta aikanaan uuteen. Uuteen laboratorioon tullaan hankkimaan seuraavat laitteet ja välineet: perusseulasarja ja lisäseulasarja 1, seulasarjan ravistin, painuma-koekartio varusteineen, pieni sähkötäraysauva koekuutioiden ja ilmamäärämittarin täyttötärytykseen ja puristuskoekappaleiden valmistamiseen muovisia, paineilmalla purettavia 150 x 150 x 150 mm muotteja. (Heinonen 2015.)

Puristuskoekappaleiden säilytysastia ja laboratoriovälineiden pesuallas tullaan aikanaan tilaamaan Hitsausapulaite Oy:lta, joka valmistaa tarvittavat teräsrakenteet mittojen mukaan, materiaalina ruostumaton teräs, RST. Säilytysastian ja pesualtaan mitat (Ks. liite 3) lähetettiin suullisten neuvotteluiden jälkeen sähköpostitse Hitsausapulaite Oy:lle ja vastauksena saatu tarjouslaskelma (Ks. liite 4) on huomioitu budjettisuunnitelmassa. (Partanen 2015.)

4 Betonin raaka-aineiden määritykset

4.1 Kiviainesten rakeisuuden määrittäminen betoninvalmistuksessa

Kiviainestuotteet luokitellaan neljään pääryhmään: fillerikiviaines, hieno kiviaines, luonnon lajittama 0/8 ja karkea kiviaines. Filleri on kiviaineksista hienojakoisinta, sitä käytetään nimensä mukaisesti täytteenä karkeamman kiviaineksen kanssa. Hienoa kiviainesta, eli hiekkaa on kolmea kokoa (Ks. taulukko 1) ja niitä voidaan käyttää yhdistettynä tai erillisinä lajitteina tarpeen mukaan. Yleisesti on kuitenkin käytössä luonnon lajittama 0/8 mm, jota löytyy soraharjuista ympäri Suomea. Karkea kiviaines ei sisällä juuri lainkaan hienoainesta. (by43 Betonin kiviainekset 2008.)

Taulukko 1. Kiviainestuotteiden luokittelu (by43 Betonin kiviainekset 2008, 12)

Kiviainestuotteiden luokittelu	Nimellisrajat [mm]
Filleri	< 0,063
Hieno kiviaines	0/1, 0/2, 0/4
Luonnon lajittama 0/8	0/8
Karkea kiviaines	d/D (d<D, d≥2; D≥4)

Rakeisuuskäyrä määritetään seulomalla edustavat näytteet kaikista käytetyistä kiviaineslajikkeista vuorollaan. (Ks. liite 5). Kun kaikki eri kiviaineslajikkeet on seulottu, voidaan rakeisuuskäyrät yhdistää ja saadaan betonin suhteituk- sessa (Ks. liite 6) käytettävä kokonaisrakeisuusluku. (by43 Betonin kiviainek- set 2008.)

4.2 Kiviainesten kosteusmittaukset

Nykyisessä tehtaassa kiviaineskosteudet mitataan manuaalisesti normien edellyttämällä tiheydellä. Näytteet otetaan siloista betonin osa-aineiden an- nosteluvaiheessa, punnitaan, kuivataan, punnitaan ja lasketaan kosteus. (Ks. liite 7). Uuteen laboratorioon on suunniteltu käyttöönotettavaksi kiviainesten reaaliaikainen kosteusmittaus, jolloin laborantin ja myllärin käytettävissä on jatkuvasti ajantasainen tieto kiviainesten kosteudesta. Näin betonin vesi- sementtisuhte tulee olemaan nykyistä helpommin hallittavissa ja betonista saadaan tasalaatuisempaa, kun reseptien kokonaisvesimäärä pysyy parem- min kontrollissa. Reseptivesi pystytään pitämään riittävän alhaisena, eikä be- toni pääse missään vaiheessa nesteytymään liiasta vesimäärästä johtuen. (by43 Betonin kiviainekset 2008, 24; Telkkä 2015.)

4.3 Sementin valmistajan toimittamat arvot ja mittaustulosten kirjaaminen

Sementin tehtaalle toimittaa Finnsementti Oy. Paraisten tehtaalta tuleva Rapidsementti CEM II/A-LL 42,5 R on elementtibetonin valmistukseen hyvin sopiva nopean lujoudenkehityksensä ansiosta. Finnsementti ilmoittaa toimittamalleen sementille tarvittavat laadunseuranta-arvot. Suurin osa perustiedoista on vapaasti luettavissa Finnsementin internetsivuilta <http://www.finnsementti.fi/sementti/laatu/sementtistandardi>. Tarkemmat tiedot laadunvalvonnasta toimitetaan tilaajalle sähköpostitse. Tärkeimmät tehtaalla seurattavat laadunvalvonta-arvot ovat sementille tehtävien 7 vrk:n ja 28 vrk:n puristuslujuusmittausten tulokset. Jos näissä arvoissa on heittoa, voidaan niiden avulla jäljittää mahdollisia lopputuotteen lujusongelmia tehtaalla. Sementtiä on kahta tyyppiä CEM I 42,5 R ja CEM II/A 42,5 R. Sementtien välinen ero on lähinnä seosainemäärissä. CEM I saa sisältää korkeintaan 5 % ja CEM II/A 6 - 20 % seosaineita. Molempien sementtien pitää saavuttaa vähintään 42,5 MPa:n lujuus 28 vuorokauden iässä. (Sementtistandardi, 2015.)

Kaikki betonille tehtävät mittaukset kirjataan ylös, laboranteilla on omat muistivihkonsa, laboratoriossa on mittauspöytäkirjakansio ja tietokone. Kaikista mittaustuloksista tulee siis vähintään kaksi, usein jopa kolme merkintää, jolloin tulosten jäljitettävyyden pysyy hyvällä tasolla. Näiden dokumenttien lisäksi laatu-päällikkö pitää yhteenvetokirjanpitoa kaikista osa-aineiden, tuoreen betonin, kovettuneen betonin ja lopputuotteille tehtyjen mittausten ja määritysten tuloksista. Kaikkia mittauksia, niistä tehtyä kirjanpitoa ja tehtaan toimintaa yleisesti valvoo Inspecta, joka käy tekemässä tarkastuskäyntejä useamman kerran vuodessa.

5 Työohjeet ja menetelmät

5.1 Työohjeiden päivittäminen

Yksi opinnäytetyön tehtävistä oli saattaa tehtaassa betonilaboratorion työohjeisto nykyaikaiseen digitaaliseen muotoon laboratorion tietokoneelle. Useaan työohjeeseen löytyy tehtaalta valmista pohjamateriaalia, joiden pohjalta niiden päivittäminen on verrattain helppoa. Osa työohjeista tuli kuitenkin tehdä alusta alkaen, omaan työkokemukseen, käytäntöön ja betoninormiin perustuen. Työohjeiden tulee olla helppoja ymmärtää ja niitä seuraten tulee kenen vain pystyä tekemään tarvittavat mittaukset. (Heinonen 2015.)

5.2 Näytteenotto betonimassasta

Betonimassasta otetaan edustava näyte. Näytteen voi ottaa joko yksittäisnäytteenä tai yhdistettynä näytteenä. Näyte otetaan kuljetusastiasta keskimäärin annoksen puolivälistä betonoinnin suorittamisen yhteydessä. Näytteenottoa betonimassan/kuljetusastian reunoilta pyritään välttämään, koska kuljetusastian pohjalla tai reunoilla saattaa olla jäämiä vanhasta erästä. Näyte otetaan mahdollisuuksien mukaan joko ämpäreihin tai betonikärryyn (Ks. kuvio 4) ja kuljetetaan laboratorioon jatkokäsittelyä varten. Näytebetonin käsittelyn jälkeen voidaan määrityksistä ja koekuutioista ylijäänyt betonimassa joko jatko käyttää heikompijuuksista betonia sisältävään valuun tai valaa jätebetonipalkkiin, jos jatkokäyttö ei ole mahdollista. (Suoraman Elementti Oy, 2009-2013)



Kuvio 4. Edustava näyte betonimassasta laboratoriotutkimuksia varten.

5.3 Betonimassan määritykset

5.3.1 Ilmamäärämittaus ja tiheyden laskeminen

Säänkestävästä, eli huokostetusta betonista mitataan päivittäin ilmamäärä aina ensimmäisestä annoksesta, jossa huokostinta käytetään. Kun betonista on otettu edustava näyte, se kuljetetaan viipymättä laboratorioon tutkimuksia varten. Ilmamäärämittaus tehdään tarkoitukseen soveltuvalla ilmamäärämittarilla, TESTING Air-Entrainment Meter 5L. Ilmamäärämittari tulee kalibroida (Ks. liite 8) kahdesti vuodessa ja sen voi suorittaa omatoimisesti ilmamäärämittarin mukana toimitetun kalibrointiohjeen ja kalibrointivälineiden avulla. (by50 Betoninormit 2012.)

Varsinainen ilmamäärän mittaaminen (Ks. liite 9) on suorituksena seuraava: Hyvin öljytty ilmamäärämittarin paineastia täytetään betonilla joko sullomalla

tai täryä käyttäen, tasoitetaan pinta ja puhdistetaan roiskeet ja valumat pois. Tässä vaiheessa myös lasketaan betonimassan tiheys. Täytetty, tasoitettu ja puhdistettu astia punnitaan ja tulos syötetään Excel-taulukkoon, jossa on esiasetetut arvot astian massalle, sekä laskukaava, joka ilmoittaa betonin tiheyden kun punnitustulos syötetään. Tulos kirjataan muistiin. Betonimassan tiheyden laskemisen/mittaamisen jälkeen jatketaan ilmamäärän mittaamista. (Suoraman Elementti Oy, 2009-2013; by50 Betoninormit 2012.)

Mittarin astian päälle asetetaan kansi, joka kiristetään tiiviisti paikalleen. Kannen venttiileistä täytetään betonin pinnan ja astian kannen välinen tila vedellä ja pumpataan astiaan paine. Mittarin näyttämä korjataan noltaan ja suljetaan vesiventtiilit. Tämän jälkeen painetaan mittauspainiketta ja pidetään sitä painettuna noin 20 sekunnin ajan, jonka aikana mittarin viisari asettuu lopulliselle paikalleen (Ks. kuvio 5) näyttämään betonimassan ilmamäärää (Ks. liite 9). Huokostetun betonin ilmamäärä saa vaihdella välillä 4,5 – 8,0 % 50-vuoden käyttöikäen suunnitellulla betonilla, 100-vuoden käyttöikäen suunnitellulle betonille vaihteluväli on 5,0 – 7,5 %. (by50 Betoninormit 2012.)



Kuvio 5. Ilmamäärämittari, mittaustulos 4,6 %

5.3.2 Notkeuden ja lämpötilan mittaaminen

Betonin notkeus vaihtelee käyttökohteen mukaan. Suoraman Elementti Oy:n tehtaalla notkeus pyritään pitämään silmämääräisesti tasalaatuisena ja 160-210 mm:n välillä painumakokeella mitattuna. Painumakoe (Ks. liite 10) suoritetaan katkaistulla teräskartiolla, joka on 300 mm korkea, halkaisijaltaan yläpäästään 100 mm ja alapäästään 200 mm. Betonimassa täytetään lieriöön sullomistekniikalla, (Ks. kuvio 6) koska painumakoelieriötä ei voi täyttää täryttämällä. Kun betonimassa on sullottu lieriöön, nostetaan lieriö tasaisella nopeudella suoraan ylöspäin ja annetaan betonin painua. Betonin painuttua mitataan painuma-arvo. Mittaus suoritetaan koekartion pinnan tasolta betonin pintaan sulloinsauvaa ja teräsviivainta apuna käyttäen. (Iso-Mustajärvi 2008.)



Kuvio 6. Painumakoeartion täyttäminen sullomistekniikalla.

Tässä työvaiheessa betonista on helppo mitata myös lämpötila. Mittaus voidaan suorittaa joko betonin sisään työnnettävällä anturilla tai infrapunamittarilla. Suoraman Elementti Oy:n tehtaalla käytetään infrapunamittausta. Infrapunamittaus kannattaa suorittaa kahdesti, ensin betonin pinnasta ja lisäksi kaivamalla näyteastian pinnasta esiin tuore mittauspinta näytekauhan avulla. Betonin lämpötilan olisi hyvä pysyä välillä 18 – 26 °C tehdashalli olosuhteissa. Talvisin sekä prosessivettä että kiviaineksia lämmitetään tarvittaessa, sementtiä ei lämmitetä. Liian kylmä betonimassa aiheuttaa ongelmia sekä betonointivaiheessa erottumisena että seuraavana aamuna, kun valmiita betonielementtejä puretaan muoteista. Betonin kylmyys hidastaa sitoutumisreaktion käynnistymistä ja voi aiheuttaa laajamittaista kovettumattomuutta. Betonin heikko kovettuminen taas johtaa yleensä vähintään purkuvaurioihin tai jopa elementin laajamittaisempaan tuhoutumiseen. Vaurioituneen elementin korjaustyöt vievät paljon aikaa, eikä se ole taloudellisesti kannattavaa työtä. (by50 Betoninormit 2012; Iso-Mustajärvi 2008, 228, 241-242.)

5.3.3 Vesi-sementtisuhteen laskeminen

Betonin vesi-sementtisuhte on suure, joka pitää olla tiedossa. Kaikille tehtaalla valmistettaville betoneille on määritetty vesi-sementtisuhteen yläraja. Tämä suhdeluvun raja-arvo ei saa yksittäisessä määrityksessä ylittyä enempää kuin 0,02. Betonin vesi-sementtisuhte lasketaan (ks. kuvio 7) määritetyn sementtimäärän ja tehollisen vesimäärän perusteella. Tätä laskutoimitusta silmällä pitäen suoritetaan aiemmin käsitellyt kiviainesten kosteusmääritykset. Kun tiedetään kiviainesten kosteus, reseptivesi, lisävesi ja käytettyjen lisäainesten nestemäärä, saadaan laskettua tarkka vesi-sementtisuhte. Vesi-sementtisuhteen tunteminen on tärkeä, koska jos vesi-sementtisuhte on liian suuri, eli veden määrä ylittää raja-arvon, betonin lujuus heikkenee. (SFS-EN 206-1 +A1 + A2, 29.)

Redusoitu vesi-ilmasideainesuhde WAS lasketaan kaavasta

$$WAS = \frac{Q_{\text{vesi}} + 10 \cdot (a - 2)}{Q_{\text{sid}}}$$

jossa a on ilmamäärä (%).

Kuvio 7. Vesi-sementtisuhteen (vesi-ilmasideainesuhde) kaava. (Siltabetonien P-lukumenettely 2008.)

6 Pohdinta

Opinnäytetyön tarkoitus oli suunnitella ja toteuttaa Suoraman Elementti Oy:lle uusi moderni betonilaboratorio uuteen tehtaaseen sekä muuttaa laboratorion työohjeet sähköiseen muotoon ja päivittää niitä tarvittaessa. Suunnittelu lähti käyntiin erittäin hyvin: kaikki osapuolet olivat yhtä mieltä siitä, että nykyisen tehtaan laboratorio on erittäin ahdas ja vanhanaikainen. Lähtökohdaksi suunnittelulle otettiin isomman tilan edut sekä järkevän ja käytännöllisen kalusteiden ja välineiden sijoittelu siten, että kaikki laboratorion toiminnot voidaan suorittaa ilman ylimääräisiä tai turhia nostoja ja siirtoja.

Varsinaiseen pohjakuvan suunnitteluun sain melko vapaat kädet, ainoastaan tilan mitat on rajattu uuden tehtaan kantavien pylväiden sijoittelun mukaan. Uuden laboratoriotilan pohjapinta-alaksi muodostuu 16 m², maksimissaan käytävissä olevan tilan ollessa 4 x 4 m. Vanha laboratorio (ks. kuvio 1) on pohjapinta-alaltaan noin 6-7 m², muodoltaan pitkän mallinen ja kapea, jonka vuoksi tila on erittäin epäkäytännöllinen. Vanhaan laboratorioon ei pääse edes ajamaan sisään betonikärryillä saati, että siellä mahtuisi työskentelemään kärryn ympärillä, vaikka sisään pääsisikin. Tila on niin hankalan muotoinen, että keskimäärin 8 kg painavien koekuutioiden nostot on hankala suorittaa ergonomisesti.

Mielestäni uuden laboratorion suunnittelu onnistui erinomaisesti: uuden laboratorion pohjakuva on selkeä, tila on avara ja työpisteet ovat loogisilla paikoilla. Suunnittelussa perehdyin myös ihmisen mittoihin ja siihen, miten nostokorkeudet, kurkottelu tai kumartelu vaikuttaa työergonomiaan ja työssä jaksamiseen. Käytin tasojen, hyllyjen ja etäisyyksien suunnittelussa omia ulottuvuuksiani referenssinä sekä konsultoin kollegaani, joka on itseäni hivenen pienikokoisempi. Uskon, että mitoitus on kyseiseen työympäristöön soveltuva ja käytännöllinen eikä aiheuta ongelmia itseäni jonkin verran lyhemmille tai pidemmille henkilöille, jotka mahdollisesti tulevat tiloissa työskentelemään.

Uuden betonilaboratorion suunnittelu ja kalustaminen oli teorian tasolla helppoa, koska tiesin, miten itse haluaisin tilassa toimia ja myös laboratoriota käyttävä kollegani oli aivan samoilla linjoilla. Harmillisesti käytännön toteutus jäi tässä vaiheessa tekemättä, koska tehtaan rakennussuunnitelmat jouduttiin lykkäämään kauemmas tulevaisuuteen. Kaikki on suunniteltu ajatuksella valmiiksi, kalusteiden, säilytysastioiden, pesutilojen ja välineiden sijoittelua ei tarvitse enää lopullisessa rakennusvaiheessa miettiä. Betonilaboratorion rakennusvaiheessa riittää, että toteuttaa tämän opinnäytetyön mukaiset suunnitelmat ja asentaa kalusteet pohjakuvan mukaisesti.

Suunnitelman mukaisesti myös työohjeisto on siirretty sähköiseen muotoon ja päivitetty ajan tasalle vastaamaan sitä, mitä tällä hetkellä ja tulevaisuudessa laboratoriossa käytännössä tehdään. Työohjeiden päivittämisen pääasiallinen tarkoitus oli digitalisoida ohjeet ja päivittää ne selkokielisiksi, jotta kuka tahansa pystyisi ohjeen luettuaan, tai sitä seuraten, toteuttamaan kyseisen ohjeen mukaisen määrityksen. Tässä onnistuin saamani palautteen perusteella hyvin, ja työohjeet ovat riittävän yksinkertaiset.

Kokonaisuutena opinnäytetyön toteutus poikkesi jonkin verran alkuperäisestä suunnitelmasta. Alun perin painopisteen piti olla uuden betonilaboratorion suunnittelulla ja toteuttamisella, ja betonia rakennusmateriaalina oli tarkoitus käsitellä vain yleisellä tasolla. Minusta riippumattomista syistä betonilaboratorion toteuttaminen jäi nyt kuitenkin tekemättä. Työn sisältö käännettiin kesken kirjoitusprosessin käsittelemään laajemmin betonia. Työssä kerrotaan nyt betonin historiasta, betonista rakennusmateriaalina sekä syvennytään tarkemmin betonille ja sen raaka-aineille tehtäviin määrityksiin ja mittauksiin.

Lähteet

- Betonin historiaa. 2015. Betoni.com verkkosivusto. Viitattu 21.4.2015. <http://www.betoni.com/tietoa-betonista/betoni-ja-kestava-kehitys/betonin-historia>
- Betoni rakennusmateriaalina. 2015. Betoni.com verkkosivusto. Viitattu 21.4.2015. <http://www.betoni.com/tietoa-betonista/betoni-ja-kestava-kehitys/betoni-rakennusmateriaalina>
- by43 Betonin kiviainekset. 2008. Helsinki: Multiprint Oy. Suomen Betoniyhdistys r.y.
- by50 Betoninormit. 2012. Helsinki: Multiprint Oy. Suomen Betoniyhdistys r.y.
- Haverinen, M. 2015. Betonimylläri-laborantti. Suoraman Elementti Oy. Keskustelut, kevät 2015.
- Heinonen, T. 2015. Tehdaspäällikkö. Suoraman Elementti Oy. Palaverit, kevät 2015.
- Ihmisen perusmitat. 2015. Työterveyslaitoksen verkkosivut. Viitattu 24.4.2015. http://www.ttl.fi/fi/ergonomia/tyon_fyysisia_kuormitustekijoita/mitoitus/sivut/default.aspx.
- Iso-Mustajärvi, P. 2008, RTEK-3140 Betonitekniikka. Tampereen Teknillinen Yliopisto. Rakennetekniikan laitos.
- L 23.8.2002/738. 12§. Työympäristön suunnittelu. Viitattu 24.4.2015. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738#a738-2002>.
- L 23.8.2002/738. 24§. Työpisteen ergonomia, työasennot ja työliikkeet. Viitattu 24.4.2015. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738#a738-2002>.
- Partanen, S. 2015. Toimitusjohtaja. Hitsausapulaite Oy. Neuvottelut, kevät 2015.
- SFS-EN 206-1 +A1 + A2. 2000. Suomen Standardisoimisliitto SFS RY. Betoni. Osa 1: Määrittely, ominaisuudet, valmistus ja vaatimuksenmukaisuus.
- SFS-KÄSIKIRJA 133. 2010. Suomen Standardisoimisliitto SFS RY. CE-merkintä. Perustiedot. 7. painos.
- Sementtistandardi. 2015. Finnsementti Oy:n verkkosivusto. Viitattu 26.2.2015. <http://www.finnsementti.fi/sementti/laatu/sementtistandardi>
- Siltabetonien P-lukumenettely. 2008. Tiehallinnon verkkosivusto. Viitattu 4.5.2015. http://alk.tiehallinto.fi/sillat/julkaisut/siltabetonien_p-lukumenettely_10062008.pdf
- Suoraman Elementti Oy, vanhat työohjeet. 2009-2013.
- Telkkä, P. 2015. Rakennuspäällikkö. Suoraman Elementti Oy. Palaverit, kevät 2015.
- Tietoa betonista suunnittelijalle/sementin valinta. 2015. Finnsementti Oy:n verkkosivusto. Viitattu 26.4.2015. [Http://www.finnsementti.fi/tietoa-betonista/tietoa-betonista-suunnittelijalle/sementin-valinta](http://www.finnsementti.fi/tietoa-betonista/tietoa-betonista-suunnittelijalle/sementin-valinta).
- Työtilat ja työvälineet. 2015. Työturvallisuuskeskus TKK:n verkkosivut. Viitattu 24.4.2015. http://www.tyoturva.fi/tyosuojelu/fyysinen_tyokuormitus/tyotilat_ja_tyovalineet.

Liitteet

Liite 1. Työohjeet, humuspitoisuuden määrittäminen

HUMUSPITOISUUDEN MÄÄRITYS NATRIUMHYDROKSIDI -menetelmällä

Koe soveltuu lähinnä karkearakeisille maalajeille. Menetelmää käytetään esim. betonisoran kelpoisuuden määrittämiseen. Riittävä näytemäärä on noin 0,5 - 2,0 kg.

Tarvittavat välineet:

- värittömiä lasipulloja
- natriumhydroksidia (NaOH)
- väritaulukko

Kokeen suoritus ja tulokset

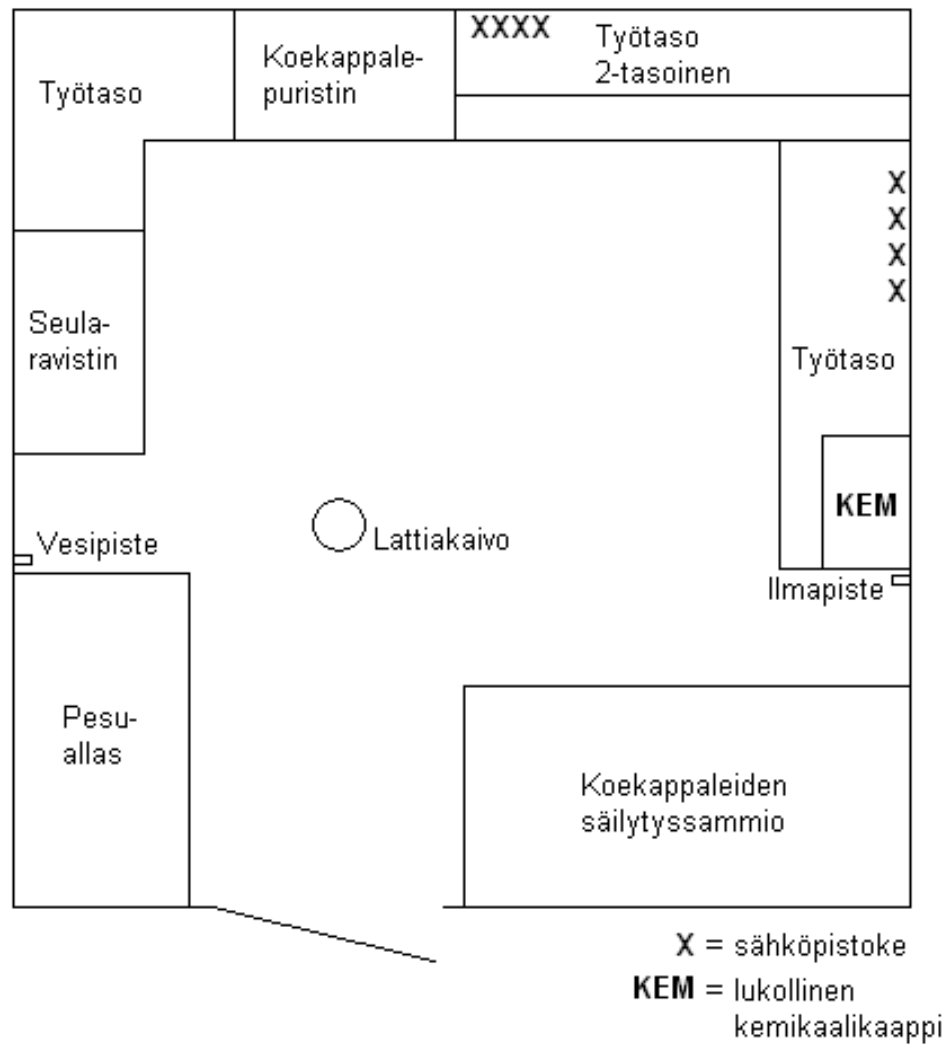
Näyte kaadetaan lasipulloon n. 50 mm paksuiseksi kerrokseksi. Pulloon lisätään 3-prosenttista natriumhydroksidiliuosta kunnes liuoksen pinta on n. 80 mm pullon pohjasta. Seosta sekoitetaan voimakkaasti ja sen annetaan seistä vuorokauden ajan.

Vuorokauden kuluttua määritetään liuoksen humuspitoisuus värin perusteella oheisen taulukon mukaisesti. Jos liuoksen väri menee II -pitoisuuden puolelle tai vielä tummemmaksi, tuote ei ole soveltuvaa betonin kiviainekseksi.

Humuspitoisuus	Liuoksen väri
0	väritön
I	vaalean keltainen
II	punakeltainen
III	vaalean ruskea
IV	tumman ruskea / punertava

Liite 2. Laboratorion pohjakuva

Suoraman Elementti Oy, laboratorion pohjakuva.
 Mittasuhteet oikein, mittakaava ei.
 Tilan koko 4,0 x 4,0 m



Liite 3. Tarjouspyyntö säilytysastiasta ja pesualtaasta

Hitsausapulaite Oy:lle lähetettiin seuraavat tiedot tarjouslaskelmaa varten:

Pesuallas:

Leveys, 1500mm

Syvyys, 800mm

Laidan korkeus, 400mm

Jalat, 300mm

- kantattu/pyöristetty yläreuna, ettei jää teräväksi
- pohjassa vedenpoisto, reiän halkaisija vähintään 100mm, ritilällä

Koekappaleiden säilytysastia:

Leveys, 2000mm

Syvyys, 1000mm

Korkeus, 600mm

Jalat, 100mm

- kansi, saranoitu pitkältä sivulta, kahvallinen
- pohjassa vedenpoisto, tulpattava
- muhvi lämmityselementin sijoittamista varten toisessa päädyssä

Liite 4. Hitsausapulaite Oy, tarjous teräsvalmisteista

Vastaus tarjouspyyntöön pesualtaasta ja säilytysastiasta.

- Tarjouspyynnössä mitoitettujen kahden altaan materiaalikustannukset valmistettuna 2,5 mm vahvuisesta RST -levystä, noin 2400 € (mustasta raudasta n. 600 €)
- Valmistusaika noin 30 - 40 tuntia, jolloin työn osuus noin 1200 - 1600 €
- Hinnassa ei ole huomioitu lämmityselementtiä.

Sami Partanen
Toimitusjohtaja
Hitsausapulaite Oy
www.haloy.fi

Liite 5. Työohjeet, kiviainesten seulonta

KIVIAINESTEN SEULONTA

Haetaan kutakin lajiketta edustava näyte, joko varastokasasta tai sillosta.

Punnitaan märkä näyte ja kuivatetaan uunikuivaksi.

Uunikuiva näyte punnitaan, kaadetaan punnitusastiasta seulasarjan yläosaan ja asetetaan seulasarja ravistimeen.

Säädetään riittävä ravistelu-aika tai merkataan aloitusaika ylös jos ravistimessa ei ole ajastinta.

Kun ravistelujakso on päättynyt, puretaan seulasarja ja punnitaan kullekin seulalle jäänyt kiviaines.

Kukin punnitustulos merkataan laskukaavaan omalle kohdalleen ja lasketaan rakeisuusluku, samalla kaavio laskee kosteusprosentin



Liite 6. Esimerkkisuhteitus

Tässä kuvan taulukossa näkyvät seulontatulokset, kiviainesten yhdistäminen, kokonaisrakeisuusluvun (H) laskeminen, sekä yhdistettyjen kiviainesten rakeisuuskäyrä kuvaajasta.

Esimerkkibetonina K30-2, huokostamaton perus betonimassa.

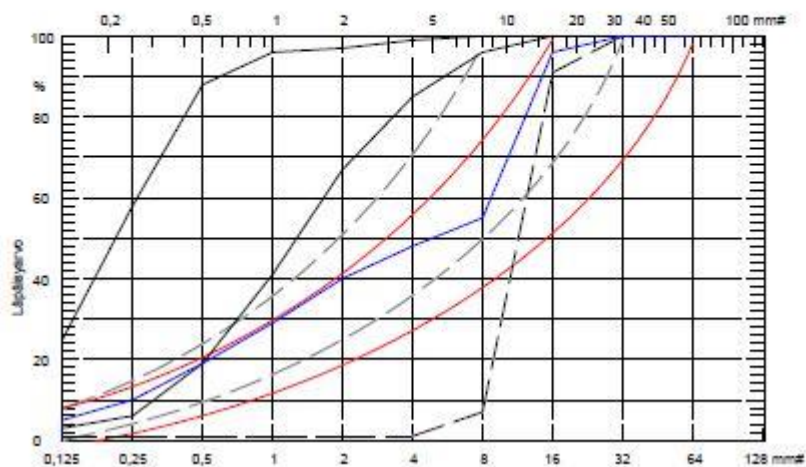
BETONIN KOOSTUMUS

No _____

Rakentaja	Eero Honkala		Rakennusyritys	Opinnäytetyö	
Rakennusosat	Esimerkkisuhteitus				
Betonin luokkia ja nimellisuutta	K30-2	Sementti	rapid	Suutin rakekoko #	16
Tavoitelujuu M ³ /m ³	36	Tavoitelujuu	210-150mm	Sepelli %	46
Suhteellisuus M ³ /m ³	36	(Vesi+limes)	sementtisuhte	Rakeisuusluku H	501
			0,66	Annostus % sem. painosta	
				limatearä d _{0,125}	20

Kivirekät	Huuha	Liete	Rakeisuus										H
			0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	16	32	64	
a) Fillet	1	0,0	25,1	58,1	87,5	95,5	97,3	98,8	99,7	100,0	100,0	100,0	862
b) 0-8	1	0,0	2,8	5,7	18,6	40,9	66,5	85,1	95,7	100,0	100,0	100,0	615
c) 8-16	1	0,0	0,8	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	6,6	90,6	100,0	100,0	303
d)													
e)													
Kivirekälän yhdistäminen	a	12 %	3,0	7,0	10,5	11,5	11,7	11,9	12,0	12,0	12,0	12,0	103
	b	42 %	1,2	2,4	7,8	17,2	27,9	35,7	40,2	42,0	42,0	42,0	258
	c	46 %	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	3,0	41,7	46,0	46,0	139
	d	%											
Yhteisty kivaines	a	%											
			4,6	9,8	18,7	29,1	40,1	48,1	55,2	95,7	100,0	100,0	501

Aineosat	Suhteellisuus				Kivirekälän vesipitoisuus				Työseos	ANNOS		
	kg/m ³ (d _{0,125})	%	d _{0,125}	Kiintoisuus Mg/m ³	kg/m ³	kokonais %	absorboitunut %	vesiä %			vesiä kg	
Sementti	360 (116)		116	3,10	361,0					361,0	361,0	
Kivaines		a	12	77	2,63	203,4	1,0	0,3	0,7	1,4	204,8	204,8
		b	42	270	2,64	714,5	1,0	0,5	0,5	3,6	718,1	718,1
		c	46	296	2,67	791,5	1,0	0,5	0,5	4,0	795,4	795,4
		d										
Vesi	220		220	1,000	220,0				9,0	211,0	211,0	
limes	(20)		20									
Yhteensä	2307		1000		2290,3					2290,3	2290,3	



Liite 7. Työohjeet, vesipitoisuuden määrittäminen

VESIPITOISUUDEN MÄÄRITYS

Vesipitoisuudella tarkoitetaan kiviaineksessa olevan veden ja kiviaineksen massojen suhdetta.

Tutkittava näyte laitetaan mikroaaltouuninkestävään astiaan ja punnitaan 0,1 gramman tarkkuudella.

Näytettä kuivataan mikroaaltouunissa täydellä teholla 10 minuuttia, jonka jälkeen näyte punnitaan.

Jos ei olla varmoja siitä että näyte on täysin kuivunut, laitetaan näyte uudelleen mikroaaltouuniin yhdeksi minuutiksi jonka jälkeen se punnitaan uudelleen.

Näytettä voidaan pitää kuivana, kun sen paino ei muutu yli 0,1 % punnitusten välillä.

Vaaka ei pidä kuumasta: muista laittaa paksu vanerilevy kuuman astian ja punnituslevyn väliin!

Vesipitoisuus ilmoitetaan painoprosentteina kuivapainosta.

veden massa

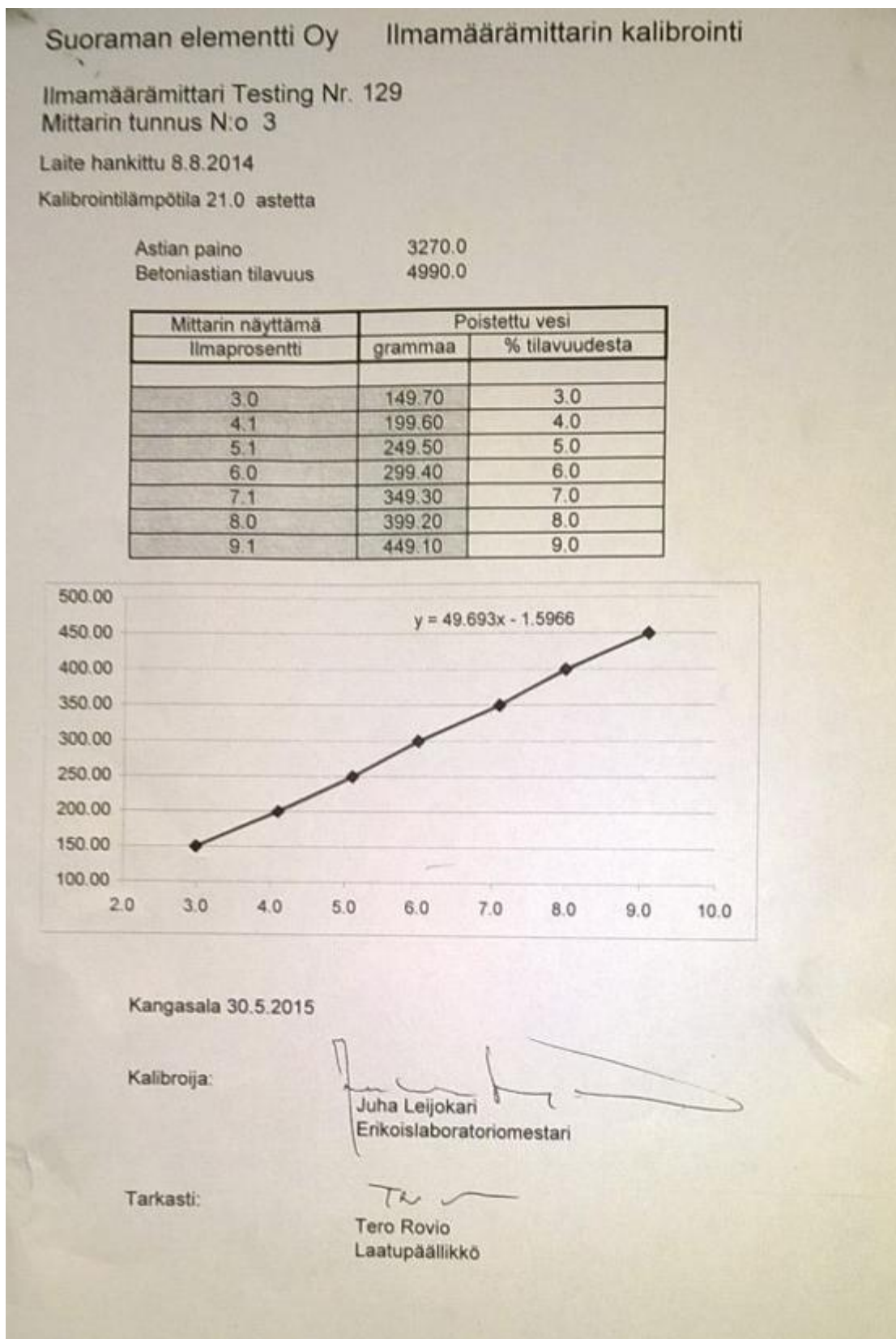
Vesipitoisuus % = 100 x -----

kuivan näytteen massa

Sopiva näytemäärä vesipitoisuutta määritettäessä:

Lajite	Näytemäärä g
Filleri	100
0-8	200
8-16	500

Liite 8. Ilmamäärämittarin kalibrointitodistus



Liite 9. Työohjeet, ilmamäärämittarin käyttö

ILMAMÄÄRÄMITTARIN KÄYTTÖOHJE

Punnitse tyhjä astia ja merkitse paino muistiin.

Täytä astia betonilla ja täytä. Voit käyttää myös täyttökaulusta, joka on lisävaruste.

Tasaa betonipinta astian reunojen tasalle metallilastalla tai vastaavalla.

Punnitse täysinäinen astia, vähennä tyhjän astian paino ja laske betonin tiheys.

Pyyhi astian reunat kankaalla puhtaaksi betonista.

Aseta kansiosa astian päälle ja lukitse se paikoilleen pikakiinnikkeillä.

Avaa sulkuventtiilit kääntämällä venttiilin vivut ylöspäin. Ruiskuta venttiilin kautta vettä astiaan, kunnes vettä valuu vastakkaisesta venttiilistä eikä vedessä ole enää ilmakuplia.

Vapauta ilmapumppu kiertämällä nuppia vastapäivään ja pumpkaa kunnes manometrin osoitin on n. 10 mm yli punaisen säätömerkin. Paina sen jälkeen mustaa hienosäätöventtiilin nappia kunnes manometrin osoitin on täsmälleen punaisen säätömerkin ylärajalla (0 -kompensaatiomerkki).

Sulje sulkuventtiilit.

Testaus alkaa 0 -kompensaatiomerkestä. Paina vihreätä testausnappia noin 20 sekuntia, kunnes manometrin osoitin ei enää liiku. (Napauta manometrin lasia varmistaaksesi, että osoitin on pysähtynyt.)

HUOM! tässä vaiheessa ei saa painaa hienosäätöventtiilin nappia, ettei laite imaise sisään likaista vettä ja sementtiliimaa. **HUOM!**

Manometri näyttää nyt ilmamäärän suoraan prosentteina.

Avaa hitaasti sulkuventtiilit.

Irrota kansiosa, päästä loppu ilma ulos mittarista painamalla vihreää testausnappia ja tyhjennä astia. Puhdista ja kuivaa kaikki osat huolellisesti.



Liite 10. Työohjeet, painumamittarin käyttöohje

PAINUMAMITTARIN KÄYTTÖOHJE

1. Asetetaan painumakoe kartio alustalleen, alustan keskelle.
2. Asetetaan kartion päälle täyttösuppilo.
3. Täytetään painumakoe kartio kolmessa yhtä paksussa kerroksessa näytekauhaa ja sulloin sauvaa käyttäen.
 - sulloimen iskut eivät saa osua pohjalevyyn.
 - iskujen pitää suuntautua kartion reunoilla reunan suuntaisesti ja keskiosassa suoraan.
 - ylemmissä kerroksissa sulloin sauva ei saa painua liikaa alempaan kerrokseen.
 - ylintä kerrosta sulloessa täyttösuppilossa pitää olla betonia yli kartion yläreunan.
 - kutakin kerrosta isketään sulloimella 25 kertaa.
4. Kun painumakoe kartio on täytetty, nostetaan kartio tasaisella nopeudella suoraan ylöspäin ja annetaan betonin painua kasaan.
5. Asetetaan painumakoe kartio alustalle, painuneen betonimassan viereen.
6. Suoritetaan mittaus sulloin sauvaa ja teräsviivainta apuna käyttäen koekartion yläpinnan tasolta alaspäin painuneen betonin yläpintaan.
7. Kirjaa mittaustulos mittauspöytäkirjaan ja ilmoita tulos betonimyllärille.
8. Puhdista ja kuivaa mittavälineet huolellisesti mittauksen jälkeen.

