

Opinnäytetyö (AMK)

Rakennustekniikka

Kiinteistöjohtaminen

2010

Mikko Yrtti

# YMPÄRISTÖBETONITUOTTEIDEN LAADUNVALVONNAN KEHITTÄMINEN



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU  
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

# OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikan ko. | Kiinteistöjohtaminen

Toukokuu 2010 | 58

Ohjaaja: Maarit Järvinen

Mikko Yrtti

## YMPÄRISTÖBETONITUOTTEIDEN LAADUNVALVONNAN KEHITTÄMINEN

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli ympäristöbetonituotteiden laadunvalvonnan kehittäminen Betonilaatta Oy:ssä. Betonilaatan tavoitteena on kehittää omaa laadunvalvontaa ja päästä Inspectan sertifioidun laadunvalvonnan piiriin, joka tulee olemaan tulevaisuudessa, ja on osittain jo nykyään, monien tilaajien vaatimuksena. Sertifiointin hyväksynnän jälkeen yrityksellä on oikeus käyttää tuotesertifiointimerkkiä.

Opinnäytetyössä tutkittiin tuotteiden, koneiden, tilojen sekä organisaation kehityskohteita laadun parantamiseksi, jotta sertifikaattia on mahdollista hakea. Tuotteiden osalta laadunvalvonnassa tarkasteltiin vain betonisia päällystekiviä, päällystelaattoja sekä reunatukia. Muita kuin edellä mainittuja tuotteita ei oteta huomioon SFS-EN-standardeissa, joiden mukaan ja ohjeistuksilla kaikki tuotteiden testaukset ja mittaukset tehdään.

Työssä käytettiin menetelminä tutkimuksia, haastatteluja ja internetlähteitä. Tehtäisiin tehtiin vierailuja, joiden aikana seurattiin tuotteen tekoprosessia sekä tutustuttiin laitteisiin ja tiloihin.

Työn tuloksina voidaan pitää ympäristöbetonituotteiden laadunvalvontaan liittyvien asioiden kokoamista ja tutkimista, sekä kehityskohteiden esittämistä. Myös laadunvalvonnan parantamiseen tarvittavat keinot on listattu.

### ASIASANAT:

laadunvalvonta, laadunhallinta, pihalaatta, pihakivi, ympäristöbetonituotteet

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Civil Engineering | Real estate management

May 2010 | 58

Instructor: Maarit Järvinen

Mikko Yrtti

## DEVELOPMENT OF QUALITY CONTROL OF CONCRETE PRODUCTS

The purpose of this thesis was to study and improve the quality control and development of prefabricated concrete products in the corporation Betonilaatta. The company's goal was to develop their own quality control and to be approved by Inspecta certified quality control, which in the future will be, and partly already is required by many customers. After approval of certification, the company has the right to use product certification marking.

In this thesis products, machinery, facilities and organization were studied to develop the company's quality control. All this was done to enable applying for Inspecta's certification. Product testing was limited to concrete paving blocks, concrete paving flags and kerb units. Only these products are considered when applying for the certification.

The methods of this study included surveys, interviews and Internet searches. Factories were visited and the production procedure, facilities and machinery were followed and observed.

As a result of this study issues relating to the quality control of concrete products were compiled and studied and targets for development were proposed. Also suggested means for improving quality control were presented.

### KEYWORDS:

quality control, quality management, concrete paving blocks, concrete paving flags

# SISÄLTÖ

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>5</b>
<b>2 LAADUNVALVONTA</b>	<b>7</b>
<b>3 YMPÄRISTÖBETONITUOTTEET</b>	<b>9</b>
3.1 Betonikivet	9
3.2 Betonilaatat	10
3.3 Betoniset reunatuet	11
3.4 Tuotteiden ominaisuudet	12
<b>4 SERTIFIOINTI</b>	<b>13</b>
4.1 Alkutarkastus	13
4.2 Tyypitestaus	13
4.3 Vaatimukset valmistajan laadunvarmistukseen	14
4.4 Tarkastuskäynnit ja ulkoinen tuotetestaus	14
4.5 Sertifiointipäätös	15
<b>5 YMPÄRISTÖBETONITUOTTEIDEN VAATIMUKSET</b>	<b>16</b>
<b>JATESTAUSMENETELMÄT</b>	
5.1 Tuotteiden materiaalivaatimukset	16
5.2 Tuotteiden toiminnalliset vaatimukset	16
5.3 Visuaaliset ominaisuudet	16
5.4 Muoto ja mitat	17
5.5 Fysikaaliset ja mekaaniset ominaisuudet	18
5.6 Kulutuskestävyys	18
5.7 Säänkestävyys	19
<b>6 LAADUNVALVONTA BETONILAATASSA</b>	<b>20</b>
6.1 Lähtötilanne	23
6.2 Tavoitetila	24
6.3 Keinot tavoitetilaan	25

<b>7 TUOTANTO</b>	<b>28</b>
7.1 Koneiden ja laitteiden huolto	28
7.2 Massan valmistus	29
7.2.1 Sideaineet	29
7.2.2 Runkoaineet	30
7.2.3 Vesi	31
7.2.4 Lisäaineet	31
7.3 Reseptit	32
7.3.1 Esimerkki reseptien testauksesta	32
7.4 Tuotantoprosessi	38
7.5 Tuotteiden jälkihoito	45
7.5.1 Tuotteiden peittäminen	45
7.5.2 Tuotteiden kastelu/kostutus	46
7.5.3 Kovettumislämpötila (olosuhteet)	46
<b>8 TULEVAISUUS</b>	<b>48</b>
8.1 Haasteet laadunvalvonnan suhteen	48
8.2 Haasteet ympäristön suhteen	49
<b>9 JOHTOPÄÄTÖKSET</b>	<b>51</b>
<b>10 YHTEENVETO</b>	<b>54</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>55</b>
<b>LIITTEET</b>	
Liite 1. Betonisten päällystekivien lujuusvaatimukset	57
Liite 2. Betonisten päällystelaattojen lujuusvaatimukset	57
Liite 3. Betonisten reunatukien lujuusvaatimukset	58

# 1 Johdanto

Betonilaatta Oy on turkulainen ympäristöbetonituotteita valmistaja yritys. Yrityksellä on käytössä kaksi tehdasta, jotka molemmat sijaitsevat Turussa. Tehtaat ovat nykyaikaisia ja toiminta on hyvin pitkälti automatisoitua. Betonilaatta on perustettu vuonna 1939 ja on ollut koko ajan perustajasuvun omistuksessa.

Tuotevalikoimassaan yrityksellä on useita erilaisia betonisia kiviä, laattoja, reunatukia, muurikiviä sekä muita ympäristöbetonituotteita, kuten pyörätelineitä ja liikenne-esteitä.

Betonilaatan tavoitteena on kehittää omaa laadunvalvontaa ja päästä sertifioitua laadunvalvonnan piiriin, joka tulee olemaan tulevaisuudessa ja osittain jo nykyään monien tilaajien vaatimuksena. Sertifioitua laadunvalvonnan piiriin pääsemiseksi on tuotteiden laadun tason ja tästä johtuen myös sisäisen laadunvalvonnan täytettävä tietyt vaatimukset. Sertifiointin hyväksynnän jälkeen yrityksellä on oikeus käyttää tuotteissaan tuotesertifiointista kertovaa merkintää.

Laadunvalvonnan kehittäminen on yritykselle suuri investointi, mutta laadun lisäksi se myös selkeyttää toimintaa ja muuttaa sitä ohjatummaksi parantaen myös työturvallisuutta sekä viihtyvyyttä entisestään. Kokonaisuuden parantuminen parantaa jossain vaiheessa parantamaan myös yrityksen tulosta.

Oman laadunvalvonnan kehittämistä tehdään ulkopuolisen laadunvalvonnan avulla, tuotetestauksilla, uusien laitteiden investoinneilla, henkilöstön koulutuksella sekä selkeytetyillä toimintamalleilla ja toiminnan tehostamisella.

Tuotteiden osalta laadunvalvonnassa tarkastellaan vain betonisia päällystekiviä, betonisia päällystelaattoja sekä betonisia reunatukia. Muita kuin edellä mainittuja tuotteita ei ole otettu huomioon SFS-EN standardeissa, joiden mukaan ja ohjeistuksilla kaikki tuotteiden testaukset ja mittaukset tehdään.

Työn tavoitteena oli kehittää ympäristöbetonituotteiden laadunvalvontaa ja ensisijaisesti löytää keinot laadun parantamiseen. Organisaation toimintaa oli myös tarkoitus tarkastella, koska se vaikuttaa suoraan laatuun. Keinojen etsimiseen laadunvalvonnan parantamiseksi tehtiin useita haastatteluja, kirjallisuustutkimuksia sekä vierailuja tehtaissa, joissa seurattiin tuotteen tekoprosesseja.

## 2 Laadunvalvonta

Laadun perusajatuksena voidaan pitää tuotteen laadun soveltuvuutta asiakkaan tarpeisiin ja odotuksiin, sekä niiden täyttymistä. Onko tuote laadukas, jos asiakkaan odotukset tuotteelle eivät täyty, vaikka kirjatut vaatimukset täyttyvät? Laatu nähdään aina subjektiivisena käsitteenä, joten jokainen kokee sen eri tavoin. Laatua on siis erittäin vaikea yksiselitteisesti määritellä. (Kookas 2010)

Laadunvalvonta muodostuu laadun seurannasta, toiminnan ohjeistamisesta ja laadun kehittämisestä. Laadunvalvonnan kehittymistä pystytään seuraamaan yrityksen prosessien kautta. (Documenta 2010)

Laadunvalvonta on järjestelmänä toimintajärjestelmä, jossa jo organisaatiossa olevat ja siihen liittyvät toiminnot vaikuttavat tuotteiden ja palveluiden laatuun. Se on järjestelmällinen tapa toteuttaa yrityksen tavoitteet laadun suhteen. Käytännössä se tarkoittaa yrityksessä olevaa organisaatorakenteen, toimintaprosessien, menettelyjen ja resurssien muodostamaa kokonaisuutta ja sen tehokasta johtamista. (Documenta 2010)

Jos tavoitteet eivät toteudu, on työskentelytapoja muutettava tai ryhdyttävä tekemään töitä, joita ei ole aikaisemmin tehty. On myös mietittävä sitä, millä töillä on merkitystä tavoitteiden toteutumisessa ja mitä töitä voi mahdollisesti karsia. Yhtä tärkeää kuin tehdä työt oikein on varmistaa, että tehdään oikeita töitä. (Agronet 2010)

Kun toimintakokonaisuudet on selkeytetty, voidaan keskittyä yksittäisiin työtehtäviin ja niiden suoritustapaan. Tässä vaiheessa kaikkien työntekijöiden tulee olla mukana ainakin omien työtehtäviensä osalta. Yhteisvoimin varmistetaan, että kaikilla on sama käsitys siitä, mitä tehdään, miten tehdään ja miksi tehdään. (Agronet 2010)

Laadunvalvontajärjestelmän rakentaminen ei saa olla itsetarkoitus, vaan tavoitteena pitää olla toiminnan selkeyttäminen, parempi asiakasvaatimusten täyttäminen ja organisaation tehokkuuden paraneminen. Laadunvalvonnan



avulla yritys pystyy vakuuttamaan yhteistyökumppanit korkeasta laadun tasosta.  
(Documenta Oy 2010, Suomen standardisoimisliitto 2010)

### 3 Ympäristöbetonituotteet

Ympäristöbetonituotteiksi kutsutaan pihan ja kulkuväylien pinnoitukseen ja kalustamiseen käytettäviä betonikiviä, betonilaattoja, reunatukia, sekä muita betonisia kalusteita ja erikoistuotteita. Ympäristöbetonituotteet ovat kestäviä, ja Suomessa tehdyt tuotteet on suunniteltu erityisesti Suomen vaativiin olosuhteisiin. (Betoniteollisuus ry 2010; Lahti 2010, 1 )

#### 3.1 Betonikivet

Betonikivien yleisimmät paksuudet ovat 60 mm ja 80 mm, ja ne jaetaan muodon perusteella suorakaidekiviin ja reunaprofiloituihin kiviin. Reunaprofiloiduista kivistä käytetään myös nimitystä sidekivi, sillä niiden reuna on muotoiltu kivien keskinäisen lukkiutumisen ja siten päällysteen kantokyvyn parantamiseksi. (Betoniteollisuus ry 2010)



Kuva 1. Betonikivi, Classic kivisarja

Betonikiven perusväri on harmaa, mutta niitä valmistetaan väripigmentillä sävytettynä. Yleisiä värisävyjä ovat punainen, ruskea, musta ja keltainen. Sävytetyt kivet voivat olla joko pintavärjättyjä tai läpivärjättyjä.

Betonikivet valmistetaan standardin SFS-EN 1338, Betoniset päällystekivet. Vaatimukset ja testausmenetelmät, mukaan.

### 3.2 Betonilaatat

Betonilaattojen paksuudet vaihtelevat välillä 40-80 mm ja tavallisimmat laattakoot ovat 300x300 mm ja 600x600 mm välillä.



Kuva 2. Betonilaatta, 300\*300\*70

Laattojen pintakäsittelyvaihtoehdot ovat sileä muottipinta, pesubetoni- tai hiekkapuhallettu pinta ja erilaisilla kuvioinneilla elävöitettyt pinnat. Betonipintaisten laattojen väri vaihtoehdot ovat samat kuin betonikivillä. (Betoniteollisuus ry 2010)

Laatat valmistetaan standardin SFS-EN 1339, Betoniset päällystelaatat, Vaatimukset ja testausmenetelmät, mukaan.

### 3.3 Betoniset reunatuet

Reunatuki on tarkoitettu tukemaan ja rajaamaan jalkakäytävien ja ajoradalla sijaitsevien korokkeiden reunoja. Reunatuet joutuvat alttiiksi liikenteen ja kunnossapitokaluston aiheuttamille sysäyskuormille ja kulutukselle. Reunatuen tehtävänä on ohjata pintavesien virtauksia ja estää virtausten aiheuttamaa eroosiota. Reunatukia käytetään myös estämään kiveyksen vapaan reunan purkautuminen, esimerkiksi kiveyksen rajoittuessa viheralueeseen. (Betoniteollisuus ry 2010)



Kuva 3. Betoninen reunatuki, liimattava

Reunatukien perusväri on harmaa muottipinta, mutta niitä voidaan tehdä myös värillisinä tai näkyviltä osiltaan pesubetonipintaisina. Reunatukien pituus, poikkileikkauksen muoto ja koko vaihtelevat käyttökohteen mukaan. Kiinnitystavan mukaan reunatuet ovat joko upotettavia tai liimattavia. (Betoniteollisuus ry 2010)

Reunatuet valmistetaan standardin SFS-EN 1340, Betoniset reunatuet, Vaatimukset ja testausmenetelmät, mukaan.

### 3.4 Ympäristöbetonituotteiden ominaisuuksia

- hyvä kantavuus ja joustavuus alustan muodonmuutoksille
- kestävä ja pitkäikäinen
- runsas muoto-, pintarakenne- ja värivalikoima sekä runsaasti erilaisia ladonta- ja kuviointimahdollisuuksia
- betonituotteita voidaan helposti yhdistää myös muiden materiaalien esimerkiksi luonnonkiven kanssa
- hyvät kitkaominaisuudet myös talvella
- kierrätettävä
- suurilla pinnoilla mahdollisuus koneasennukseen
- purettu, ehjä kiveys voidaan käyttää uudelleen

(Betoniteollisuus ry 2010)

## 4 Sertifiointi

Sertifiointin tarkoituksena on antaa ulkopuolisen ja riippumattoman osapuolen todistus siitä, että tuotteet ja laadunvalvonta täyttävät SFS-EN standardien mukaiset vaatimukset. Ulkopuolisena osapuolena toimii Inspecta, joka on kansainvälisesti tunnustettu sertifiointi- ja laaduntarkastusorganisaatio. Inspecta tarjoaa ulkopuolisen asiantuntijan arvion siitä, kuinka hyvin yritys pystyy täyttämään laadulle asetetut yleisesti hyväksytyt kansainväliset normit.

Sertifiointimenettelyjä on kahta perustyyppiä, joissa varmennus kohdistuu itse tuotteeseen tai tuotteen laadunvarmistukseen. Betonilaatan tapauksessa sertifikaattihaku kohdistetaan tuotteeseen, joka jo itsessään pakottaa myös hyvään laadunvalvontaan. Sertifiointinissa tutkitaan myös yrityksen sisäistä laadunvalvontaa, vaikka sertifikaattia haetaankin vain tuotteille.

### 4.1 Alkutarkastus

Inspecta tekee tuotantolaitokseen alkutarkastuksen, jossa tarkastetaan miten sisäinen laadunvalvonta on kuvattu laatukäsikirjassa ja miten laadunvarmistus käytännössä toteutuu. Alkutarkastuksesta tehdään raportti, johon kirjataan havaitut poikkeamat, jotka on korjattava. (Suomen standardisoimisliitto SFS ry. 2008, 3)

### 4.2 Tyypitestaus

Sertifikaattia haettaville tuotteille tehdään tyypitarkastus, jonka tarkoituksena on osoittaa tuotteen vaatimuksenmukaisuus. Tuotteet testataan tuoteperheittäin ja niiden tulee täyttää kaikki tuotteille asetetut vaatimukset, joita ovat:

- visuaaliset ominaisuudet
- pintakerroksen paksuus
- muoto ja mitat
- kulutuskestävyys
- säänkestävyys
- halkaisuvetolujuus ja murtokuorma (kivet)

- taivutuslujuus ja murtokuorma (laatat)
- taivutuslujuus (reunatuet)

(Suomen standardisoimisliitto SFS ry. 2008, 3)

Tarkat ohjeet testeistä ja vaatimuksista löytyvät Suomen standardisoimisliiton SFS-EN 1338, 1339, 1340. Vaatimukset ja testausmenetelmät standardeista.

#### 4.3 Vaatimukset valmistajan laadunvarmistusjärjestelmään

Sertifioinnin saanti edellyttää, että valmistaja suorittaa jatkuvaa tuotteiden tarkastusta vaatimusten mukaisesti. Laatuun liittyvät toimenpiteet pitää dokumentoida ja toimenpiteisiin pitää olla myös kirjalliset ohjeet. Yrityksen on myös nimettävä henkilö joka vastaa laadunvalvonnasta, sekä tämän varamies. Laadunvalvonnasta vastaavan tehtävä on:

- toimia yhteyshenkilönä tarkastuslaitokseen
- olla läsnä tarkastuksissa
- valvoa laatukäsikirjan noudattamista ja ylläpitoa

Valmistajan on kirjattava ja tallennettava kaikki tuotteiden laatuun liittyvät reklamaatioilmoitukset sekä tehdyt korjaavat toimenpiteet. Laadunvalvonnan muistiinpanoja on säilytettävä vähintään kymmenen vuotta. (Suomen standardisoimisliitto SFS ry. 2008, 5)

#### 4.4 Tarkastuskäynnit ja ulkoiset tuotetestaukset

Tarkastuskäynnit tehdään kaksi kertaa vuodessa, jolloin tarkastetaan laadunvarmistuksen toteutuminen vaatimusten mukaisesti. Sertifioidut tuotteet tulee testata kerran vuodessa hyväksytyssä testauslaitoksessa tyyppitestauksen laajuudessa. Näytteet ulkoiseen tuotetestaukseen valitsee Inspectan näytteenottaja. (Suomen standardisoimisliitto SFS ry. 2008, 6)

#### 4.5 Sertifiointipäätös

Sertifiointipäätös tehdään, kun on todettu, että tuotteet sekä laadunvarmistus täyttävät kaikki vaaditut vaatimukset. Sertifikaatti kirjoitetaan sertifiointipäätöksen perusteella. Sertifikaatti on voimassa niin kauan kuin tuote ja laadunvarmistus täyttävät kaikki vaatimukset, jotka liittyvät sertifiointiin. (Inspecta sertifiointi 2006, 6 )



## **5 Ympäristöbetonituotteiden vaatimukset ja testausmenetelmät SFS-EN-standardien mukaan**

### **5.1 Tuotteiden materiaalivaatimukset**

Ympäristöbetonituotteiden valmistukseen saa käyttää vain materiaaleja, jotka on todettu soveltuviksi niiden toimivuuden ja ominaisuuksien perusteella. Käytettyjä materiaaleja ja niiden sopivuutta koskevat vaatimukset tulee esittää valmistajan valvonta-asiakirjoissa. Asbestia ei saa käyttää missään muodossa ympäristöbetonituotteissa. (Suomen standardisoimisliitto SFS ry. 2003)

### **5.2 Tuotteiden toiminnalliset vaatimukset**

Tuotteet voidaan valmistaa yhtenäisestä betonimassasta tai niissä voi olla erillinen pinta- ja taustabetonikerros. Kappaleen särmissä voi olla joko pyöristys tai viiste. Betonituotteita voidaan valmistaa siten, että niitä voidaan käyttää sekä toiminnallisina- että koristeprofiileina. Kappaleiden pinta voi olla käsitelty ja muotoiltu eri tavoin. (Suomen standardisoimisliitto SFS ry. 2003)

### **5.2 Visuaaliset ominaisuudet**

Tuotteiden yläpinnoissa ei saa näkyä virheitä, kuten halkeilua tai hilseilyä. Kaksikerrostuotteissa ei saa esiintyä kerrosten irtoamista toisistaan eli niin sanottua kerrosten välistä delaminoitumista. Kappaleiden pinnalla mahdollisesti esiintyvää kalkkihärmettä ei tarvitse huomioida kappaleen käyttöominaisuuksia arvioitaessa. Jos tuotteet on valmistettu siten, että niissä on tietynlainen pintakäsittely, valmistajan pitää kuvata se. Tuotteen pinnan pitää olla samanlainen tai se ei saa ainakaan merkittävästi poiketa ostajalle toimitettujen näytteiden pintakäsittelystä. (Suomen standardisoimisliitto SFS ry. 2003)

Jokaisesta tutkittavasta koekappaleesta tutkitaan mahdollinen delaminoituminen. Tämän jälkeen koekappaleet asetetaan lattialle ja niitä katsotaan päivänvalossa kahden metrin etäisyydeltä. Jokainen kappale, jossa on halkeamia tai hilseilyä, kirjataan. Pintaa ja väriä verrataan valmistajan näytteeseen. (Suomen standardisoimisliitto SFS ry. 2003)

#### 5.4 Muoto ja mitat

Kaikki mittoja koskevat maininnat tarkoittavat nimellismittoja, joina valmistajan pitää myös mitat tuotteistaan ilmoittaa. Mitat (pituus, leveys ja korkeus) saavat poiketa valmistajan ilmoittamista nimellismitoista tietyn määrän. Tuotteista esitetään myös tasomaisuuden ja kaarevuuden, eli kupuruuden ja koveruuden sallitut poikkeamat. (Suomen standardisoimisliitto SFS ry. 2003)

Betonikivet sekä betonilaatat voidaan valmistaa siten, että niissä on asennusta helpottavat asennusnystyrät, suorakulmaisuuspoikkeama tai uurrettu ja profiloitu sivupinta. Betonisissa reunatuissa päät voivat olla tasaisia tai niissä voi olla kiinnittymistä tai asentamista helpottava lukitusjärjestelmä, esimerkiksi pontti. (Suomen standardisoimisliitto SFS ry. 2003)

Mittauksessa mitattavasta kappaleesta poistetaan kaikki roiskeet ja purseet. Betonilaatoista ja kivistä mitataan taso- eli nimellismitat ja paksuus. Betonisista reunatuista mitataan pituus, leveys ja korkeus. Kappaleen suurimmat koveruuden ja kupuruuden poikkeamat määritetään yläpinnan kahta vaakatasoisesti kulkevaa akselia pitkin. Viisteiden mittaus suoritetaan kiven jokaiselta sivulta. (Suomen standardisoimisliitto SFS ry. 2003)

Pintakerroksen paksuuden mittaamiseen tarvitaan halkaistu kappale. Paksuus mitataan halkaistun pinnan sellaisesta kohdasta, jossa silmämääräisen tarkastuksen perusteella on ohuin kohta. (Suomen standardisoimisliitto SFS ry. 2003, Liite C)

## 5.5 Fysikaaliset ja mekaaniset ominaisuudet

Betonituotteiden täytyy vastata vaatimuksia silloin, kun valmistaja ilmoittaa niiden olevan valmiita. Tuotteet, joita ei voida standardin mukaisesti testata, oletetaan olevan vaatimuksen mukaisia, jos niiden betonin laatu on vähintään sama tai parempi kuin vaatimusten mukaan testatuilla tuotteilla. (Suomen standardisoimisliitto SFS ry. 2003)

Betonisista päällystekivistä mitataan halkaisuvetolujuus ja murtokuorma. Päällystelaatoista mitataan taivutuslujuus ja murtokuorma ja reunatuista mitataan taivutuslujuus. Lujuudet mitataan puristus- ja taivutuskoneilla, joiden tarkkuus testikuormien oletusalueella on  $\pm 3$  % ja joilla voidaan lisätä kuormaa määritetyillä nopeuksilla. (Suomen standardisoimisliitto SFS ry. 2003, Liite F)

## 5.6 Kulutuskestävyys

Kulutuskestävyys mitataan pyöräkulutustestillä, jossa kappaleiden yläpintaa hiotaan hionta-aineella vakio-olosuhteissa. Kuluma voidaan mitata myös Böhmen testillä. (Suomen standardisoimisliitto SFS ry. 2003, Liite G)

## 5.7 Säänkestävyys

Säänkestävyys määritetään jäädytys-sulatuskestävyyden testillä (suolapakkaskoe) . Tuotteiden keston varmistamiseksi voidaan jokaisessa maassa laatia kansallisia suosituksia säänkestävyyden suhteen, jotta tuotteet toimivat optimaalisesti siinä käytössä, mitä varten ne on markkinoille tuotu.

Esimerkiksi Suomen oloissa esiintyvät jäätymis-sulamissyklit sekä runsas suolan käyttö teillä aiheuttavat tuotteille erityistä kuormitusta. (Suomen standardisoimisliitto SFS ry. 2003)

Jäädytys-sulatuskestävyyden testissä koekappaletta esivarastoidaan ja siihen kohdistetaan sen jälkeen 28 jäädytys- ja sulatussykliä siten, että koekappaleen pinta on peitettynä natriumkloridi-liuoksella. Hilseillyt materiaali kerätään talteen ja punnitaan. Tulos ilmoitetaan kilogrammoina neliometriä kohden. (Suomen standardisoimisliitto SFS ry. 2003, Liite D)

## 6 Laadunvalvonta Betonilaatassa

SFS-EN-standardin mukaisessa laadunvalvonnassa valmistajan tulee luoda, dokumentoida ja pitää yllä tehtaan sisäistä laadunvalvontajärjestelmää sen varmistamiseksi, että markkinoille saatetut tuotteet ovat standardien sekä ilmoitettujen arvojen mukaisia. Tehtaan sisäiseen laadunvalvontajärjestelmään kuuluvat menettelyt, säännölliset tarkastukset ja testaukset sekä saatujen tulosten soveltaminen raaka-aineiden ja muiden saapuvien materiaalien, laitteiden, tuotantoprosessin ja tuotteen valvontaan. Toimenpiteitä vaativien tarkastusten tulokset ja testausten tulokset kirjataan. Laadunvalvontajärjestelmässä tulee esittää, mihin toimenpiteisiin tulee ryhtyä, jos valvonta-arvoja tai -ehtoja ei täytetä. (Suomen standardisoimisliitto SFS ry. 2003)

Kaikki punnitus-, mittaus- ja testauslaitteet kalibroidaan ja tarkastetaan säännöllisesti kirjattujen menettelytapojen, menettelytiheyksien ja -kriteereiden mukaisesti. (Suomen standardisoimisliitto SFS ry. 2003)

Taulukko 1. Laitteiden tarkastus. Testaus- ja mittauslaitteet

Kohde	Tavoite	Menetelmä	Tiheys
Kaikki testaus- ja mittauslaitteet	Oikea toiminta ja tarkkuus	Kalibrointi laitteella, joka on kalibroitu jäljitettävästi kansallisten standardien mukaan ja jota käytetään vain tähän tarkoitukseen, paitsi jos testausmenetelmässä on esitetty toisin	Asennettaessa, suurehkojen korjausten jälkeen tai kerran vuodessa

SFS-EN 1338, 1339, 1340. Vaatimukset ja testausmenetelmät

Kaikkien saapuvien raaka-aineiden ja muiden materiaalien tiedot tulee kirjata.  
(Suomen standardisoimisliitto SFS ry. 2003)

## Taulukko 2. Materiaalien tarkastus

Kohde	Tavoite	Menetelmä	Tiheys
Kaikki materiaalit	Varmistaa, että toimituserä on tilauksen mukainen ja peräisin oikeasta lähteestä	Tilauksen mukaisuutta osoittavan toimitusasiakirjan ja/tai pakkausmerkinnän tarkistaminen	Jokaisesta toimituksesta

SFS-EN 1338, 1339, 1340. Vaatimukset ja testausmenetelmät

Tehtaan valmistusprosessin kaikki ominaisuudet tulee kuvata. Kuvauksiin kuuluvat tarkastus-, tarkistus- ja testaustiheys ja sekä laitteilta että valmistusprosessin työsuorituksilta vaadittavat kriteerit. (Suomen standardisoimisliitto SFS ry. 2003)

## Taulukko 3. Tuotantoprosessin tarkastus

Kohde	Tavoite	Menetelmä	Tiheys
Seoksen koostumus	Suunnitellun koostumuksen mukaisuus (punnitus tai annostelu tilavuuden perusteella)	– Punnituslaitteiden silmämääräinen tarkastus – Tarkistus tuotantoprosessien asiakirjojen perusteella	Päivittäin
	Suunnitellun seoksen arvojen mukaisuus (vain tilavuuden perusteella suoritettu annostelu)	Betonimassan analyysi	Kuukausittain
Betonimassa	Oikea sekoitus	Silmämääräinen tarkistus	Päivittäin jokaiselle sekoittimelle
Tuotanto	Kirjattujen tehtaan menettelyjen mukaisuus	Tarkistetaan, ovatko menettelyt tehtaan toimenpiteiden mukaisia	Päivittäin

SFS-EN 1338, 1339, 1340. Vaatimukset ja testausmenetelmät

Tuotteiden näytteenotto- ja testaus suunnitelma tulee suunnitella ja toteuttaa parhaan mukaan. Näytteiden tulee edustaa tuotantoa. Testit tulee suorittaa standardissa mainituilla menetelmillä tai vaihtoehtoisilla testausmenetelmillä, joiden vastaavuus standardimenetelmiin on osoitettu. Testaustulosten pitää täyttää vaatimustenmukaisuuden ehdot ja niiden tulee olla saatavilla. (Suomen standardisoimisliitto SFS ry. 2003)

Taulukko 4. Tuotteen tarkastus, Betoniset päällystekivet

Kohde	Tavoite	Menetelmä	Tiheys
Visuaaliset ominaisuudet	5.4 SFS-EN 1338	Silmämääräinen tarkistus	Päivittäin
		Liite J SFS-EN 1338	Jos on aihetta epäilyyn (20 kiven näyte)
Muoto ja mitat	5.2 SFS-EN 1338	Liite C SFS-EN 1338	Kahdeksan kiveä jokaiselta koneelta jokaisena tuotantopäivänä
Halkaisuvetolujuus ja murtokuoma	5.3.3 SFS-EN 1338	Liite F SFS-EN 1338	Kahdeksan kiveä jokaisesta lujuusperheestä jokaiselta koneelta jokaisena tuotantopäivänä
Pintakerroksen paksuus	5.1 SFS-EN 1338	Liite C SFS-EN 1338	Kahdeksan kiveä jokaisesta lujuusperheestä jokaiselta koneelta jokaisena tuotantopäivänä
Säänkestävyys (vain luokka 2)	5.3.2 SFS-EN 1338	Liite E SFS-EN 1338	Kolme kiveä jokaisesta pintaperheestä viittä tuotantopäivää kohden

SFS-EN 1338 Betoniset päällystekivet. Vaatimukset ja testausmenetelmät

Tuotteen merkinnän, varastoinnin ja toimituksen valvonta pitää dokumentoida, kuten myös menettelytavat vaatimustenvastaisten tuotteiden suhteen.

Tuotteet voidaan lähettää markkinoille ennen kuin tehtaan sisäisen laadunvalvonnan lopulliset testaustulokset on saatu, jos ne voidaan tarvittaessa vetää pois markkinoilta. (Suomen standardisoimisliitto SFS ry. 2003)

Taulukko 5. Merkintä, varastointi ja toimitus

Kohde	Tavoite	Menetelmä	Tiheys
Merkintä	Tuotteen merkintä kohdan 7 mukaisesti	Silmämääräinen tarkistus	Päivittäin
Varastointi	Vaatimusten vastaisen tuotteen erottaminen	Silmämääräinen tarkistus	Päivittäin
Toimitus	Oikea toimitusikä, kuomitus ja oikeat kuomitusasiakirjat	Silmämääräinen tarkistus	Päivittäin

SFS-EN 1338, 1339, 1340 Vaatimukset ja testausmenetelmät

Jos tuotteen testitulokset eivät ole tyydyttäviä, ovat ne silloin vaatimuksenvastaisia. Valmistajan tulee suorittaa tarvittavat toimenpiteet virheen korjaamiseksi. Tuotteet, jotka eivät ole vaatimusten mukaisia, siirretään syrjään ja merkitään 2- laaduksi. Nämä tuotteet käsitellään valmistajan päätöksen mukaan. (Suomen standardisoimisliitto SFS ry. 2003)

Jos vaatimustenvastaisuus havaitaan tuotteen toimituksen jälkeen, tulee asiakkaalle ilmoittaa asiasta. (Suomen standardisoimisliitto SFS ry. 2003)

## 6.1 Laadunvalvonnan lähtötilanne

Betonilaatassa on olemassa laatukäsikirja, jota pidetään laadunvalvonnan runkona. Laatukäsikirja on SFS-standardin vaatimuksiin nähden kuitenkin hieman puutteellinen. Yrityksen henkilöstö on kokenutta ja perehdytetty tehtäviin, mutta koulutusta olisi hyvä kuitenkin lisätä esimerkiksi laboranttikurssin muodossa, koska suuri osa tiedosta on tietoa, joka perustuu omiin päätelmiin ja saattaa näin ollen olla väärää. Dokumentointi ja tiedonkulku on vajavaista, joka aiheuttaa järjestelmällisyyteen sekä tiedon saatavuuteen ongelmia. Tästä johtuen vastualueet ja tehtävät eivät ole täysin selviä. Säännölliset laatupalaverit joiden tehtävänä olisi juuri järjestelmällisyyden,



suunnitelmallisuuden ja tiedonkulun parantaminen sekä kehittäminen, puuttuvat. (Lahti, R 26.1.2010)

Tuotteista tulevat reklamaatiot ovat vähäisiä, mutta niiden hoito ja toimenpiteet ovat vajavaisia myös dokumentoinnin osalta. Dokumentointiin kuuluvat tallennukset, esimerkiksi ulkoiselle kovalevylle, puuttuvat. Tuotteita testataan laadunvarmistamiseksi, mutta testausmäärät ja testit eivät ole riittäviä koska laitekanta ei ole riittävän tasokasta, jotta saataisiin tehtyä nykyvaatimusten mukaisia testejä. (Lahti, R 26.1.2010)

Tietoa laatutilasta ei ole tarkkaan määritelty, joten siitä johtuen sitä on hankalaa seurata ja siihen on hankala sitoutua. Tietotaso betonista ja normeista ei ole riittävällä tasolla organisaatiossa, mistä johtuen esimerkiksi reseptien muokkaaminen on hankalaa. Myös tämä vaikuttaa laatuun. Tuotannosta muodostuvat palkanlisät eivät ole sidottuina laatuun. Ne muodostuvat tuotantomääristä, jonka johdosta määrään on panostettu laadun sijaan ja näin ollen on syntynyt liikaa 2-laatua. (Lahti, R 26.1.2010)

## 6.2 Laadunvalvonnan tavoitetila

Laadunvalvonnan kehittämisen tavoitteena on täyttää SFS-EN normit ja päästä Inspectan sertifiointiin piiriin. Tavoitteen saavuttamiseksi on koko henkilökunnan johtoa myöten sitouduttava laadun parantamiseen ja siihen liittyviin toimenpiteisiin. Jokaisen henkilökunnan jäsenen tulee saada riittävä koulutus omiin tehtäviinsä ja tietotaitoa tarvittaessa lisätään ja päivitetään kursseilla. (Lahti, R 26.1.2010)

Yrityksessä tulee olla selkeät pelisäännöt, jolloin kaikki työntekijät tuntisivat omat tavoitteet ja vastuualueensa. Näin ei jäisi ”harmaita” alueita ja työnkuvat ja tehtävät olisivat kaikille selvät. Koko organisaatorakenteen selkeä esilletuonti esimerkiksi kaaviomuodossa selkeyttäisi myös vastuita ja esimies-alainen asetelmaa. (Lahti, R 26.1.2010)

Laadunvalvonnasta vastaava henkilö ja tämän varahenkilö pitää nimetä. Tavoitteena olisi myös, että tuotannossa jokaisella henkilöllä on varahenkilö, jolloin yhden henkilön poissaolo ei vielä vaikuta toimintaan ja näin ollen heikennä laatua. (Lahti, R 26.1.2010)

Tiedonkulun pitää olla avointa ja nopeaa henkilöstön sisällä, jolloin tietokatkoksia ja siitä johtuvia epäselviä tilanteita ei tule. Tilanteissa, joiden toiminnasta ei ole varmaa tietoa, tulee kääntyä esimiehen puoleen, joka ohjastaa miten tilanteessa toimitaan. (Lahti, R 26.1.2010)

Reklamaatioiden määrän tulisi olla pienempi parantuneen laadunvalvonnan johdosta ja tavoitteena on että 2-laatua ei valmistettaisi lainkaan. Raaka-aineiden vertailujen määrää pitäisi nostaa ja niistä tulevia tietoja tulisi käyttää paremmin hyväksi. Vihreät arvot täytyy pitää jatkossakin Betonilaatassa korkealla tasolla, esimerkiksi kierrätyksen sekä ympäristöystävällisten raaka-aineiden muodossa. (Lahti, R 26.1.2010)

Tavoitetilan saavutettuaan Betonilaatan pitäisi olla laadullisesti mitattuna kolmen parhaan valmistajan joukossa ja tämän johdosta myös yrityksen liikevaihdon ja tuloksen pitäisi kasvaa. Kasvu mahdollistaa edelleen toiminnan kasvattamisen ja kehittämisen, jolloin tuotteet olisivat entistä laadukkaampia. (Lahti, R 26.1.2010)

### 6.3 Keinot tavoitetilaan pääsyyn

Ulkopuoliseen laadunvalvontaan liittyminen pakottaa käytännössä laatuun korkeiden vaatimusten vuoksi. Tulevaisuudessa tavoitteena oleva ISO 9001 laatujärjestelmä on myös hyvä motivaation lisääjä, sillä siihen päästäkseen on kaikki organisaation sisällä tapahtuvat asiat dokumentoitava. Tärkeitä dokumentoitavia asioita ovat esimerkiksi reseptit, reklamaatiot ja muut asiat, joita mahdollisesti joudutaan myöhemmin tarkastamaan. (Lahti, R 26.1.2010)

Johdon ja työntekijöiden yhteistyöstä muodostuu tärkeä kokonaisuus ja jotta se toimisi optimaalisesti, on sekä työnjohdon että henkilöstön on sitouduttava

laadunvalvontaan sataprosenttisesti. Tiedon on kuljettava johdon ja työntekijöiden välillä ongelmitta ja tärkeistä asioista pitää tiedottaa, jotta koko henkilöstö tietää asiasta. (Lahti, R 26.1.2010)

Tärkeitä asioita ovat kehityskeskustelut tietyin väliajoin. Niissä huomioidaan myös työntekijöiden mielipiteet ja ideat. Henkilöstöä on tärkeää arvostaa, jotta he tietävät tekevänsä tärkeää työtä. Heitä pitää motivoida erilaisin keinoin kuten järjestämällä koulutustilaisuuksia oman taidon kehittämiseen ja ylläpitoon sekä eritoten antamalla kehittävää palautetta. Yrityksen johdon on mahdollista myös parantaa ennakkointia ja nopeuttaa päätöksentekoa tarvittaessa. (Lahti, R 26.1.2010)

Laatu- ja tuotantopalaverit säännöllistämällä saadaan koko organisaation tietoon ajankohtaiset asiat sekä muu informaatio, kuten miten missäkin asiassa kuuluu toimia. Avainasiana on kuitenkin koko organisaation asennemuutos ja kaikkien henkilöiden täysi sitoutuminen laadun parantamiseen sekä riittävät resurssit toiminnan pyörittämiseen. (Lahti, R 26.1.2010)

Tuotantotehtaiden koneiden ja tilojen on oltava niin hyvässä kunnossa että 1-laatua on mahdollista toteuttaa. Koneita, laitteita ja tiloja on päivittäin huollettava, siistittävä ja korjattava, jotta ne pysyvät koko ajan hyvässä toimintakunnossa. Jos päivittäistä huoltoa laiminlyödään, on edessä luultavasti isompi korjaus jolloin koneet seisovat. Tilojen yleinen siisteys ja järjestelmällisyys ovat tärkeitä asioita jo turvallisuudenkin kannalta, mutta ensisijaisesti siksi, että aina tiedetään missä mikäkin muotti tai vastaavanlainen laite sijaitsee, eikä aikaa kulu hukkaan. Tehtaiden omat testauslaitteet on myös syytä päivittää vaatimusten mukaisiksi, jotta niillä pystytään tekemään ainakin osa testeistä. (Lahti, R 26.1.2010)

Raaka-aineiden tärkeys ilmenee tuotteen tasalaatuisuutena tai sen heikkoutena. Jotta tuotteet pysyisivät aina laadultaan hyvinä, on raaka-aineiden parempi tarkkailu ja valinta tärkeässä asemassa. Niiden on oltava sekä hyvänlaatuisia että tasalaatuisia. (Lahti, R 26.1.2010)

Konkreettisiin muutoksiin kuuluu laatupäällikön nimitys. Hän vastaa tuotannosta ja laadusta täyspäiväisesti ja puuttuu epäkohtiin välittömästi. Molempiin tehtaisiin nimetään vastuuhenkilöt, jotka vastaavat tehtaan toiminnan sujuvuudesta. Tuotantolisä sidotaan laatuun määrän sijasta, eli palkkio maksetaan vain 1-laatuisesta tuotteesta. Tuotantolisän sitominen laatuun lisää myös huolellisuutta ja ylpeyttä itse työtä kohtaan. Selkeiden työparien muodostaminen selkeyttää ja yhtenäistää työtä ja työn valvominen myös helpottuu. Kaikkiin tehtäviin on oltava yksinkertaiset ja selkeät ohjeet, joita voi käyttää myös tuotannon aikana. Suullisina annetut ohjeet olisi myös hyvä löytyä kirjallisina tarvittaessa. (Lahti, R 26.1.2010)

Betonilaatta on tehnyt yhteistyötä Turun ammattikorkeakoulun kanssa tuotteiden lujuusvaatimustestauksien muodossa, jonka on havaittu toimivan hyvin. Yhteistyön lisääminen ja hyvien yhteistyökumppanien hankkiminen esimerkiksi kiviainestoimituksissa, laitetoimituksissa ja huolloissa on myös tärkeää, jotta voidaan luottaa aikatauluihin ja tiedetään aina varmasti, että saadaan halutunlainen laite tai vaihtoehtoisesti halutunlaista kiviainesta. (Lahti, R 26.1.2010)

## 7 Tuotanto

### 7.1 Koneiden ja laitteiden huolto

Päivittäinen koneiden ja laitteiden huolto ja korjaus on erittäin tärkeää, jotta ne ovat jatkuvasti hyvässä kunnossa. Päivittäisen toiminnan voi jakaa kolmeen osaan:

- vuoron alkaessa
  - o tarkastetaan silmämääräisesti kaikkien koneiden ja laitteiden sekä ympäristön kunto
- käytön aikana
  - o tarkkaillaan tuotantoprosessin toimintaa ja puututaan epäkohtiin välittömästi
  - o katsotaan että koneissa on käytössä oikeanlaiset säädöt
- vuoron päätyttyä
  - o koneet puhdistetaan ja huolletaan (öljytään ja rasvataan)
  - o mahdolliset viat ja puutteet kirjataan vikalistaan välittömästi vuoron jälkeen, jotta ne saadaan korjattua mahdollisimman nopeasti

Yksityiskohtaisempi laitteiden huolto esimerkiksi muoteissa kulkee seuraavan kaavan mukaan: Ennen muotin vaihtoa valmistellaan uusi muotti käyttökuntoon. Muotin vaihdon jälkeen vanha muotti huolletaan ja siihen tehdään tarvittavat korjaukset. Tämän jälkeen muottiin kiinnitetään muottikortti, josta nähdään, koska muottia on käytetty, ja koska se on huollettu, jonka jälkeen se laitetaan muottihyllyyn omalle paikalleen. On myös tärkeää, että jokaisessa muotissa lukee selkeästi muotin nimi, ja vian ilmentyessä siitä ilmoitetaan välittömästi esimiehelle. (Lahti, R. 2010, 1)

Kaikkien laitteiden huoltoon ja käyttöön pätee sama kaava ja toimintamalli kuin muotteihin. Laitteet tulisi aina huoltaa ja korjata sellaiseen kuntoon käytön jälkeen, että seuraavalla käyttökerralla ne olisivat heti valmiina käytettäväksi. Dokumentointi käytöstä ja huolloista on myös tärkeää, jotta tiedetään kuinka kauan laite on käyttökelpoinen, ja koska se mahdollisesti tarvitsisi suuremman korjauksen/vuosihuollon. (Lahti, R. 2010, 1)

Välillä saattaa olla pitkiä aikoja, milloin tiettyä laitetta ei käytetä. Tällöin on tärkeää, että laite pidetään säilytyksessä omalla paikallaan, mistä se sitten helposti löydetään, kun sitä taas tarvitaan. Jos laitteet jätetään pyörimään ympäriinsä jonnekin käytävän nurkkaan, ne saattavat myös vaurioitua. (Lahti, R. 2010, 1)

## 7.2 Massan valmistus ja raaka-aineet

Tuotteiden valmistus tapahtuu koneellisesti maakosteasta betonimassasta puristustäryttimellä voimakkaasti täryttäen. Näin saadaan aikaan luja, mittatarkka ja kulutusta kestävä kappale. Materiaalien annostelu, massan valmistus, tuotteiden puristaminen, siirto jälkihoitotilaan ja sieltä pakkaukseen on usein täysin automatisoitu. Koneenkäyttäjän työ on siten pääasiassa vain koneiden tarkkailua ja laadunvalvontaa, eikä prosessiin tarvitse puuttua kuin silloin, jos esiintyy ongelmia. (Tella 2009, 2)

### 7.2.1 Sideaineet

Ympäristöbetonituotteissa käytetään yleisesti nopeasti kovettuvaa Rapid-sementtiä. Hitaammilla sementeillä ei pystytä saamaan tuotteisiin riittävää 1 vrk:n varhaislujuutta, joka on tarpeen sen vuoksi, että yleensä tuotteet pakataan mahdollisimman nopeasti valmistuksen jälkeen, ja lähetetään työmaille heti kun se on mahdollista. (Tella 2009, 4)

Betonituotteiden varhaislujuuden kehittymiseen vaikuttaa moni asia. Prosessin osuus siitä on merkittävä, erityisesti tuotteiden kovettumisolosuhteet jälkihoidon

aikana. Betonin sementtimäärät ovat myös tärkeitä riittävän varhaislujuuden takaamiseksi. Massojen sementtimäärät ovat tehdaskohtaisia, koska ne riippuvat tehtaan valmistusprosessista ja raaka-aineista. (Tella 2009, 4)

Pintabetonin kiviaines on hienorakenteisempaa, kuin taustabetonissa ja vaatii siten suuremman sementtimäärän saman lujuuden saavuttamiseksi. Alhaisella sementtimäärällä betoni ei tiivisty riittävän hyvin, eikä siten voida saavuttaa lujaa ja tiivistä tuotetta. Jos sementtimäärä taas on liian suuri, se aiheuttaa massan kittimäisyyttä ja tarttumista muottiin kiinni, josta seuraa myös tuotteen pinnan epätasaisuutta. Sementtiä käytetään usein fillerin tai hienon kiviaineksen korvikkeena, vaikka tarvetta ei olisi, mikä lisää juuri massan kittimäisyyttä. (Tella 2009, 4)

#### 7.2.2 Runkoaineet

Runkoaineen tärkeimpiä ominaisuuksia ovat lujuus ja säänkestävyys. Suomalaiset kiviainekset täyttävät yleensä nämä vaatimukset hyvin. Kiviaineksen maksimi raekoko määräytyy tuotteen korkeuden perusteella. Pintabetonin maksimi raekoko on yleensä enintään 8 mm, sisältäen filleriä ja hiekkaa, josta osa voi olla murskattua. (Tella 2009, 5)

Taustabetonin maksimi raekoko on yleensä enintään 12 mm, mikäli käytetään murskattua kiviainesta. Yksittäisten partikkelien välinen kitka vaikuttaa erittäin paljon tiivistymisominaisuuksiin. Murskattu kiviaines tarvitsee enemmän energiaa tiivistyäkseen, koska sillä on suurempi tärytystä ja tiivistymistä vastustava voima karkeamman pintarakenteen johdosta, kuin pyöreämmällä luonnon tavaralla. (Tella 2009, 5)

Runkoaineen rakeisuuden vaihteluilla on suuri merkitys. Erityisesti runkoaineen hienoainespitoisuus ja sen vaihtelu vaikuttavat vedentarpeeseen ja siten tiivistyvyyteen ja lujuuteen. On siis erittäin tärkeää, että runkoaineet olisivat mahdollisimman tasalaatuisia. (Tella 2009, 5)

### 7.2.3 Vesi

Betonimassan vesimäärä vaikuttaa tuotteen lujuuteen, mittatarkkuuteen ja pinnan laatuun. Jos vesimäärä on liian suuri vesisementtisuhde kasvaa ja lujuus alenee. Lisäksi se saattaa aiheuttaa muodonmuutoksia ja mittaheittoja tuoreessa tuotteessa. Jos vesimäärä on liian pieni, sementti ei hydratoidu (veden ja sementin reagointi) täydellisesti, josta seuraa lujuuden aleneminen. Myös pinta- ja pohjakerroksen tarttuvuus toisiinsa heikkenee tällöin. (Tella 2009, 6)

Betonin hyvä varhaislujuus voidaan saavuttaa alhaisella vesi/sementti-suhteella. Tavoitteena on saada aikaan täydellinen hydratoituminen, jolloin betoniin ei jää huokosia heikentämään tiiveyttä. (Tella 2009, 6)

Suurimpia ongelmia massan valmistuksessa on runkoaineen vesipitoisuuden ja rakeisuuden jatkuva vaihtelu, johon on jatkuvasta kontrolloinnista huolimatta vaikeaa vaikuttaa. (Tella 2009, 6)

### 7.2.4 Lisäaineet

Maakosteissa massoissa käytetään notkistavia lisäaineita, joiden vaikutus perustuu veden pintajännityksen vähenemiseen, jonka ansiosta sementti reagoi paremmin veden kanssa. Notkistavat lisäaineet parantavat betonin tiiveyttä ja lujuutta, vaikka veden vähennystä ei tehtäisikään. Todellisuudessa vesimäärä kuitenkin pienenee hieman. (Tella 2009, 7)



### 7.3 Reseptit

Halutunlaisen tuotteen saamiseksi on erityisen tärkeää että käytössä on oikeanlainen suhteitus, eli sementin, veden ja kiviaineksen suhde on reseptissä oikeanlainen. Joka koneelle ja tuotteelle pitää löytää omanlainen resepti.

Eri kiviaineksia eli filleriä, seulottua kiviainesta (S) sekä murskattua kiviainesta (M) käytetään tietyissä suhteissa toisiinsa. Tiettyä yhtä oikeaa suhdetta ei ole, vaan valmistaja voi tehdä yhdisteen haluamillaan ja parhaaksi testaamillaan aineksilla ja seosmäärillä.

#### 7.3.1 Esimerkki reseptien testauksesta

Betonilaatta on tehnyt tuotteiden lujuuskokeita Turun ammattikorkeakoulun betonilaboratoriossa, josta löytyvät SFS-EN standardien mukaiset taivutus/puristus-laitteistot. Ensimmäisessä testauserässä AMK:hon tuotiin testattavaksi kahdeksan betonikiveä, betonilaattaa sekä betonista reunatukea, joista tehtiin vaadittavat mittaukset.

Kaikki betonikivet eivät läpäisseet täysin lujuusvaatimuksia, jonka johdosta betonikiveä päätettiin testata erilaisilla resepteillä paremman lujuuden aikaansaamiseksi. Testissä testattiin kymmentä eri reseptivaihtoehtoa, jotta löydettäisiin optimaalinen resepti juuri betonikivelle. Testauskappaleena testissä toimi iso sauvakivi, joka on perinteinen betonikivi.

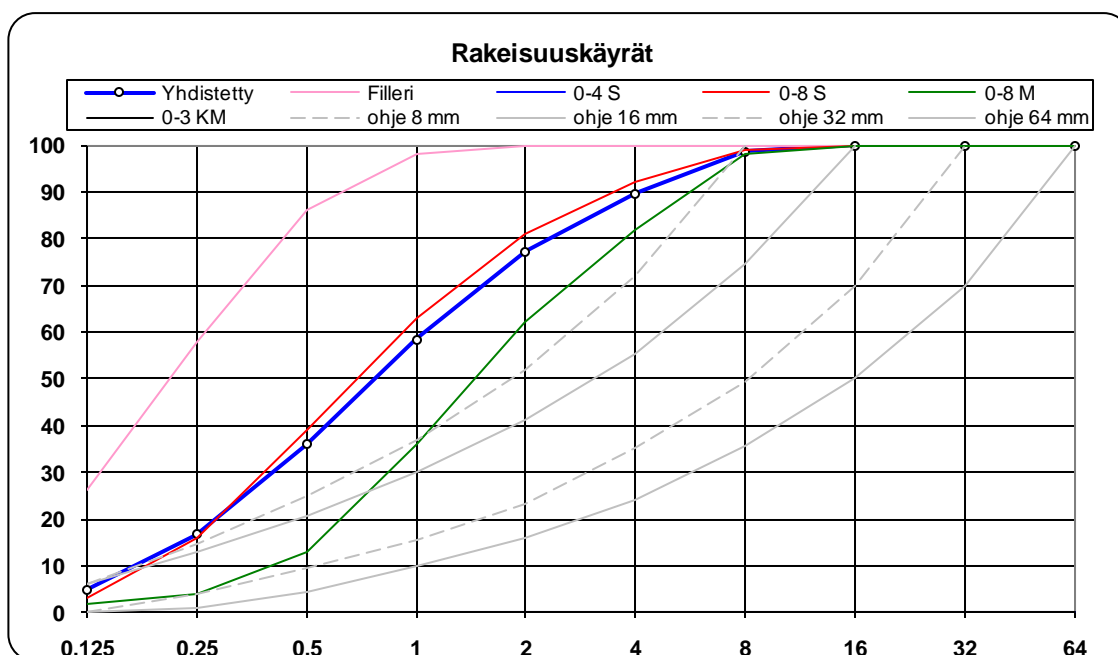
Kymmentä eri reseptiä testattaessa tarkoituksena oli muuttella seosmääriä ja kiviaineksia, jotta löydetään oikeanlainen resepti. Reseptistä tulee aina omanlaisensa kun vaihdellaan fillerin, seulotun kiviaineksen ja murskatun kiviaineksen suhteita toisiinsa. Murskattu kiviaines on tasalaatuisempaa suhteessa seulottuun kiviainekseen. Sitä käyttämällä tuotteista saa helpommin vaatimukset täyttäviä. Toisaalta murskattu kiviaines kuluttaa pitkässä juoksussa enemmän muotteja ja koneita kuin seulottu kiviaines. Myös sementin ja veden määrää on mahdollista muuttaa, joka edelleen vaikuttaa reseptin sisältöön.

Tuotekoneen säädöillä on myös erittäin suuri vaikutus reseptien toimivuuteen ja tuotteen laatuun. Koneen tärytysajat ja voimakkuus vaikuttavat suoraan tuotteen lujuuteen. Tuotetta voidaan täryttää rajalla, joka tarkoittaa tärytystä tiettyyn tuotekorkeuteen asti sekä ajalla, jolloin tuotetta tärytetään määrätty aika.

Testisarjoista tuotiin testattaviksi AMK:hon sarjat 2,5 ja 10. Kustakin sarjasta oli testiin valittu viisi betonikiveä. Kivistä mitattiin halkaisuvetolujuus (MPa) ja murtokuorma (N/mm). Jokaisen kiven halkaisuvetolujuuden tulisi olla suurempi kuin 3,6 MPa ja murtokuorman suurempi kuin 250 N/mm. Testisarjan jokaisessa reseptissä on käytetty 1900 kg kiviainesta.

Taulukko 6. Testisarjan resepti nro 2, sementin määrä 330kg, veden määrä 140l. Kivet tärytetty rajalla.

lajite	%	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	16	32	64	H
Filleri	10,0	26,0	58,0	86,0	98,0	100,0	100	100	100	100	100	868
0-4 S		4,0	22,0	54,0	80,0	95,0	100	100	100	100	100	755
0-8 S	60,0	3,0	16,0	39,0	63,0	81,0	92	99	100	100	100	693
0-8 M	30,0	2,0	4,0	13,0	36,0	62,0	82	98	100	100	100	597
0-3 KM	0,0	11,0	21,0	35,0	51,0	70,0	96	100	100	100	100	684
<b>Yhdistetty</b>	<b>100,0</b>	<b>5,0</b>	<b>16,6</b>	<b>35,9</b>	<b>58,4</b>	<b>77,2</b>	<b>89,8</b>	<b>99</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>682</b>

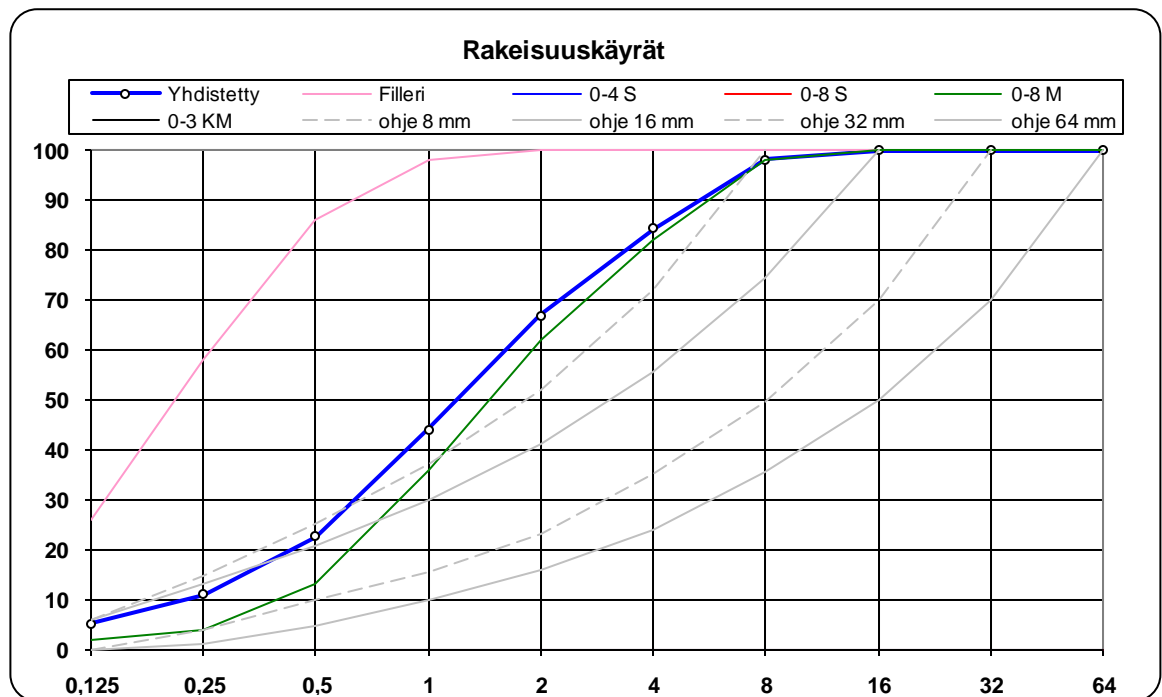


Kuva 4. Reseptin nro 2 rakeisuuskäyrät josta nähdään eri ainesten pitoisuudet käyrinä

Reseptillä nro 2 tehtyjen kiven halkaisuvetolujuuden keskiarvoksi muodostui 3,92 MPa, vain yhden kiven alittaessa 3,6 MPa:n arvon. Murtokuorman keskiarvo on lähes kaksinkertainen vaadittuun arvoon verrattuna. Reseptissä on käytetty 10%:a filleriä, 60%:a 0-8 seulottua kiviainesta ja 30%:a 0-8 murskattua kiviainesta. (Järvinen 2010, testitulokset)

Taulukko 7. Testisarjan resepti nro 5, sementin määrä 330kg, veden määrä 140l. Kivet tärytetty rajalla.

lajite	%	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	16	32	64	H
Filleri	13,0	26,0	58,0	86,0	98,0	100,0	100	100	100	100	100	868
0-4 S		4,0	22,0	54,0	80,0	95,0	100	100	100	100	100	755
0-8 S		3,0	16,0	39,0	63,0	81,0	92	99	100	100	100	693
0-8 M	87,0	2,0	4,0	13,0	36,0	62,0	82	98	100	100	100	597
0-3 KM	0,0	11,0	21,0	35,0	51,0	70,0	96	100	100	100	100	684
<b>Yhdistetty</b>	<b>100,0</b>	<b>5,1</b>	<b>11,0</b>	<b>22,5</b>	<b>44,1</b>	<b>66,9</b>	<b>84,3</b>	<b>98</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>632</b>

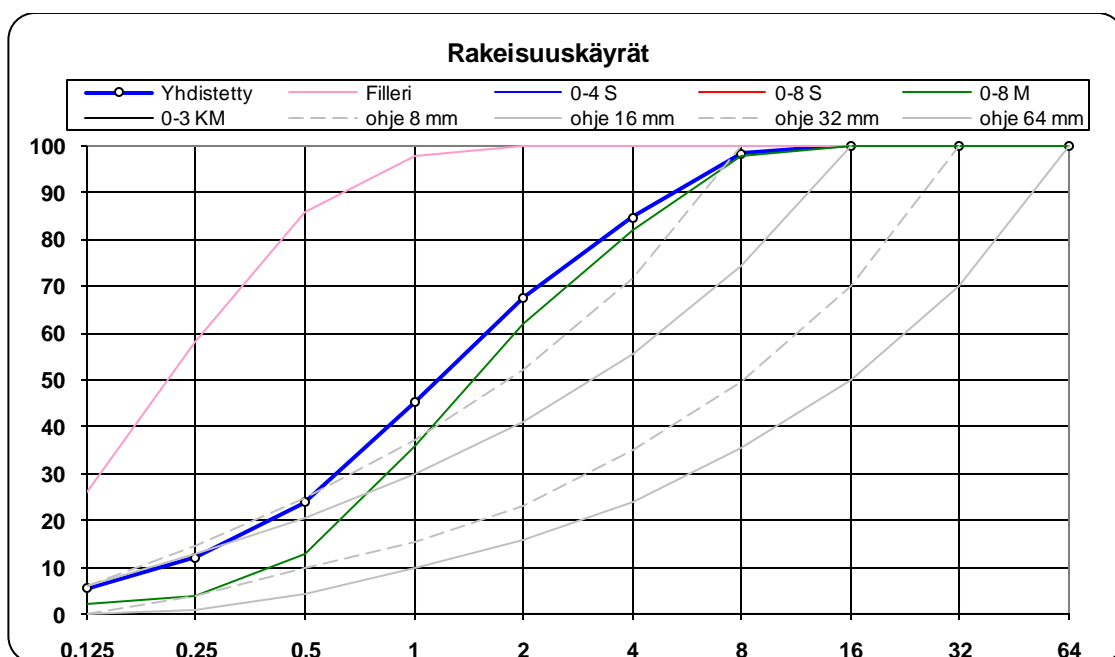


Kuva 5. Reseptin nro 5 rakeisuuskäyrät

Reseptillä nro 5 tehtyjen kivien halkaisuvetolujuuden keskiarvo oli 3,78 MPa. Kaksi kiveä alitti 3,6 MPa:n arvon. Murtokuorman keskiarvo on noin kaksinkertainen vaadittuun arvoon verrattuna. Reseptissä on käytetty 13%:a filleriä ja 87%:a 0-8 murskattua kiviainesta. (Järvinen 2010, testitulokset)

Taulukko 8. Testisarjan resepti nro 10, sementin määrä 350kg, veden määrä 140 l. Kivet tärytetty ajalla. Tuotekoneeseen asetettu uudet säädöt.

lajite	%	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	16	32	64	H
Filleri	15,0	26,0	58,0	86,0	98,0	100,0	100	100	100	100	100	868
0-4 S		4,0	22,0	54,0	80,0	95,0	100	100	100	100	100	755
0-8 S		3,0	16,0	39,0	63,0	81,0	92	99	100	100	100	693
0-8 M	85,0	2,0	4,0	13,0	36,0	62,0	82	98	100	100	100	597
0-3 KM	0,0	11,0	21,0	35,0	51,0	70,0	96	100	100	100	100	684
Yhdistetty	100,0	5,6	12,1	24,0	45,3	67,7	84,7	98	100	100	100	638



Kuva 6. Reseptin nro 10 rakeisuuskäyrät

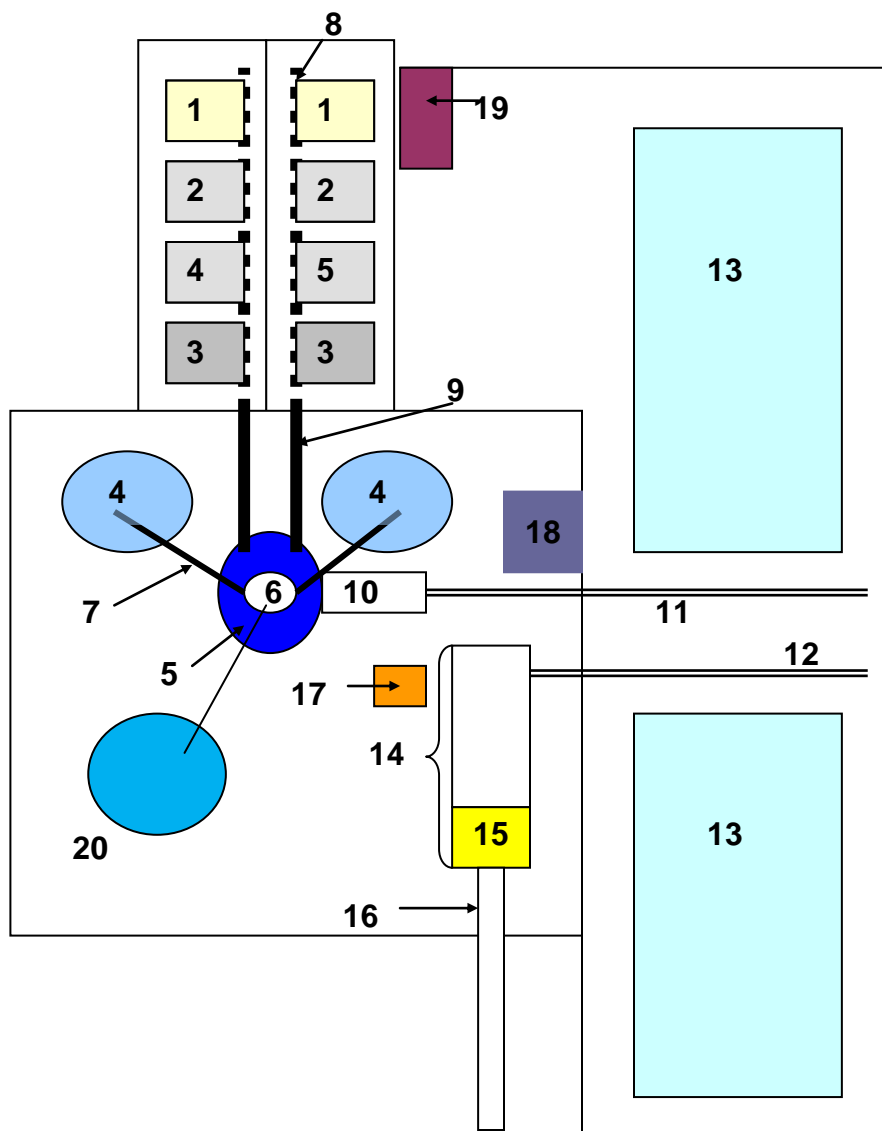
Reseptillä nro10 tehtyjen kivien halkuisuvelujuuden keskiarvoksi saatiin 4,42 MPa, joka on selkeästi parempi arvo kuin resepteillä 2 ja 5 saadut arvot. Yksikään kivi ei alittanut 3,6 MPa:n arvoa. Murtokuorman keskiarvo on yli kaksinkertainen vaadittuun arvoon verrattuna. Reseptissä on käytetty 15%:a filleriä ja 85%:a 0-8 murskattua kiviainesta. (Järvinen 2010, testitulokset)

Resepti nro 10 on selkeästi paras resepti testisarjassa olleista ja sen lujuusarvot ylittävät selkeästi vaaditut arvot. Tämä johtuu luultavasti tuotekoneen uusituista asetuksista ja tuotteiden täryttämisen ajalla rajan sijaan. Resepteissä 2 ja 5 tuotteet tärytettiin rajalla. Tuloksista nähdään, että tuotteiden täryttäminen

ajalla on parempi tapa kuin rajalla täryttäminen ja luultavasti suurin yksittäinen asia, joka vaikuttaa tuotteen hyvään lopputulokseen. Reseptiin 10 on lisätty myös sementtiä, resepteihin 2 ja 5 verrattuna. Sementin lisäyksen hyödystä ei kuitenkaan ole tarkkoja tuloksia, joten se on mahdollisesti turhaa. Myöskin ajalla täryttämistä tulisi testata erilaisilla sementtimäärillä ja asetuksilla, jotta voidaan olla varmoja, onko se suurin yksittäinen tekijä liittyen tuotteen laatuun.

## 7.4 Tuotantoprosessi

Tuotantoprosessi sisältää raaka-ainevarastot, erilaiset radat ja kuljettimet, vaa`an, sekoittimen eli myllyn, varsinaisen tuotekoneen ja kuivatushallin sekä pakkauskoneen. Seuraavassa kuvassa prosessi on esitelty kaaviona ja sen jälkeen prosessin osat on kuvattu lyhyesti, esittäen samalla myös tärkeimmät laatuun vaikuttavat seikat, jotka tulee huomioida.



Kuva.7 Tuotantoprosessin kaavio

1. 0-8 S
2. 0-8 M
3. filleri
4. 0-4 S
5. 6-12 M
  - 1, 2, 3,4 ja 5 ovat kiviainessiiloja joihin kiviainekset varastoidaan
  - 1: 0-8 seulottu, 2: 0-8 murskattu, 3: filleri, 4: 0-4 seulottu, 5: 6-12 murskattu
  - huomioitavaa:
    - o kiviainesten tasalaatuisuus
    - o eri toimittajien eroavaisuudet
6. sementtisiilo
  - sementin varastointi
  - huomioitavaa
    - o sementin tasalaatuisuus
    - o eri toimittajien eroavaisuudet
7. betonisekoitin



Kuva 8. Betonisekoitin eli mylly, kuva myllytasolta



- sekoittaa sementin, kiviaineksen ja veden keskenään
- huomioitavaa
  - o puhtaus
  - o lavat ja niiden kunto
  - o sisäisten osien säätö
  - o mahdollinen massan erottuminen

#### 8. sementtivaaka

- myllyn päällä
- punnitsee sementin ennen sekoitusta
- huomioitavaa
  - o vaa`an kalibrointi tietyin väliajoin

#### 9. ruuvikuljetin

- vie sementin siilosta sementtivaa`alle
- huomioitavaa
  - o kuljettimen kunnon tarkkailu

#### 10. vaakahihna

- kuljettaa kiviaineksen kiviainesnostimeen
- huomioitavaa
  - o hihnan kunnon tarkkailu

## 11. kiviainesnostin

- nostaa kiviaineksen vaakahihnalta myllyyn
- huomioitavaa
  - o nostimen kunnon tarkkailu ja säännöllinen huolto



Kuva 9. Kiviainesnostin

## 12. tuotekone

- tärkein yksittäinen laite ketjussa
- tekee kappaleet lopulliseen muotoonsa täryttäen ja samanaikaisesti puristaen
- huomioitavaa
  - o koneen puhtaus ensisijaista
  - o alle 100 mm:n tuotteet tärytetään ajalla lujuuden, tasalaatuisuuden sekä tasavärisyyden aikaansaamiseksi
  - o täryjen jatkuva tarkkailu, oikeat pyörimissuunnat
  - o tärykiskojen tarkkailu ja niiden säädöt
  - o oikeanlaiset säädöt jokaiselle tuotteelle
  - o massavaunun puhtaus ja oikeanlaiset säädöt
  - o koneen osien jatkuva tarkkailu kulumien varalta
  - o puhdistus ja rasvaus

### 13.märkärata

- hihna joka vie tuotteet kuivaushalliin
- huomioitavaa
  - o radan kunnon tarkkailu
  - o radalla on kostutusjärjestelmä, jotta tuotteisiin saataisiin välittömästi kostea pinta tuotannon jälkeen ja näin ollen parempi lujuus

### 14.kuivarata

- kuljettaa valmiit tuotteet kuivaushallista pakkaajaan
- huomioitavaa
  - o radan kunnon tarkkailu

### 15.kuivatushalli

- tuotteet viedään kuivatushalliin kovettumaan
- huomioitavaa
  - o hallin kosteuden ja lämmön tarkkailu
  - o lämmön oltava 15-20 astetta
  - o tuuli ja veto ei saa päästä halliin
  - o optimiolosuhteet
  - o tuotteet peitettävä pressuilla vuoron jälkeen lujuuden ja tasavärisyyden aikaansaamiseksi

### 16.pakkauslinja

- pakkaa tuotteet lavojen päälle
- huomioitavaa
  - o säädöt oltava kunnossa
  - o kunnon seuraaminen

### 17.käärintäkone

- käärii lavat muoviin
- huomioitavaa

- säädöt oltava kunnossa
- kunnon seuraaminen

#### 18. rullarata

- rullarata vie valmiit ja pakatut tuotteet ulos tehtaasta, josta ne haetaan trukeilla ja varastoidaan omille paikoilleen
- rullaradalla tuotteisiin laitetaan tuoteselosteet kiinni
- huomioitavaa
  - ratojen kunto

#### 19. trukkilavat

- valmiit tuotteet lastataan lavoille
- huomioitavaa
  - lavojen kunto

#### 20. valvomo



Kuva 10. Valvomo

- tuotantokoneet ovat automaattisia, mutta valvomosta käsin säädetään niiden toimintoja

- esimerkiksi tärytysaikoja ja massan määrää seurataan
- ongelman sattuessa pystytään välittömästi pysäyttämään laitteet ja tekemään muut vaadittavat toimenpiteet
- huomioitavaa
  - o koneenkäyttäjän huolellisuus ja jatkuva tarkkaavaisuus valvomossa

#### 21. väriainessäiliö

- väripigmenttien säilytys ennen myllyyn menoa
- huomioitavaa
  - o toiminnan varmistaminen siten että väri pysyy tasalaatuisena
  - o säiliössä sijaitsevan sekoittajan kunto

#### 22. siirtonosturi

- nostaa tuotteet märkähihnalta kuivaushalliin ja vastaavasti valmiit tuotteet kuivaushallista kuivaradalle
- huomioitavaa
  - o koneen säädöt
  - o konetta kannattavien vaijerien kunto ja tarvittaessa niiden vaihto

(Lahti R ja P, 9.3.2010; Lahti, R. 2010, 5; Betonilaatan henkilöstö, 31.3.2010)

## 7.5 Betonituotteiden jälkihoito

Jälkihoidon tarkoituksena on aikaansaada olosuhteet, jossa kappale kovettuu saavuttaen suunnitellun loppulujuuden ja muut betonin tavoitteeksi asetetut ominaisuudet (Suomen Betoniyhdistys ry 2005, 331). Jälkihoitoon kuuluu:

- Kappaleen suojaaminen tuulta, vetoa, auringonpaistetta ja kylmää/kuumaa vastaan
- Veden haihtumisen estäminen
- Kappaleen kastelu ja kostuttaminen
- Oikeasta kovettumislämpötilasta huolehtiminen (15-20 astetta)  
(Suomen Betoniyhdistys ry 2005, 331)

### 7.5.1 Tuotteiden peittäminen

Peittämiseen voidaan käyttää:

- muovikalvoa
- erilaisia pressuja ja kevytpeitteitä
- kalvolla päällystettyjä mattoja (kylmissä olosuhteissa)

Betonikappaleen peittäminen on huolellisesti tehtynä hyvä jälkihoitomenetelmä. Pintaa ei tarvitse enää kastella erikseen, sillä betonista haihtuva kosteus tiivistyy peitteen ja kappaleen pinnan väliin. (Rudus Oy 2010)

Betonikappaleiden peittäminen estää ulkoiset haittavaikutukset ja samalla myös veden haihtumisen rakenteesta pois. Kappaleen suojaamatta jättämisen seurauksena voi olla halkeilua ja veden haihtuessa myös lujuuden kasvu voi pysähtyä. (Suomen Betoniyhdistys ry 2005, 332)

Peittäminen on tehtävä kuitenkin mahdollisimman nopeasti tuotteen valmistuksen jälkeen ja peitteen saumakohdat on tarkoin tiivistettävä esimerkiksi teipillä, jottei tuuli pääse puhaltamaan peitteen alle. (Rudus Oy 2010)

### 7.5.2 Tuotteiden kastelu/kostutus

Betonikappaleiden riittävä vesimäärä on mahdollista turvata myös kastelemalla/kostuttamalla kappale. Kastelu pitää aloittaa heti kun kappale kestää sen. Kosteana pitäminen jatkuu 1-2 vuorokautta. (Suomen Betoniyhdistys 2005, 332)

Peittäminen sekä kastelu voidaan myös yhdistää, jolloin tuotannosta tulleet kappaleet kostutetaan välittömästi sen ollessa mahdollista ja tämän jälkeen peitetään huolellisesti.

Kappaleen kosteana pitäminen on välttämätöntä, jotta kovettumisreaktiot jatkuisivat riittävän kauan ja betoni saavuttaisi tavoitellun lujuuden. Tämä on erityisen tärkeää maakostealle betonille, jossa ei ole ylimääräistä vettä kuten notkeissa betonimassoissa.

### 7.5.3 Kovettumislämpötila

Betonin lujuuden kehitys hidastuu liian alhaisen lämpötilan vuoksi, joka aiheuttaa lujuuskatoa. Myös oikein korkea, eli yli 60 asteen lämpötila huonontaa tuotteen loppulujuutta.



Kuva 9. Kuivatushalli

Oikean lämpötilan aikaansaamiseksi on huolehdittava, että kuivatushallissa, jossa tuotteet ovat kovettumassa, on mahdollista nostaa lämpötilaa talven kylmissä olosuhteissa. Lämpötilan nostoon ja ylläpitoon voidaan käyttää esimerkiksi sähköisiä lämmittimiä.

On myös syytä tarkistaa ettei kuivatushallissa pääse syntymään minkäänlaista vetoa, joka vaikuttaa heikentävästi tuotteiden laatuun liian nopeasta kuivumisesta johtuen. Kaikki ovet ja luukut ovat pidettävä suljettuina.

Suomen vaihtelevissa olosuhteissa on syytä seurata kuivatushallin lämpötiloja sekä tuotteiden lujuuden kehitystä.



## 8 Tulevaisuus

Betonilaatan tavoitteena on kuulua tulevaisuudessa ISO 9001 laadunhallintajärjestelmään. ISO 9001 järjestelmässä kaikkien organisaatiossa tapahtuvien asioiden tulee olla dokumentoitu, joka on suuri haaste yritykselle. ISO 9001 laadunhallintajärjestelmään päästäkseen ei yrityksen tarvitse olla kuitenkaan täysin valmis, vaan ajatuksena on, että yrityksellä on halu mennä koko ajan eteenpäin ja kehittää toimintaa. ISO 9001 järjestelmään liittymisen hyödyt ovat juuri kaiken tiedon saatavuus dokumentoinnista johtuen. Tämän takia kaikki toiminta yrityksessä on järjestelmällisempää, koska kaikki tiedot voidaan tarkastaa jälkeenpäin.

### 8.1 Tulevaisuuden haasteet ja mahdollisuudet laadunvalvonnan suhteen

- kalustelaitteiden ja koneiden tulisi olla jatkuvasti siinä kunnossa että 1-laatua on mahdollista tehdä ja yhtään 2-laatua ei tule
- tason ylläpito vaatii jatkuvaa valvontaa ja tarkkailua
  - o haasteena resurssien riittävyys
- henkilökunnan koulutusta ylläpidettävä jatkuvasti
- keinojen löytäminen henkilökunnan motivointiin
  - o haasteena ylläpitää henkilöstön kiinnostusta omaa työtä ja taitoa kohtaan
- asioiden yksinkertaistaminen ja selkeät työohjeet
- työjohdolta jatkuvaa valvontaa
  - o haasteena työnjohdon motivoituneisuus
- ISO 9001 laatujärjestelmään liittyminen eli kaiken olemassa olevan tiedon dokumentointi
  - o organisaation kaiken tiedon dokumentointi ja henkilökunnan sitoutuminen tähän suuri haaste

- notkistimien käytön mahdollinen lisääntyminen
- mahdolliset valmistusprosessin muutokset
  - o haasteena uusien laitteiden investoinnista muodostuvat kustannukset
- tuotteiden pintakäsittely, joka lisää tuotteen tiiveyttä ja nostaa tuotteen veden ja lian hylkimiskykyä
  - o mahdollisuutena paremmat tuotteet ja sitä kautta myynnin kasvu

(Lahti R ja P 29.3.2010)

## 8.2 Tulevaisuuden haasteet ja mahdollisuudet ympäristön suhteen

- seossementtien käyttöön siirtyminen, koska puhtaat sementit tulevat loppumaan, jonka seurauksena tuotteiden laatu saattaa heikentyä
  - o haasteena tuotteiden laadun pitäminen korkeana
- luonnonsoran saatavuus heikkenee, jolloin joudutaan käyttämään murskattua kiviainesta ja sementtiä enemmän, jonka johdosta muotit kuluu enemmän
  - o haasteena muottien huollon ja tarkastusten ylläpito
- sementin ja kiviaineksen hintojen nouseminen tulevaisuudessa niiden vähyydestä johtuen
  - o saadaanko hintojen nousu siirrettyä tuotteisiin?
- maailma hiilidioksidipäästöistä 5%:a tulee sementin valmistuksesta, jonka vähentäminen on suuri haaste
- hiilidioksidin imeytys ympäristöbetonituotteisiin mahdollisesti tulevaisuudessa
  - o positiivinen haaste jonka kehittämiseen kannattaa käyttää resursseja

- lainsäädännön mahdollinen muuttuminen asfaltin verotuksessa öljyn takia, jolloin asfaltin hinta nousee ja betonituotteiden käyttö mahdollisesti kasvaa (Lahti R ja P 29.3.2010)

## 9 Johtopäätökset

Ympäristöbetonituotteiden laadunvalvonnan kehittäminen ei onnistu yhtä toimintoa parantamalla, vaan se vaatii koko organisaation kaikkien toimintojen kehittämistä sekä henkilöstön täyttä sitoutumista laadun kehittämiseen.

Mielestäni Betonilaatta Oy on jo tämän opinnäytetyön teon aikana edennyt laadunvalvonnassa suurin askelin ja saanut tuotteidensa laatua nostettua tuotteiden testausten ja ulkopuolisen laadunvalvonnan avulla. Kehityskeskustelut sekä säännölliset laatu- ja tuotantopalaverit ovat tulleet osaksi organisaation toimintaa, mikä lisää tiedon kulkua johdon ja työntekijöiden välillä. Ne parantavat myös työntekijöiden motivaatiota, kun asioista on mahdollista yhdessä keskustella ja työntekijät voivat ehdottaa omia ideoitaan.

Jos betonilaatassa katsotaan tarpeelliseksi tehdä ohjeita esimerkiksi tuotekoneen käyttäjille, tulisi niiden olla lyhyitä ja selkeitä. Liian pitkät ohjeet jäävät luultavasti lukematta. Ohjeet olisi mielestäni syytä myös tehdä niillä paikoilla missä niitä käytetään. Hyvä yleistys olisi, että mikä tahansa ohje saisi olla enintään yhden sivun pituinen.

Hyvän tuotteen aikaansaamiseksi tärkeimmät seikat ovat tuotekoneen asetukset, tuotteen resepti sekä jälkihoito. Betonilaatta on tehnyt reseptien testausta ja löytänyt oikeanlaiset reseptit, joilla saadaan tuotteista laadukkaita. Reseptien testaus on siis ollut tuloksellista. Tuotteiden jälkihoito ja siihen liittyvät seikat tuntuvat usein unohtuvan, tai niitä ei välttämättä pidetä niin tärkeinä. Jälkihoidon merkitystä ei voi liikaa kuitenkaan korostaa, sillä hyvin tehty tuote on mahdollista vielä pilata, jos jälkihoidosta ei huolehdi. Erityisesti peittäminen sekä oikeanlainen lämpötila vedottomassa kuivatushallissa ovat asioita, jotka pitää huolellisesti suunnitella ja toteuttaa.

Opinnäytetyötä tehdessä huomasin, että joitakin asioita voisi jatkossa tutkia ja kehittää vielä lisää, esimerkiksi opinnäyte- tai projektityön muodossa. Tutkimiskohteena voisi olla tarkastusmallien muokkaus juuri Betonilaatalle sopiviksi. Tämä vaatii kuitenkin tuloksia tietyltä aikaväliltä, jotta tiedetään, mitkä

tarkastusmallin osat ovat tärkeitä. Oman toimivan tarkastusmallin kehittäminen olisi mielestäni hyödyksi yritykselle, koska se tehostaisi toimintaa.

Toinen tutkimuskohde voisi olla hiilidioksidin sitominen ympäristöbetonituotteeseen. Tuote imisi hiilidioksidia itseensä, jolloin se olisi erittäin ympäristöystävällinen. Kehittäminen tosin saattaa olla melko kallista, mutta onnistuessaan tuote olisi luultavasti menestys ja kehitykseen käytetyt rahat tulisivat mahdollisesti moninkertaisina takaisin.

Betonilaatan ISO 9001-laatujärjestelmään pyrkiminen on mielestäni erittäin hyvä ratkaisu, joka tulee varmasti tuottamaan tulosta. Toimiessaan ISO 9001 tehostaa ja järjestelmällistää toimintaa, jonka johdosta yleiskuva toiminnasta selkeytyy ja myös henkilöstö tietää omat vastuut ja tehtävät. Pienenä riskinä näkisin kuitenkin ISON täydellisen toiminnan, koska se vaatii koko organisaatiolta jatkuvaa asioiden dokumentointia.

Itse kiinnittäisin huomiota henkilökunnan fyysiseen hyvinvointiin. Betonilaatta voisi kannustaa työntekijöitään liikkumaan, tiettyjä liikuntaetuja hankkimalla. Pitämällä henkilöstö hyvässä kunnossa, pystyttäisiin ennaltaehkäisemään mahdollisia vammoja.

Laadunvalvonnan parantamisella saadaan aikaan myös monia konkreettisia parannuksia. 2-laadun poistumisen myötä yrityksen maine paranee, koska 2-laatu huonontaa aina yrityksen mainetta. Jos tuotteen laatu pystytään pitämään hyvänä, ei huonosta laadusta johtuvia katkoksia tule. Myös palkka-, raaka-aine- ja jätekulut pienenevät.

Yrityksen tulot kasvavat, koska hyvälaatuista tuotetta pystytään myymään korkeampaan hintaan ja hyvä tuote menee myös paremmin kaupaksi. Resurssien kasvun myötä on taas enemmän mahdollisuuksia toiminnan ja myyntityön kehittämiseen, jolloin toiminta kasvaa ja työpaikkoja muodostuu lisää. Toivottavaa on, että kehityksestä muodostuu positiivinen oravanpyörä, joka jatkaa kasvuaan tasaisen varmasti.

Henkilöstön motivaatio nousee paremmin sujuvien töiden ansiosta, mikä näkyy henkilöstön viihtyvyytenä töissään. Hyvien tuotteiden ja palveluiden ansiosta myös asiakkaat ovat tyytyväisiä.

Laadunvalvontaan liittyvät seikat ovat usein hyvin yksinkertaisia. Niissä pitää olla vain tarkka ja huolellinen. Terveen maalaisjärjen käyttö saattaa usein viedä varmemmin perille kuin erilaiset standardit ja säädökset, niitä kuitenkin sivuuttamatta.

## 10 Yhteenveto

Opinnäytetyön tarkoituksena oli ympäristöbetonituotteiden laadunvalvonnan kehittäminen Betonilaatta Oy:ssä. Betonilaatan tavoitteena on kehittää omaa laadunvalvontaansa ja päästä Inspectan sertifioidun laadunvalvonnan piiriin, mikä tulee olemaan tulevaisuudessa ja on osittain jo nykyään monien tilaajien vaatimuksena.

Opinnäytetyössä tutkittiin tuotteiden, koneiden, tilojen sekä organisaation kehityskohteita laadun parantamiseksi, jotta sertifikaattia on mahdollista hakea. Tuotteiden testaukset rajattiin betonisiin päällystekiviin, päällystelaattoihin ja reunatukiin, koska vain kyseiset tuotteet otettiin huomioon sertifikaattia haettaessa.

Menetelminä käytettiin kirjallisuustutkimuksia, haastatteluja ja internetlähteitä. Tehtaisiin tehtiin vierailuja, joissa seurattiin tuotteen tekoprosessia sekä tutustuttiin laitteisiin ja tiloihin.

Työtä tehdessä löydettiin kehityskohtia sekä monia keinoja, joilla laadunvalvonnan tasoa on mahdollista nostaa ja ylläpitää. Tuotteet, tuotanto, organisaatio sekä ulkopuolinen laadunvalvonta vaikuttavat kaikki omalta osaltaan laatuun. Siksi tässä työssä tutkittiin kaikkia asioita tasapuolisesti, mihinkään asiaan sen enempää syventymättä. Toivottavaa on, että myöhemmin jotain tiettyä yksittäistä laatuun tai laadunvalvontaan vaikuttavaa asiaa tutkitaan tarkemmin, jolloin päästään yksityiskohtaisempiin tuloksiin.

Työn tuloksena voidaan pitää ympäristöbetonituotteiden laadunvalvontaan liittyvien asioiden tutkimista ja yhteenkokoamista. Työssä esitetään laadunvalvonnan kehityskohteita sekä laadunvalvonnan tason nostamiseen tarvittavia keinoja.

## LÄHTEET

Agronet 2010. Tuotekehitysseminaari 2.-4.4.1998: Pienyrityksen laadunhallinta. Viitattu 19.3.2010 <http://www.agronet.fi/mkl/yleiset/tiedotus/laatu/pienyrit.htm>

Betoniteollisuus ry 2010, Ympäristöbetonituotteet yleisesti. Viitattu 9.3.2010 [http://www.betoni.com/fi/Betonituotteet/Ympäristötuotteet/](http://www.betoni.com/fi/Betonituotteet/Ymparistotuotteet/)

Documenta Oy 2010. Laadunhallinnan perusteet. Viitattu 18.3.2010 <http://www.documenta.fi/documenta/wwwfi.nsf/pages/laadunhallinta.html>

Järvinen M. 2010 betonikivien testaustulokset

Kookas 2010. Tuotteen laadun määrittely. Viitattu 1.5.2010 <http://www.kookas.fi/articles/read/6559>

Inspecta sertifiointi. 2006. Tuotesertifiointin yleiset ohjeet. 1. painos.

Lahti, R. 2010. Betonilaatan laatukäsikirja

Lahti, R. 2010. Päivittäinen toiminta laadun ja turvallisuuden varmistamiseksi.

Rudus Oy 2010. Betonin jälkihoito. Viitattu 14.3.2010 <http://www.rudus.fi/fi/Toimialat/Valmisbetoni/Betonilaadun+valinta+ja+käyttö/Betoni,+jälkihoito+ja+kutistuma/>

Suomen Betoniyhdistys ry. 2005. Betonitekniiikan oppikirja 2004 by201. Helsinki: Suomen Betoniyhdistys ry

Suomen standardisoimisliitto 2010. Laadunhallintajärjestelmän luominen. Viitattu 15.3.2010 <http://www.sfs.fi/iso9000/laadunhallinta/>

Suomen standardisoimisliitto SFS ry. 2008. SFS-EN TR52, tuoteryhmäohje.

Suomen standardisoimisliitto SFS ry. 2003. SFS-EN 1338, betoniset päällystekivet. vaatimukset ja testausmenetelmät.

Suomen standardisoimisliitto SFS ry. 2003. SFS-EN 1339, betoniset päällystelaatat. vaatimukset ja testausmenetelmät.



Suomen standardisoimisliitto SFS ry. 2003. SFS-EN 1340, betoniset reunatuet.  
vaatimukset ja testausmenetelmät

Tella Pekka. 2009. Betonituotteiden massan valmistus

## LIITTEET

### Liite 1. Betonisten päällystekivien lujuusvaatimukset

Betonisten päällystekivien Ominaishalkaisuvetolujuuden T tulee olla vähintään 3,6 MPa. Yksikään yksittäinen tulos ei saa olla pienempi kuin 2,9 Mpa. Yksikään murtokuorma saa olla pienempi kuin 250 N.(SFS-EN 1338 Betoniset päällystekivet Vaatimukset ja testausmenetelmät)

### Liite 2. Betonisten päällystelaattojen lujuusvaatimukset

Betonisten päällystelaattojen taivutuslujuusluokat

Luokka	Merkintä	Ominaistaivutuslujuus Mpa	Vähimmäistaivutuslujuus Mpa
1	S	3,5	2,8
2	T	4,0	3,2
3	U	5,0	4,0

SFS-EN 1339 Betoniset päällystelaatat. Vaatimukset ja testausmenetelmät

Betonisten päällystelaattojen murtokuormaluokat

Luokka numero	Merkintä	Ominaismurtokuorma kN	Vähimmäismurtokuorma kN
30	3	3,0	2,4
45	4	4,5	3,6
70	7	7,0	5,6
110	11	11,0	8,8
140	14	14,0	11,2
250	25	25,0	20,0
300	30	30,0	24,0

SFS-EN 1339 Betoniset päällystelaatat. Vaatimukset ja testausmenetelmät

### Liite 3. Betonisten reunatukien lujuusvaatimukset

#### Betonisten reunatukien taivutuslujuusluokat

Luokka	Merkintä	Ominaislujuus Mpa	Vähimmäislujuus Mpa
1	S	3,5	2,8
2	T	5,0	4,0
3	U	6,0	4,8

SFS-EN 1340 Betoniset reunatuet. Vaatimukset ja testausmenetelmät

