

PAIKALLA RAKENNETUN KYLPYHUONEEN RAKENNERATKAISUIDEN KUSTANNUS- JA AIKATAULUVERTAILU

Ville Kosunen

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2012

Rakennustekniikan koulutusohjelma
Tekniikan ja liikenteen ala





Tekijä(t) KOSUNEN, Ville	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 20.4.2012
	Sivumäärä 43	Julkaisun kieli Suomi
	Luottamuksellisuus () saakka	Verkojulkaisulupa myönnetty (x)
Työn nimi PAIKALLA RAKENNETUN KYLPYHUONEEN RAKENNERATKAISUIDEN KUSTANNUS- JA AIKATAULUVERTAILU		
Koulutusohjelma Rakennustekniikan koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) VIINIKAINEN, Marko		
Toimeksiantaja(t) YIT Rakennus Oy (TJY) HONKONEN, Toni SALMIJÄRVI, Atte		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia paikalla rakennettujen kylpyhuoneiden rakenneratkaisuja ja niiden välisiä eroavaisuuksia kustannuksellisesti sekä aikataulullisesti. Päättökimuskohteena olivat kaksi (2) erityyppistä lattiarakennetta, joiden lisäksi työssä vertailtiin kolmea (3) eri seinärakennetta.</p> <p>Työssä perehdyttiin aluksi rakennekosteuden perusteoriaan, jotta pystyttiin ymmärtämään rakenteissa olevan kosteuden liikkumista ja rakenteiden kuivumista. Samalla käytiin läpi kosteusmittaustapoja ja mittauksiin käytettäviä tyypillisiä mittalaitteita. Sen jälkeen alettiin toteuttaa varsinaista toimeksiantoa eli rakenteiden välistä vertailua. Aluksi kerättiin tietoja materiaali- ja työkustannuksista sekä niiden menekeistä. Kaikki kustannukset koottiin jokaisen rakenteen osalta omaan taulukkoonsa. Taulukoiden avulla saatiin selville jokaiselle lattia- ja seinärakenteelle euromääräinen hinta yhtä (1) valmista neliometriä kohden.</p> <p>Kustannusten lisäksi lattiarakenteiden kuivumisaikoja vertailtiin keskenään kosteusmittauksista pidettyjen pöytäkirjojen perusteella. Mittaustulosten perusteella pystyttiin toteamaan rakennepaksuuden merkittävä vaikutus rakenteen kuivumisaikaan. Seinärakenteille laskettiin Rakennustöiden menekit 2010:n mukaisesti kokonaisaika T4, joka kuluu yhden (1) neliometrin kokoisen alueen valmistamiseen.</p> <p>Tutkimusten perusteella todettiin lattiarakenteiden osalta, että lisäämällä kustannusresursseja päästään runsaasti aikataulullisiin säästöihin. Tässä tapauksessa aikaa säästyi noin kaksi kuukautta. Ajallinen säästö ei lyhennä kokonaisrakennusaikaa, mutta vesieristystyöt päästään aloittamaan kaksi (2) kuukautta aiemmin.</p> <p>Tulevaisuudessa olisi syytä tutkia kylpyhuone-elementtien ja muiden märkätiloihin kehitettyjen elementtien kannattavuutta ja käyttämistä rakennustuotannossa.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Märkätila, kosteus, paikalla rakentaminen,		
Muut tiedot		



Author(s) KOSUNEN, Ville	Type of publication Bachelor's Thesis	Date 20042012
	Pages 43	Language Finnish
	Confidential () Until	Permission for web publication (x)
Title COST AND SCHEDULE COMPARISON ON STRUCTURAL SOLUTIONS OF BATHROOM BUILT ON-SITE		
Degree Programme Civil Engineering		
Tutor(s) VIINIKAINEN, Marko		
Assigned by YIT Rakennus Oy (TJY) HONKONEN, Toni SALMIJÄRVI, Atte		
Abstract <p>The purpose of this thesis was to study structural solutions of bathrooms which are built on-site and compare the differences between costs and schedules. The research focused on two different types of floor structures. In addition to these, the research also compared three different types of wall structures.</p> <p>At first the thesis discusses the theory of structural moisture so that it is possible to understand the movements of moisture and how the structures dry. At the same time moisture measurement methods and the general instruments for the measurements are discussed. After that the actual research about the comparison of the structures began. Initially information about labor and material cost was collected. All costs were presented for each structure with its own table. Using the set of tables the price for every floor and wall structure in euros per one manufactured square meter could be calculated.</p> <p>In addition to the cost structures of the floor, the drying times were compared based on the moisture measurement minutes. Based on the results it could be established that thickness of the structure has a significant effect on the drying time. According to the Rakennustöiden menekit 2010, the manufacturing time for one square meter of wall structure was calculated.</p> <p>According to the research, a great amount of time could be saved for the floor drying time by increasing the financial resources. In this case about two months' time was saved. Two month time saving does not reduce the total construction time but waterproofing work can be started two months earlier.</p> <p>In the future it would be necessary to make a research about costs and the use of the construction process for bathroom elements and other elements which are developed for wet areas.</p>		
Keywords Wet area, moisture, built on-site		
Miscellaneous		

SISÄLTÖ

1 TYÖN LÄHTÖKOHDAT	3
2 BETONIN RAKENNUSFYSIIKKA	4
2.1 Kosteus.....	4
2.2 Betonilattiarakenteen kuivuminen	6
2.3 Lattiarakenteessa olevan kosteuden mittaaminen.....	10
3 VIRANOMAISMÄÄRÄYKSET	12
4 LATTIARAKENTEEN VALINTA JA KUSTANNUKSET	14
4.1 Lattiarakenne 1:n toteutus	14
4.2 Lattiarakenne 2:n toteutus	16
4.3 Lattiarakenteiden kuivuminen ja päällystettävyyys	19
4.5 Rakennevalinnoista aiheutuvat kustannukset.....	23
5 SEINÄRAKENTEEN VALINTA JA KUSTANNUKSET	27
5.1 Kivirakenteinen seinä	27
5.2 Levyrakenteinen seinä.....	28
5.3 Märkätilajärjestelmä	29
5.4 Rakennevalinnasta aiheutuvat kustannukset.....	29
5.5 Rakennevalintojen työmenekit	32
6 TUTKIMUSTULOKSET	35
7 POHDINTA	37
LÄHTEET.....	40

KUVIOT

KUVIO 1. Porareikämittausyvytydet	11
KUVIO 2. Lattian työvaiheet etenemisjärjestyksessä, Kelokatu 1	15
KUVIO 3. Ennen valua suoritettut työt, Kelokatu 1.....	15
KUVIO 4. Ennen kevytsorabetonin valua, Kelokatu 3.....	16

KUVIO 5. Kevytsorabetonin valu	17
KUVIO 6. Lattian työvaiheet etenemisjärjestyksessä, Kelokatu 3	18
KUVIO 7. Kevytsorabetonoinnin jälkeiset työt ennen pintavalua	19
KUVIO 8. Periaatekuva, lattiarakenne 1	20
KUVIO 9. Periaatekuva, lattiarakenne 2	21

TAULUKOT

TAULUKKO 1. Suhteellisen kosteuden enimmäisarvot	8
TAULUKKO 2. Kuivumisaikaan vaikuttavat kertoimet	9
TAULUKKO 3. Lattiakustannukset, Kelokatu 1.....	24
TAULUKKO 4. Lattiakustannukset, Kelokatu 3.....	26
TAULUKKO 5. Kiviseinärakenteisen märkätilan väliseinän kustannukset	31
TAULUKKO 6. Kipsilevyrakenteisen märkätilan väliseinän kustannukset	31
TAULUKKO 7. Märkätilanjärjestelmän kustannukset	32
TAULUKKO 8. T4, kiviseinärakenne	33
TAULUKKO 9. T4, kipsilevyrakenne	34
TAULUKKO 10. T4, märkätilajärjestelmä	35
LIITTEET	42
Liite 1. Kosteusmittauspöytäkirja, Kelokatu 3	42
Liite 2. Kosteusmittauspöytäkirja, Kelokatu 1	43

1 TYÖN LÄHTÖKOHDAT

Asuntorakentamisen osalta on esitetty arvioita, että koko Suomessa vuonna 2011 olisi alettu rakentaa yli 31 000 uutta asuntoa (Rakentaminen 2011). Jyväskylän (TJY:n) alueella YIT Rakennus Oy käynnisti useita talohankkeita, jotka sisälsivät yhteensä 200 asuntoa. Nykyään kilpailutuksella on suuri merkitys kustannuksiin ja yleinen käytäntö onkin, että materiaalit kilpailutetaan hankekohtaisesti. Tässä opinnäytetyössä materiaaleille käytettiin ohjevähittäishintoja (ovh.), joilla pyrittiin tasapuoliseen ja mahdollisimman virheettömään lopputulokseen. Toinen osa kustannuksista aiheutuu työmenekistä eli työmiesten palkoista. Rakennusallalla selkeät osakohteet suoritetaan urakaluonteisesti, joten tässä työssä käytettiin rakennusalan työehtosopimuksen (TES) mukaista urakkahinnoittelua. Näin lopullisista kustannuksista saatiin yleispätevät.

Opinnäytetyössä oli tarkoituksena perehtyä erilaisiin rakenneratkaisuihin rakennettaessa kylpyhuoneita asuinkerrostaloihin. Opinnäytetyön toimeksiantajana oli YIT Rakennus Oy:n (TJY). Työssä käsiteltiin ainoastaan paikalla rakennettuja kylpyhuoneita, eli elementtikylpyhuoneita ei otettu huomioon tutkimuksessa. Tutkimuksessa pyrittiin selvittämään aikataulullisia eroavuuksia ja kustannustehokkuutta eri rakenneratkaisuiden välillä, eli sitä, kuinka materiaalien valinta ja rakenneratkaisu vaikuttavat hintaan ja rakennusaikaan.

Tehokas ja laadukas työskentely ovat avainasemassa nykypäivän rakentamisessa. Tehokkaalla työskentelyllä tarkoitetaan, että työtehtävä päästään suorittamaan ilman turhia taukoja ja viivästyksiä. Tehokkaaseen työskentelyyn päästään laadukkaalla työsuunnittelulla. Tämä on mahdollista, jos materiaalit ovat oikeaan aikaan työmaalla sekä huolehditaan siitä, että työntekijät tekevät heille tuttuja työtehtäviä.

Tutkimukseen otettiin mukaan kaksi (2) erilaista märkätilan lattiarakennetta, jotka on toteutettu Jyväskylän Rasinrinteellä, Kelokatu 1:ssä ja Kelokatu 3:ssa. Lattiarakentei-

den vertailun lisäksi opinnäytetyössä vertailtiin kolmea (3) märkätilan seinärakennetta, jotka jakautuivat kahteen (2) levyseinärakenteeseen ja yhteen (1) kiviseinärakenteeseen. Kiviseinärakennetta käytettiin molemmissa edellä mainituissa kohteissa Rasinrinteellä, levyseinärakenteita on käytetty aiemmin Jyväskylän alueella toteutuneissa asuntohankkeissa.

Tutkimus toteutettiin kirjallisuustutkimuksena, jossa lähdemateriaalina käytettiin YIT Rakennus Oy:ltä saatuja asiakirjoja. Näiden lisäksi teoriaosion pohjana käytettiin rakennusalan teoksia ja julkaisua, jotka liittyivät kosteuteen ja märkätiloihin.

2 BETONIN RAKENNUSFYSIKKA

2.1 Kosteus

Betonirakenne ei koskaan elinkaarensa aikana saavuta täydellistä kuivuuden tasoa, vaan kovettuneessa betonissa on aina hieman sisäistä kosteutta (Merikallio, Niemi, Komonen 2007, 13). Käsite kosteus tarkoittaa vettä, joka on kiinteässä, nestemäisessä tai kaasumaisessa olomuodossa sitoutumattomana (RT 05-10710 1999, 1). Betonin suurin vedenlähde on betonin valmistusprosessi, jossa vettä käytetään hyvin paljon. Veden tarkoitus on reagoida sementin kanssa muodostaen sementtiliiman, jonka avulla betonimassan pääraaka-aine eli kiviaines pystyy sitoutumaan. Pieni osa (noin 20 painoprosenttia) betonin valmistuksessa käytetystä vedestä sitoutuu kemiallisesti ja loput käytetystä vedestä sitoutuu fysikaalisesti. Fysikaalisesti sitoutunut vesi sijaitsee betonin huokosissa ja poistuu rakenteen kuivumisen edistyessä. Mikäli betonirakennetta ei pinnoiteta läpäisemättömillä pinnoitteilla, rakenteesta haihtuu ympäristöön fysikaalisesti sitoutunutta vettä, kunnes ympäristö ja betonirakenne saavuttavat hygroskooppisen tasapainokosteuden. (Merikallio, Niemi, Komonen 2007, 13–14.)

Liiallinen rakenteissa oleva kosteus pilaa helposti rakenteen ja sisäilmaston. Vääränlainen kosteus rakenteissa saattaa aiheuttaa pinnoitteiden kanssa kemiallisia reaktioita, joiden tuotteina on ihmisen terveydelle vaarallisia yhdisteitä. Tämän vuoksi rakennus on rakennettava ja suunniteltava siten, että rakenteen ja pinnoitemateriaalin väliin ei pääse kosteutta. Kosteuden pysyessä poissa pintamateriaalin alta, se ei myöskään pääse aiheuttamaan terveysriskiä asukkaille. (C2 1998, 3-5.) Rakennustyömaan aikana on useita eri lähteitä, jotka voivat aiheuttaa rakenteiden kostumista. Etenkin betonirakenteilla suurin kosteudenlähde on jo edellä mainittu massan valmistusprosessi, jossa vettä käytetään raaka-aineena. Muita kosteuden lähteitä rakennusaikana ovat kesällä sadevedet ja talvella lumi, jotka pääsevät sisään suojaamattomista aukoista. (RIL 107–2000 2004, 21–26.)

Edellä mainittujen kosteuslähteiden lisäksi rakenteisiin voi päästä maanpinnalta valumavesiä, koska rakennusaikana maanpinnanmuotoja ei ole viimeistely. Maaperästä pääsee alapuolisiin rakenteisiin nousemaan kosteutta kapillaarisesti, mikäli sitä ei ole estetty oikeaoppisesti. Veden kapillaarivirtaus estetään salaojittamalla rakennuspohja. Salaojakerros, johon asennetaan tarvittaessa myös salaojaputket, tehdään hyvin vettäläpäisevästä kiviaineksesta, jonka raekoko on kauttaaltaan sama. Kyseisen kerroksen paksuus tulee olla minimissään kaksisataa (200) millimetriä. Rakennuksen ulkopuolinen salaojitus tulee toteuttaa siten, että salaojaputkisto ei pääse jäätymään, eikä putkistoon saa ohjata sade- ja sulamisvesiä. Salaojaputkisto tulee ulottaa vähintään viidensadan (500) millimetrin syvyyteen maanpinnasta, jotta ne eivät pääse jäätymään. Alapohjan alle asennettava salaojaputkisto tulee ulottaa salaojakerroksen alapuolelle ja anturaan nähden sen tulee olla kokonaisuudessaan anturan alapinnan alapuolella. Usein rakennetaan maanpinnantason alapuolelle esimerkiksi kellaritilat. Tällöin on huolehdittava, että pohjavesi ei pääse tunkeutumaan rakenteisiin. Pohjaveden voidaan olettaa nousevan aivan maanpinnantasolle. (C2 1998, 5-7.)

Betonilattiat 2002:n (2002, 129) mukaan ”betonilattian kosteuspitoisuus ilmoitetaan ja mitataan suhteellisena kosteuspitoisuutena” (RH %). Tämä kyseinen suhteellisen kosteuden arvo antaa tiedon siitä, kuinka paljon betonin huokosilmatilassa on koste-

utta vesihöyryn muodossa. Mitattaessa suhteellista kosteutta ei saada tietää betonin sisältämää kosteutta vaan betonin huokosilmatilan kosteuspitoisuus.

2.2 Betonilattiarakenteen kuivuminen

Betonirakenteen kuivuminen tapahtuu kahdella eri tavalla: Toinen tavoista on sitoutumiskuivuminen, jossa veden ja sementin välillä tapahtuu kemiallinen reaktio. Reaktio käynnistyy heti valun jälkeen, jolloin betonia ei enää saa häiritä. Reaktiossa vettä kuitenkin sitoutuu hyvin pieni määrä, näin ollen sen vaikutus betonirakenteen suhteelliseen kosteuteen on hyvin pieni. Heti valun jälkeen betonin suhteellinen kosteus (RH) on 100 %. Sitoutumisen jälkeen samaisen rakenteen suhteellinen kosteus vaihtelee välillä 90–98 %. Tähän vaihteluväliin vaikuttaa suuresti käytetty betonilaatu ja vesi-sementtisuhte. Tämän jälkeen käynnistyy haihtumiskuivuminen. Haihtuminen tapahtuu siten, että syvemmältä betonirakenteesta kosteus nousee kapillaarisesti pintaa kohti, josta kosteus lopulta pääsee haihtumaan ympäröivään tilaan. Haihtumiseen vaikuttavia tekijöitä ovat ympäröivän tilan kosteusolot ja lämpötila, mitä kuivempi ja lämpimämpi ympäristö, sitä nopeammin rakenteesta pääsee haihtumaan kosteutta. Toki betonilaadulla on myös oma asemansa kuivumisen kannalta. Tiiviillä betonilla on huonompi imukyky, joka vaikeuttaa myös rakenteen kapillaarista kosteuden siirtymistä rakenteen keskeltä pintaa kohden. (Merikallio, Niemi, Komonen 2007, 20–23.)

Työn aikana betonilattiarakenteen kuivumista voidaan hallitusti tehostaa laskemalla ilman kosteuspitoisuutta lattiarakennetta ympäröivässä tilassa. Tuuletuksen avulla saadaan ilma virtaamaan. Tuuletus tapahtuu ovien ja ikkunoiden kautta, sillä rakennukseen asennetut ilmastointikanavat täytyy pitää tulpattuina koko rakentamisen ajan. Parhaiten huoneilman kosteuspitoisuutta saadaan laskettua käyttämällä erillisiä huoneilmakuivaimia. Keväällä ja kesällä ulkoilman suhteellinen kosteus on matala, jolloin ovia ja ikkunoita auki pitämällä saadaan helposti ilmavirtausta aikaan ja huoneilmaa kuivemmaksi. Talviaikaan huoneisiin voidaan tuoda erillisiä lämpöpuhaltimia, jolloin saadaan huoneilman lämpötilaa kohotettua. Huoneilmaa lämmittäessä on

huolehdittava, että samanaikaisesti kosteutta saadaan poistettua ilmasta. Tehokkain tapa lyhentää betonin kuivumisaikaa on lämmittää valettua betonia. Lämpötilaa nostamalla tulee ottaa huomioon, että betonilattian kuivuminen ei pääse tapahtumaan liian nopeasti. Kuivuessaan betoni kutistuu, mikäli kuivuminen pääsee tapahtumaan liian nopeasti, voi kutistuminen aiheuttaa lattian halkeilua. Liian nopean kuivumisen seurauksena myös betonin lujuuden kehitys kärsii. Mikäli on oletettavaa, että betonista vesi pääsee haihtumaan liian nopeasti, on sitä syytä rajoittaa, jotta edelle mainittua halkeilua ei pääse tapahtumaan. (Betonilattia 2002 2002, 129–130.) Betonilattiarakenteen kuivuminen suunnitellussa ajassa edellyttää myös sitä, että ylimääräistä kosteutta ei rakenteeseen pääse. Rakennusaikainen kastuminen pidentää rakenteen kuivumisaikaa huomattavasti. Betonin kovettuessa huokokset tiivistyvät, jolloin kuivuminen luonnollisesti hidastuu. Kyseiset huokokset eivät kuitenkaan estä veden imeytymistä rakenteeseen, tämän vuoksi rakenteen päästessä kastumaan kuivuminen vie pidemmän ajan. (Merikallio, Niemi, Komonen 2007, 17.)

Betonilattian kuivumisaikaan voidaan oleellisesti vaikuttaa betonilaadun valinnalla. Kohteeseen sopivan betonilaadun valinnalla kuivumisaikaa saadaan vähennettyä 2 - 10 kertaa lyhyemmäksi. Betonin laadullisia tekijöitä ovat mahdollisimman alhainen vesi-sementtisuhte, massan huokoistus sekä massassa käytettävän kiviaineksen mahdollisimman suuri raekoko. Valun paksuus on yksi merkittävimmistä tekijöistä, joka vaikuttaa lattiarakenteen kuivumiseen sen ohella, pääseekö rakenne kuivumaan molempiin suuntiin vai pelkästään yhteen suuntaan. Tutkimuksilla on osoitettu, että laatan paksuuden kaksinkertaistuessa kuivumisaika voi pidentyä 2 - 4 -kertaiseksi. (Betonilattiat 2002 2002, 139.)

Suomen betoniyhdistyksen (BY 45) ja Suomen betonilattia yhdistyksen (BLY 7) kirjassa (Betonilattiat 2002) on taulukko, jossa on annettu ohjearvoja suhteellisen kosteuden (RH) tasosta betonilattian päällystettävyydelle. Päällystemateriaaleista suurin osa vaatii alla olevan betonin suhteellisen kosteuden tasoksi 80–90 % (ks. taulukko 1). Tämä oletusarvo ei tarkoita sitä, että betonirakenteen tulisi kokonaisuudessaan saavuttaa kyseinen taso, vaan taso tulee saavuttaa tietyllä syvyydellä pinnasta alaspäin. Kirjoissa ja julkaisuissa annetut arvot ovat ohjeellisia, niiden perusteella pystytään

toteuttamaan ajallinen suunnittelu päällystettävyyden suhteen. Ennen päällystystyöhön ryhtymistä on tarkastettava pinnoitemateriaalin toimittajan ilmoittama vaatimus suhteellisen kosteuden tasoksi.

TAULUKKO 1. Suhteellisen kosteuden enimmäisarvot (Betonilattiat 2002 2002, 132.)

Betonin suhteellisen kosteuden (RH) enimmäisarvo, %	Päällyste	Huomautuksia
80 Betonin pintaosien (2...3 cm) oltava alle 75 %	– Mosaiikkiparketti ¹⁾	Kosteusliikkeet Puulajikohtainen (esim. pyökki 80 %, tammi 85 %)
85	– Lautaparketit ²⁾ – Huopa- tai solumuovipohjaiset muovimatot – Kumimatot – Korkkilaatat, laattojen alapinnassa kosteudeneristys (muovikalvo) – Tekstiilimatot, joissa on alusrakenne (kumi, PVC, kumilateksisively) – Luonnonmateriaalista tehdyt tekstiilimatot ilman alusrakennetta	Betonin pintaosat alle 75 % RH Bakteeritoiminta, sienikasvu, vesiliukoisten liimojen kosteuden kestättömyys
90	– Muovilaatat – Muovimatot ilman huopa- tai solumuovipohjaa ³⁾ – Linoleum – Alustaan kiinnittämättömät puulattiat (lautaparketit) ²⁾ , puun ja betonin välissä kosteudeneristys ja sen alla kosteuden poistokanavointi – Polyuretaanimuovimassat – Täyssynteettiset tekstiilimatot ilman alusrakennetta (erikoistapauksissa suht. kosteus <97%) – Keraaminen laatoitus	Kosteus voi aiheuttaa päällysteseen muutoksia. Käytettävän liiman on kestettävä kyseinen kosteus (valmistajan ohjeet!). Vesiliukoista liimaa käytettäessä yleinen kosteusraja on 85 %. Parketin alla esimerkiksi melko tiivis korkkiraematto saumat teipattuina. Seinustoilla maton päällä muovikaista, jonka reunat käännetään seinille. Jalkalistoissa uritus kosteuden poisjohtamista varten. Märissä tiloissa sekä betonin kosteuden ollessa suuri (>90%) mattojen kiinnitykseen on käytettävä vedenpitävää liimaa ja riittävän runsaalla liimamäärällä varmistettava saumojen pitävyys Betonin kutistumat (laattojen tartunta) ⁵⁾
97	– Epoksi-, akryyli- ja polyestermuovimassat ⁴⁾ – Sementtipolymeeripinnoitteet	Betonin pinnan on oltava muovimassaa levitettäessä kuiva sekä riittävän lämmin, muussa tapauksessa pinta on kuivattava välittömästi ennen massan levitystä esim. säteilylämmityksellä kovettumisen ja tartunnan varmistamiseksi Betonin pinta kostea mutta ei irtovettä. Huom. valmistajan ohjeet!

Betonilattian kuivumisajalle voidaan määrittää laskennallinen likiarvo, minkä rakenne vaatii, että betoni saavuttaa RH-tason 90 %. Kaavasta lukuarvojen sijoittamisen jälkeen saadaan viitteellinen kuivumisaika (ks. taulukko 2). Jokaisessa tapauksessa latti-

an suhteellinen kosteus on kuitenkin mitattava erikseen ennen päällystysten aloittamista. (Betoni lattiat 2002 2002, 142.)

Likiarvokaava betonilattian kuivumiselle suhteelliseen kosteuteen (RH) 90 %. (Betoni lattiat 2002, 2002, 142.):

Kuivumisaika = $14 + (a * b * c * d * e * f * g * h * i) * 60$, jossa

a = Betonin lujuuden vaikutuskerroin

b = Betonin iän vaikutuskerroin

c = Ympäröivän ilman suhteellisen kosteuden vaikutuskerroin

d = Ympäröivän ilman lämpötilan vaikutuskerroin

e = Laatan paksuuden vaikutuskerroin

f = Laatan alapuolisen eristeen vaikutuskerroin

g = Raekoon vaikutuskerroin

h = Lisäaineiden vaikutuskerroin

i = Betonimassan notkeuden vaikutuskerroin

TAULUKKO 2. Kuivumisaikaan vaikuttavat kertoimet (Betoni lattiat 2002 2002, 141.)

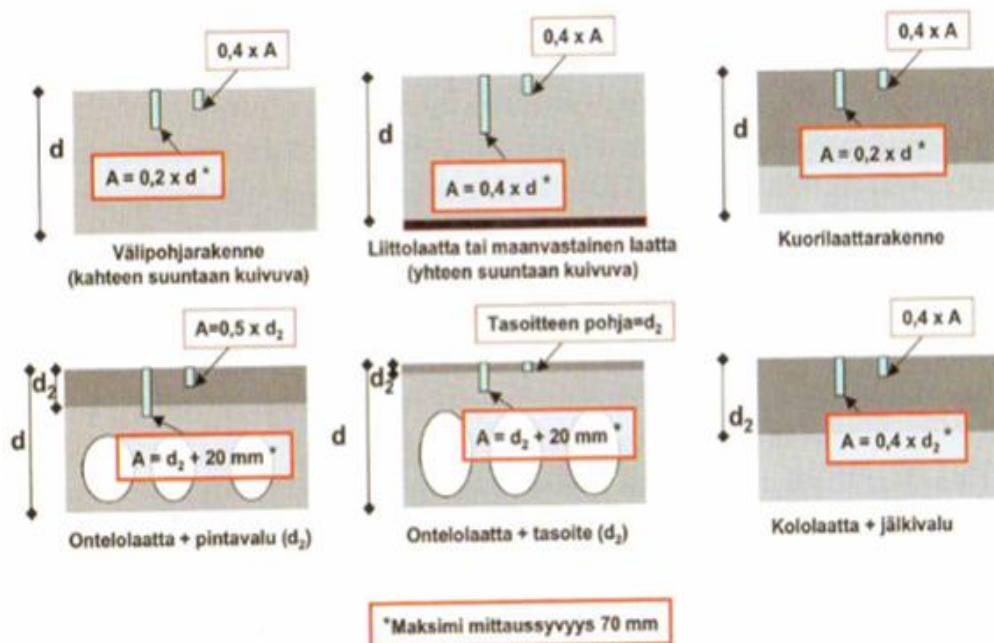
Perustapauksesta poikkeavat rakenne, betonin laatuominaisuudet ja ympäristöolosuhteet otetaan huomioon kertomalla perustapauksen tarpeellinen kuivumisaika 60 d seuraavilla kehyksissä olevilla kertoimilla.			
Muuttuja	Kerroin		
Betonin laatu	Huokostamaton 1,0	Huokostus noin 10 % 0,5...0,6	Lujuus 25...35 MN/m ² 1,0
Ikä	Betonin ikä kuivatusta aloitettaessa	Laatan paksuus [mm]	
		< 150	≥ 150
	1...2 viikkoa 3...4 viikkoa	0,7...0,8 0,9...1,0	1,0 1,0
Kuivumisolosuhteet	Suht. kosteus	20...50 % 1,0	60 % 1,2
	Lämpötila	10 °C 1,4...1,3	20 °C 1,0
		80 % 1,5	30 °C 0,7...0,6
Laatan paksuus	h	60 80 100 120 140 160 200 300 [mm] 0,4 0,7 1,0 1,4 1,8 2,3 3,3 6,3 Kuivuminen vain toiselta puolen Molemminpuolisessa kuivumisessa h = puoli laatan paksuutta	
Alapuolinen lämmöneriste		50 mm solumuovi 1,0...0,9	150 mm kevytsora 0,8...0,7
			50 mm mineraalivilla 0,7...0,6
		Ei muovikalvoa betonin ja lämmöneristeen välissä	
Betonin koostumus	Suurin raekoko	18 mm 0,7	8 mm 1,0
	Lentotuhka ja masuunikuona	1,0	
	Silika	K ≥ K35 1,5	K < K35 1,0
	Notkeus	2...3 sVB 1,0	1...2 sVB 1,2
			notkistaminen lisäaineella

2.3 Lattiarakenteessa olevan kosteuden mittaaminen

Merikallio, Niemi & Komonen (2007, 81) kirjoittavat, että kosteuden mittaamiseen tarkoitettuja mittausmenetelmiä ovat pintakosteudenosoittimet, karbidimittari ja vastusmittarit.

Pintakosteudenosoittimilla voidaan mitata rakenteen kosteutta vahingoittamatta rakenteen pintaa. Mitta-anturi painetaan mitattavalle pinnalle, jolloin laite havaitsee kosteuden, joka on lähellä rakenteen pintaa. Laite ilmoittaa lukuarvon havaitsemalleen kosteudelle. Ilmoitustapa vaihtelee suuresti valmistajien välillä, joten aina ennen mittausta tulee perehtyä laitteen käyttöohjeisiin huolellisesti. Pintakosteudenosoittimilla saatujen tulosten perusteella ei voida ryhtyä suoriin toimenpiteisiin, mutta niiden perusteella pystytään alustavasti havaitsemaan rakenteessa oleva kosteus. Karbidimittaria on käytetty pääsääntöisesti betonin päällystettävyyden arvioinnissa, mutta nykyään tätä mittaustapaa ei suosita, koska mittauksessa saadun kosteuslukeman muuntaminen suhteelliseksi kosteudeksi on hankalaa ja johtaa helposti väärin tulkintoihin. Tulkinnan vaikeuden lisäksi karbidimittaukseen tarvittava näytepala otetaan läheltä rakenteen pintaa, noin 2 cm:n syvyydeltä. Kyseinen mittaussyvyys ei vastaa nykypäivän vaatimuksia mittaussyvyyksien osalta. (Merikallio, Niemi & Komonen 2007, 81.) Vastusmittaus on harvinainen mittaustapa Suomessa. Vastusmittauksessa betoniin porataan kaksi reikää mitta-antureille. Antureiden välissä olevan materiaalin kosteus vaikuttaa sähkövastukseen. Tämän perusteella mittalaite muuntaa antureilta tulevan tiedon painoprosenteiksi, josta saadaan betonin kosteus selville. Edellä mainituilla laitteilla kosteudelle saadaan arvoja, jotka vaihtelevat materiaalin laadun ja mittalaitevalmistajien välillä hyvin paljon. Punnitus-kuivatus-menetelmä on kuitenkin yksi tarkimmista kosteuden mittaustavoista. Menetelmällä saadaan rakenteessa oleva kosteus painoprosentteina. Otettu näytepala punnitaan, minkä jälkeen näyte kuivataan ja punnitaan uudelleen. Erotuksena saadaan näytteen sisältämä vedenmäärä. (Merikallio 2002, 7-8.) Lattiarakenteen suhteellisen kosteuden (RH) mittaaminen työmaalla toteutetaan yleensä porareikämittauksena, mikäli lämpötila on oikea.

Porareikämittaukseen vaadittavaan kalustoon kuuluvat iskuporakone, asennusputki, tiivistysmassa, mittapää sekä näyttölaite. Porareikämittaus suoritetaan vähintään kahdesta eri syvyydestä. Ympäröivän tilan ilmankosteus tulee myös todeta. Mittaus­syvyydet määräytyvät jälkivalun paksuuden perusteella siten, että yhteen suuntaan kuivuvalla lattiarakenteella mittaussyvyys on 40 % laatan paksuudesta ja kahteen suuntaan kuivuvalla 20 % laatan paksuudesta. Suurin mittaussyvyys saa kuitenkin ylettyä seitsemänkymmeneen (70) millimetriin. Mittaus­syvyydet ovat yhteen suun­taan kuivuvalla laatalla $0,4 \cdot d$ ja kahteen suuntaan kuivuvalla laatalla $0,2 \cdot d$, joissa d = jälkivalun paksuus. Työssä käsiteltävän rakenteen (kololaatta + jälkivalu) pora­reikämittaus­syvyytenä käytetään $0,4 \cdot d$, mutta enintään maksimisyvyyttä. (Merikal­lio, Niemi, Komonen 2007, 86–88.) Kuviossa 1 on eritelty erityyppisten rakenteiden porareikämittaus­syvyydet. Kosteus on syytä tarkastaa myös laatan pinnan läheisyy­destä. Mittaus suoritetaan varmuuden vuoksi. Mikäli betoni on päässyt työn aikana kastumaan pinnalta, voi kosteusjakauma olla täysin erilainen kuin teoreettisesti mää­ritelty jakauma. (RT 14–10984 1998, 2.)



KUVIO 1. Porareikämittaus­syvyydet (Merikal­lio, Niemi & Komonen 2007, 88.)

Porareikämittauksessa tulee huomioida jälkivaluun asennetut sähkö- ja vesiputket sekä lattialämmityskaapelit. Paras tapa välttää vahingot porauksen seurauksena on merkata porauskohdat heti valun jälkeen. Porauksen jälkeen reiät puhdistetaan ja asennetaan asennusputket sekä mittapäät, minkä jälkeen putken ympärykset ja päät tiivistetään. Reikien annetaan tasaantua kolme vuorokautta (72h), jonka jälkeen mittapäät kiinnitetään näyttölaitteeseen. Näyttölaitte näyttää reiässä vallitsevan suhteellisen kosteuden (RH) prosentteina. (RT 14–10984 1998, 2-3.) Luotettavin mittaustulos saadaan tilan, jossa mittausta suoritetaan, lämpötilan ollessa noin 20 astetta (Betoni-lattiat 2002, 143.). Mittaustulokset kirjataan pöytäkirjaan ja tulosten perusteella arvioidaan lattiarakenteen päällystettävyyttä. Ennen päällystystyön aloittamista on varmistuttava, ettei lattiarakenteen kosteuspitoisuus ylitä päällystemateriaalin valmistajan ilmoittamaa raja-arvoa.

Kaikista suoritetuista kosteusmittauksista tulee tehdä mittauspöytäkirja, josta käy selkeästi ilmi mittaustapa, käytetyt mittalaitteet, mittaussyvyudet ja mittaussajankohdat. Pöytäkirjassa tulee myös esittää mittauskohdetiedot, joihin kuuluvat yhteyshenkilö, yhteyshenkilön ja mittajaan yhteystiedot sekä kohteen osoite. Näiden lisäksi pöytäkirjassa ilmoitetaan huoneiston numero, tila, jossa mittausta suoritetaan ja mittauksista saadut tulokset. (Merikallio, Niemi & Komonen, 2007, 89.)

3 VIRANOMAISMÄÄRÄYKSET

Märkätilaksi luetaan tila, jonka rakenteiden sisäpinnat altistuvat roiskevedelle ja tiivistyvälle vedelle käyttötarkoituksensa vuoksi. Yleisimpiä märkätilaksi luokiteltavia tiloja ovat kylpyhuoneet, pesutilat sekä saunat. Märkätiloissa on hyvä käyttää erillistä lattialämmitystä, joka ei kuitenkaan saa korvata vesieristystä. Lattialämmitys säädetään lämmittämään lattian pinta korkeintaan + 28 °C:ksi. (RIL 107–2000 2004, 141–150.)

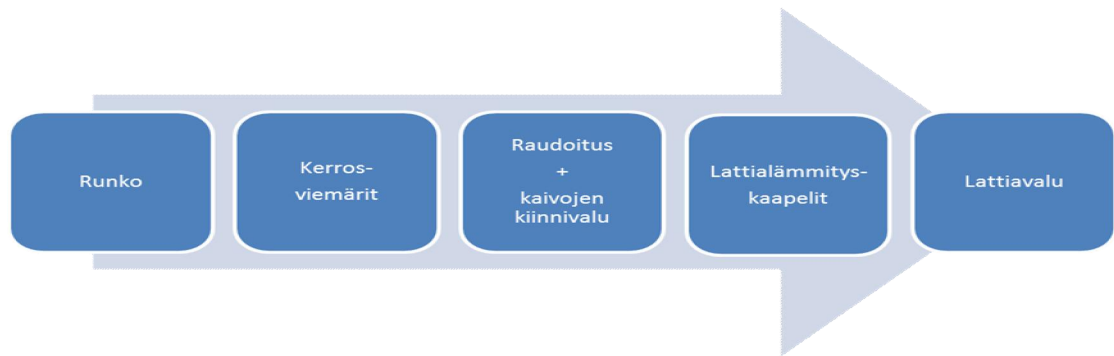
Suomen rakentamismääräyskokoelman osan C2 (1998, 14–15) mukaan märkätila on suunniteltava erityisen huolellisesti siten, että vedellä ei ole mahdollisuuksia päästä tunkeutumaan märkätilaa ympäröiviin rakenteisiin. Veden tunkeutuminen rakenteisiin estetään pintamateriaaleilla, jotka samalla toimivat vesieristeenä tai pintamateriaalin alle tulevalla erillisellä vedeneristyskerrokselle. Suunniteltaessa märkätilan vedeneristystä on huomioitava rakennusaikana lattiaan kohdistuvat rasitukset ja se, että hankkeen valmistuttua vedeneristyksen tulee kestää pienet alustan liikkeet vaurioitumatta. Mikäli vedeneristys toteutetaan erikseen lattiarakenteelle ja seinärakenteelle, tulee varmistua siitä, että saumakohta on nostettu seinälle tarpeeksi korkealle, noin sata (100) millimetriä ja sauman tulee olla täysin vesitiivis. Saumakohta toteutetaan siten, että seinän vesieristys limitetään lattian vesieristyksen päällä, jolloin seinällä valuvan roiskeveden pääsy estyy lattian vedeneristeen alle.

Märkätilan läpivienneille ja valmiille lattiapinnalle on asetettu määräyksiä ja ohjeita Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa C2 (1998, 16) sekä Suomen Rakennusinsinöörien liiton, RIL ry:n, julkaisussa RIL 107–2000 rakennusten veden- ja kosteudeneritysohjeissa (2004, 141–152.). Läpivientejä pyritään suunnittelemaan märkätiloihin mahdollisimman vähän. Pakollisia läpivientejä ovat lattiakaivot ja poistoputket wc-istuimelle, käsienpesualtaalle sekä pesukoneen poistovedelle. Yleensä kyseiset läpiviennit joudutaan sijoittamaan lähelle seinää. Tällöin tulee huomata, että läpivienti pitää olla vähintään neljäkymmentä (40) millimetriä irti valmiista seinäpinnasta. Lattiarakenteesta nousevat putket on vesieristettävä vähintään viidentoista (15) millimetrin korkeuteen valmiista lattiapinnasta. Märkätila tulee suunnitella siten, että lopullinen lattian kaltevuus on vähintään 1:100. Tämä minimi kaltevuusvaatimus tulee täyttyä lattiakaivon ja lattiakaivosta katsottuna kauimmaisen nurkan välillä. RT 84–10759 kortti (2001, 5) antaa ohjeeksi lattiakaivon välittömässä läheisyydessä, noin yhden (1) metrin säteellä kaivon keskipisteestä, lattiakallistuksen toteutettavaksi 1:50.

4 LATTIARAKENTEEN VALINTA JA KUSTANNUKSET

4.1 Lattiarakenne 1:n toteutus

Märkätilojen lattioiden betonointi on yksi työmaan tahdistavista työvaiheista. Betoni vaatii paljon aikaa kuivuakseen päällystemateriaalien vaatimiin suhteellisen kosteuden tasoihin. Tästä syystä täytyy huolehtia, että lattioiden valu tapahtuu suunniteltuna ajankohtana. Viikonkin myöhästyminen saattaa aiheuttaa ongelmia rakennushankkeen loppuvaiheilla. Lattiavalujen aikataulussa pysyvyyden takeena ovat alustavat työt, jotka on suoritettava ennen kuin märkätilanlattiat voidaan betonoida. Aikataulussa pysymisen ehtona on, että runkovaihe saadaan vietyä läpi ilman suuria viivästyksiä, jotta muille pohjatöille jää riittävästi suoritusaikaa. Ennen märkätilan lattiavalua putkiasentaja asentaa kerrosviemärihajotukset. Asennuksen aikana putkiurakoitsija huolehtii että viemäreiden kaadot ovat riittävät ja lattiakaivot ovat oikeassa korossa. Viemärihajotusten jälkeen lattia raudoitetaan. Raudoitteena käytettiin betoniteräsverkkoa B500K 5-150mm. Valukaulukset voidaan asentaa joko raudoituksen jälkeen tai ennen verkottamista. Valukauluksina voidaan käyttää esimerkiksi normaalia 50x100 sahatavaraa. Raudoitteen asennuksen jälkeen sähköasentaja vetää lattialämmityskaapelit märkätilojen lattioiden pohjille kiinnittäen ne betoniteräsverkkoon. Viimeistään edellisenä päivänä ennen varsinaista valua suoritetaan lattiakaivojen kiinnivalu, jotta ne eivät pumppauksen aikana pääse liikkumaan. Kaivojen kiinnivalu voidaan suorittaa myös ennen lattialämmityksen asennusta. Kuviossa 2 esitettyssä prosessikaaviossa on työvaiheet etenemisjärjestyksessään sekä Kelokatu 1:stä otetussa kuvassa (ks. kuvio 3) nähdään selkeästi kaikki valua edeltävät työvaiheet suoritettuina.



KUVIO 2. Lattian työvaiheet etenemisjärjestyksessä, Kelokatu 1



KUVIO 3. Ennen valua suoritettut työt, Kelokatu 1

Kelokatu 1:n lattiarakenne koostui ohennetusta ontelolaatasta eli kololaatasta, jonka päälle valettiin umpivaluna noin kaksisataa (200) millimetriä paksu betonilaatta. Laatta valettiin käyttäen rakennesuunnitelmien mukaista K30-2 lattiamassaa, jonka suurin sallittu kiviaineksen raekoko oli kuusitoista (16) millimetriä. Nykyisin kyseisen lattiamassan lujuus ilmoitettaisiin eurokoodien mukaisesti C25/30-2, mutta tämä merkintä tapa on vielä hyvin harvinainen suunnitelmissa.

4.2 Lattiarakenne 2:n toteutus

As Oy Jyväskylän Lähteessä (Kelokatu 3) märkätilan lattiarakenne toteutettiin hieman poikkeavalla tavalla verrattuna Kelokatu 1:een, vaikka rakennuskohteet sijaitsivat vierekkäisillä tonteilla ja olivat yhtä aikaa rakenteilla. Lattiarakenne koostui kololaa-tasta, jonka päälle valettiin aluksi kevytsorabetoni ja vasta sen päälle pintalaatta. Tässä kohteessa työvaiheet ja edellytykset aikataululliselle onnistumiselle olivat täysin identtiset, verrattuna Kelokatu 1:een, siihen saakka kunnes putkiasentaja oli saanut kerrosviemärihajotukset asennettua. Kerrosviemärihajotusten lisäksi ennen kevytsorabetonivalu pohjalla asennettiin viisikymmentä (50) millimetriä paksut salaoja-putket. Putket asennettiin varotoimenpiteenä, jos lattialaatan alle pääsee kosteutta, niin laatta saadaan kuivaksi keskeltäkin näiden putkien kautta. Viemärihajotusten jälkeen suoritettiin kevytsorabetonivalu. Kevytsorabetonia valettiin rakennesuunnitelmien mukaisesti noin yhdeksänkymmentä (90) millimetriä paksu kerros. Kuviosta 4 käy ilmi suoritettut työvaiheet ennen kevytsorabetonointia. Kuvasta näkee, että kevytsorabetonin levitys oli juuri meneillään.



KUVIO 4. Ennen kevytsorabetonin valua suoritettut työt, Kelokatu 3

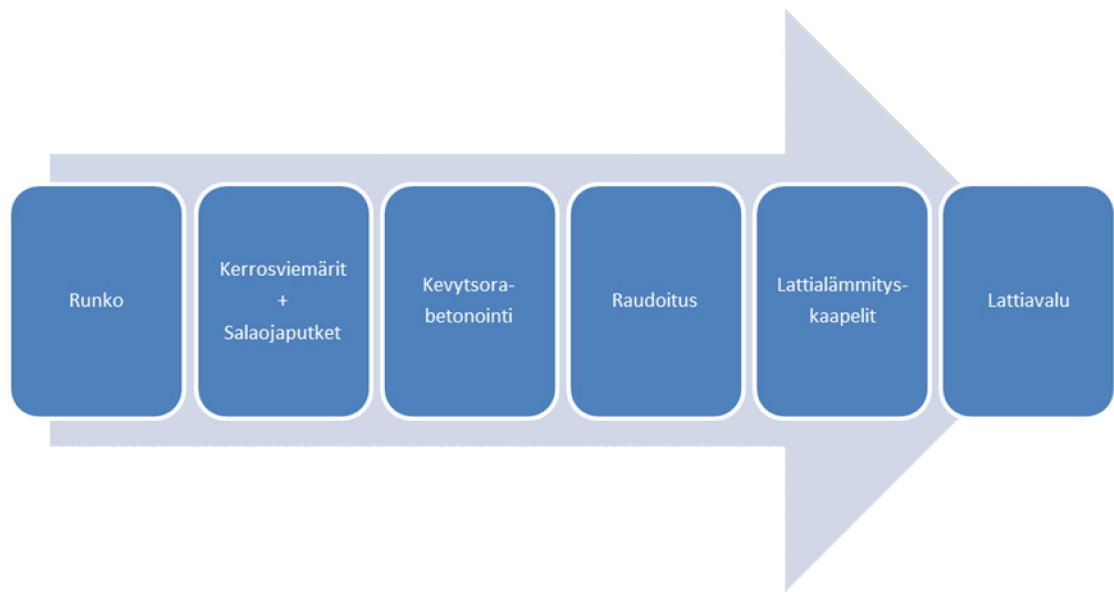
Haasteena kevytsorabetonoinnissa oli massan keveys ja tiiveys. Kevytsorabetonia ei voitu pumpata normaalisti betonipumpulla valukohteisiin, vaan massa jouduttiin nostamaan betoninnostoastialla parvekkeen päälle, josta massa valutettiin kottikär-

ryyn. Kottikärryillä massa kuljettiin valukohteisiin. Parvekkeisiin rakennettiin väliaikaiset konsolit, jotka ulottuivat parvekelinjan ulkopuolelle, jotta kevytsorabetonimassa saatiin laskettua kärryihin. Kevytsorabetonimassaa ei tarvitse täryttää tärysauvalla, kuten ei tarvitse lattiamassaakaan samoin, joten massa vain levitetään kolo-laatan päälle. Kevytsorabetonin paras ominaisuus tässä rakenteessa on se, että päälle valettava pintalaatta voidaan toteuttaa lähes puolet ohuempana kuin Kelokatu 1:sen vastaava laatta. Työsuunnittelussa on huomioitava kevytsorabetonin valuaajan kohta. Betoniaseman vastaavan Kauppisen mukaan kevytsorabetonin toimituksen jälkeen, ennen normaalin betonimassan valmistusta betonimylly on pestävä. Betoniasema pyrkii toteuttamaan asiakkaan toiveet massan tilausajankohdasta, mutta aina se ei ole mahdollista. Etenkin kiireisinä päivinä kevytsorabetonimassaa on mahdoton saada keskellä päivää niin sanottuna välikuormana, koska myllynpesuun kuluu aikaa ja näin ollen loppupäivän toimitukset myöhästyvät, kertoi Kauppinen. Kevytsorabetoni on huomattavasti kevyempää verrattuna normaaliin betonimassaan. Kuljetuksellisesti painoero vaikuttaa siihen, että kevytsorabetonimassaa saadaan yhdellä autolla keskimäärin kuljetettua noin kymmenen (10) kuutiota (Kauppinen 2012). Kuviossa 5 näkyy, kuinka kevytsorabetonimassa on nostettu nostoastialla parvekkeen yläpuolelle, josta massa on helppo laskea kottikärryyn ja kärrätä valukohteeseen.



KUVIO 5. Kevytsorabetonin valu

Kevytsorabetonivalun jälkeen asennettiin lattiarauchoite, jona käytettiin B500K 5-150mm betoniteräsverkkoa. Kuten aiemmin esitettyssä Kelokatu 1:n lattiarakenteessa, sähköasentaja kiinnitti lattialämmityskaapelin betoniteräsverkkoon. Viimeisenä työvaiheena suoritettiin pintalaatan betonointi. Työvaiheet on esitetty etenemisjärjestyksessään prosessikaaviossa (ks. kuvio 6).



KUVIO 6. Lattian työvaiheet etenemisjärjestyksessä, Kelokatu 3

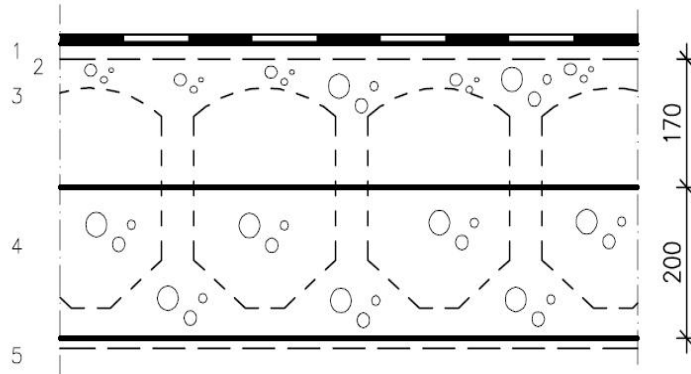
Rakenteen 2 pintalaatta valettiin rakennesuunnitelmien mukaisesti noin kahdeksankymmenen (80) millimetrin paksuiseksi. Massana käytettiin tässäkin kohteessa rakennesuunnitelmissa määrättyä K30-2 (C25/30-2) lattiamassaa, jonka suurin raekoko oli kuusitoista (16) millimetriä. Kuvio 7 on As Oy Jyväskylän Lähteen asunnon märkätilasta otettu kuva ennen pintalaatan valua.



KUVIO 7. Kevytsorabetonoinnin jälkeiset työt ennen pintavalua

4.3 Lattiarakenteiden kuivuminen ja päällystettävyyden

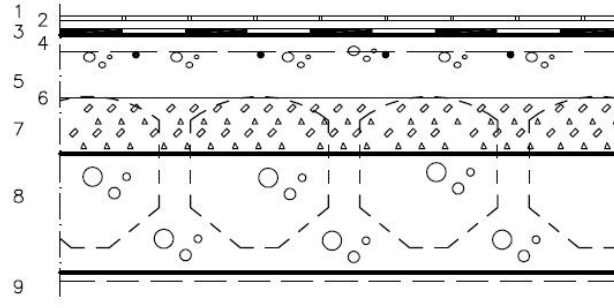
Lattiavalu ja sen kuivuminen riittävän matalaan suhteelliseen kosteuspitoisuuteen on yksi rakennustyömaan tahdistavista työvaiheista. Betonin kuivumisprosessi on hidasta, eikä ennen sallittuja kosteusarvoja voida betonilattiaa pinnoittaa. Betonilattiat 2002:n (2002, 132) mukaan betonin suhteellisen kosteuden arvo, jolloin betonilattia on päällystettävissä, vaihtelee 80 - 90 % välillä pinnoitemateriaalista riippuen. Ennen kuin tämä RH-taso on saavutettu, ei lattiapintaa saa päällystää. Täytyy muistaa, että kirjoissa ja ohjekorteissa annetaan ainoastaan ohjeita, eli aina ennen lattiapäällystämistä on varmistettava millaiset ohjeet pinnoitemateriaalin valmistaja on antanut tuotteelleen. Tutkimuksessa vertailtavat lattiarakenteet ovat kylpyhuoneen lattioiden, jotka samalla toimivat välipohjana. Lattiarakenne 1 koostuu ohennetusta ontelolaatasta eli kololaatasta sekä sen päälle valettavasta pintalaatasta (ks. kuvio 8). Pintalaatan päälle levitetään vedeneriste ja päällimmäiseksi pintamateriaali huoneselityksen mukaan. Tässä tapauksessa 100x100mm keraaminen laatta.



- | | | |
|----------------|---|--|
| | 1 | Vedeneristys, muovimatto valmistajan ohjeiden mukaisesti
Vedeneristys nostetaan seinillä >100mm valmista lattiapintaa ylemmäs |
| | 2 | Vedenkestävä tasote vedeneristyksen valmistajan ohjeen mukaisesti |
| n.150...190 mm | 3 | Pintalaatta BY 45 luokka A-4-30, kallistus >1:80,
lattiakaivojen läheisyydessä >1:50
Raudoitus: verkko 5-150 B 500 K |
| 370 mm | 4 | Kantava rakenne, kylpyhuonelaatta (P37K) rakennepiirustusten mukaan |
| | 5 | Pintamateriaali ja -käsittely tai alaslaskettu katto
arkkitehtisuunnitelmien ja huoneselityksen mukaan |

KUVIO 8. Periaatekuva, lattiarakenne 1 (Projektipankki 2012)

Lattiarakenteen 2 (ks. kuvio 9) ero edellä olevaan rakenteeseen on se, että pintalaatta on huomattavasti ohuempi ja pintalaatan alle valetaan kevytsorabetonista noin yhdeksänkymmenen (90) millimetrin vahvuinen laatta.



- | | | |
|-------------|---|--|
| n. 20 mm | 1 | Laatoitus huoneselityksen mukaan |
| | 2 | Kiinnityslaasti vedeneristysjärjestelmän valmistajan ohjeen mukaisesti |
| | 3 | Telattava vedeneristysmassa valmistajan ohjeiden mukaisesti, sertifioitu tuote. Vesieristys nostetaan seinillä >100mm valmista lattiapintaa ylemmäs |
| | 4 | Vedenkestävä tasoite vedeneristysjärjestelmän valmistajan ohjeen mukaisesti |
| 70...100 mm | 5 | Pintalaatta BY45 luokka A-4-30, kallistus >1:80, kaivojen lähellä >1:50
Rauditus: verkko 5-150 B 500 K. Suositellaan käytettäväksi nopeasti kuivuvaa np-betonia, jossa vesisideainesuhte on mahdollisimman alhainen (v/s = 0,5)
Lämmityskaapelit valussa sähkösuunnitelmien mukaan |
| | 6 | Suodatinkangas |
| 90 mm | 6 | Siporex-murskaa/ kevytsoraa |
| 265 mm | 7 | Kantava rakenne, kylpyhuonelaatta (P37K) rakennepiirustusten mukaan |
| | 8 | Pintamateriaali ja -käsittely tai alaslaskettu katto arkkitehtisuunnitelmien ja huoneselityksen mukaan |

KUVIO 9. Periaatekuva, lattiarakenne 2 (Projektipankki 2012)

Esimerkkikohteissa betonilaatat pääsevät pääsääntöisesti kuivumaan ainoastaan ylöspäin, mutta todellisuudessa rakenne kuivuu hieman myös alaspäin. Pintabetonilaattaa ei kummassakaan tapauksessa valeta tiiviinkerroksen päällä, esimerkiksi muovikalvo, joka estäisi alaspäin suuntautuvan kuivumisen. Alaspäin kuivuminen on kuitenkin hyvin marginaalista ja tapahtuu kapillaarisesti imeytymällä alla olevaan ontelolaattaan ja lattiarakenteessa 2 kevytsorabetoniin. Kevytsorabetonin ollessa huokoisempaa kuin lattiarakenteen 1 valun alainen ontelolaatta, kuivumista alaspäin tapahtuu enemmän lattiarakenteessa 2. Kuivumisnopeuteen suuresti vaikuttaa se, että Kelokatu 3:ssa valetun pintalaatan paksuus oli keskimäärin kahdeksankymmentä (80) millimetriä, kun Kelokatu 1:ssä laatta valettiin keskimäärin kaksisataa (200) millimetriä paksuksi. Teoriaan pohjautuen voidaan laatan paksuuksien perusteella olettaa, että Kelokatu 3:ssa pintalaatta saavuttaa aiemmin vaaditun suhteellisen kosteuden tason, alle 90 %. Kelokatu 1:sen laatta on kaksinkertainen, joten kuivumisaika teoreettisesti on 2 – 4-kertainen verrattuna Kelokatu 3:een.

Pintalaatan suhteellista kosteutta seurattiin porareikämittauksilla molemmissa kohteissa. Suoritettaessa porareikämittausta on huomioitava valuun asennetut lattia- lämmityskaapelit, jotta kaapelia ei porata poikki. Kaapeliin poraus estettiin näissä kohteissa siten, että lattialämmityksen asennuksen jälkeen merkattiin turvalliset mitauskohdat. Mittaukset suoritettiin RT 14–10984 kortin (1998, 1-5) mukaisella tavalla. Mittalaitteina käytettiin Vaisala Oy:n valmistamia HMP44 mittapäitä ja HMI41 näyttölaitetta. Kelokatu 1:ssä mittaukset suoritettiin maksimimitaussyvyydeltä 70mm:stä, sekä läheltä laatan pintaa 28mm:n syvyydeltä. Mittaussyvyytenä käytettiin 70mm:ä, koska mitaussyvyyden tulee olla $0,4 * d$ tai maksimissaan 70mm. Tässä tapauksessa $0,4 * d$ ylittää arvon 70mm. Kelokatu 3:n mitaussyvyydet olivat 32mm:ä ($0,4 * d$) ja 13mm:ä. Mittaussyvyydet näkyvät mittauspöytäkirjoista (ks. liitteet 1 ja 2). Molemmissa kohteissa pinnan läheisyydestä otettiin yksi mittaus ja syvemmältä kaksi mittausta sekä yhdellä mittapäällä todettiin ympäröivän tilan ilman kosteuspitoisuus. Syvemmältä otetuista kahdesta mittaustuloksesta laskettiin keskiarvo, joka kertoi laatan suhteellisen kosteuden mittavassa laatussa. Otettaessa kaksi mittausta samalta syvyydeltä, sillä pyritään poistamaan mittalaitteen ja mittauksessa mahdollisesti syntyneet virheet.

Molemmissa kohteissa kylpyhuoneiden pintalaattojen valut suoritettiin kahdessa osassa. Kelokatu 1:n valupäivät olivat 27.10.2010 ja 2.11.2010, ja Kelokatu 3:n vastaavat päivät olivat 19.1.2011 ja 26.1.2011. Lähtökohtaisesti Kelokatu 1:n lattiavalut ovat päässeet kuivumaan 2 – 3 kuukautta aiemmin. Kosteuden seurantamittaukset aloitettiin Kelokatu 1:ssä 1.3.2011, jolloin porattiin reiät mittapäille. Tämän jälkeen RT 14–10675 (1998, 3.) ohjeistuksen mukaan odotettiin kolme vuorokautta, jotta rei'issä kosteusolot tasoittuvat, ennen kuin mittaus suoritettiin 4.3.2011. Suhteelliseksi kosteudeksi saatiin 93,3 %, eli laatta oli vielä päällystyskelvoton. Ensimmäiset päällystyskelpoiset tulokset saatiin 21.3.2011 suoritetuista mittauksista, jotka otettiin 27.10.2010 suoritetuista valuista. Viimeisetkin päällystyskelpoiset tulokset saatiin 4.4.2011, laatoista, jotka valettiin 2.11.2010. Laattojen kuivuminen päällystettävään alle 90 % RH-tasoon vaati noin viisi (5) kuukautta (ks. liite 2). Kelokatu 3:n pintalaatoista otettiin ensimmäiset mittaukset 18.3.2011, jolloin todettiin niiden olevan päällystettävissä (ks. liite 1). Tämän kohteen pintalaattojen kuivumiseen kului huomatta-

vasti vähemmän aikaa, kuin Kelokatu 1:ssä. Kuivumiseen kului aikaa noin kaksi (2) kuukautta.

Kyseisiin mittaustuloksiin pohjautuen voidaan todeta, että ohuemman laatan valaminen säästää huomattavasti rakenteen kuivumisaikaa. Laatan paksuuden lisäksi on huomioitava valuajankohdat. Vuodenajalla on myös omaosansa valujen kuivumisen suhteen. Kelokatu 1:n märkätilanlattiat valettiin syksyllä 2010 ja Kelokatu 3:n valut suoritettiin talvella 2011. Syksyllä Suomen ilmasto huomioiden ilma suhteellinen kosteus on korkealla, joka vaikeuttaa betonissa olevan kosteuden siirtymistä pois rakenteesta. Talvella ilman suhteellinen kosteus on hieman matalammalla tasolla syksyyn verrattuna (Sääsuureiden keskimääräiset arvot kuukausittain vyöhykkeellä III). Syksyllä ilman suhteellinen kosteus on likipitään 95 %, kun kyseinen arvo talvelle jää alle 90 %:n. (Sääsuureiden keskimääräiset arvot kuukausittain vyöhykkeellä III). Tästä johtuen märkätilanlattioiden ympäröivien tilojen ilman suhteellinen kosteus on talvella matalampi. Näin ollen rakenteessa olevan kosteuden haihtuminen on suurempaa, sillä betoni pyrkii hakeutumaan hygroskooppiseen tasapainokosteuteen ympäröivän tilan kanssa. Ottaen huomioon nykypäivän rakennustavan, pyrkimyksen mahdollisimman tiiviiseen ja nopeaan aikatauluun, kylpyhuoneen lattiarakenteen toteuttamista kannattaa harkita toteutettavaksi Kelokatu 3:n tapaan. Tässä tapauksessa ero kuivumisaikojen suhteen oli noin kolme (3) kuukautta.

4.5 Rakennevalinnoista aiheutuvat kustannukset

Taulukoihin 3 ja 4 on koottu tekijät, jotka vaikuttavat Kelokatu 1:ssä ja Kelokatu 3:ssa toteutuneisiin lattiarakenteisiin. Vertailussa laskettiin kustannukset yhtä neliometriä kohden. Hinnat, joita vertailussa käytettiin, ovat ohjevähittäishintoja. Tällä tavoin saatiin minimoitua virheet kustannuksissa, sillä jokaisessa hankkeessa materiaalien hinnat vaihtelevat kilpailutuksen perusteella. Työn suoritehintoina käytettiin yleisiä rakennusalan työehtosopimuksen mukaisia urakkahintoja. Omana työnä suoritettu-

jen urakoiden urakkahintoihin lisättiin sosiaalikulut (70 % urakkahinnasta), jotka on eritelty hintataulukoissa. Käyttämällä kyseisiä ohjevähittäishintoja, neliöhinnaksi saadaan yleispätevä hinta, jota voidaan käyttää kustannuslaskennassa pohjatietona. Hinnat kattavat koko lattiarakenteen, pois lukien ontelolaatan.

Taulukossa 3 on esitetty lattiarakenteen 1 kokonaisneliöhinta. Hinnaksi saatiin 115,01€/m². Taulukossa 4 on vastaava hinta lattiarakenteelle 2, joka toteutettiin vierisellä tontilla Kelokatu 3:ssa. Hintaa lattiarakenteelle 2 kertyi 124,08€/m². Kelokatu 3:n märkätilojen lattiapinta-ala oli noin 20 % suurempi verrattuna Kelokatu 1:n märkätiloihin. Suuremman pinta-alan omaavaan kohteeseen luonnollisesti materiaalia kuluu enemmän, jolla todennäköisesti on yksikköhintaa alentava vaikutus. On ilmeisen selvää, että suurempia tilauksia tehtäessä myös yksikköhinnat ovat hieman normaalia alhaisempia. Kyseinen vaikutus ei kuitenkaan näy tutkimuksessa saaduissa tuloksissa, koska hintoja ei ole kilpailutettu.

TAULUKKO 3. Lattiakustannukset, Kelokatu 1

	Kustannuslaji	Määrä	Yks.	Hinta	Yks.	Yhteensä	Yks.
Lattiabetoni	KL 2	31,44 m ³		137,25 €/m ³		4315,14 €	
Pumpun voitelumassa	KL 2	1,00 kpl		59,84 €		59,84 €	
Kuljetus 0–6,0m ³	KL 2	1,00 kpl		52,91 €		52,91 €	
Kuljetus 6–7,5m ³	KL 2	4,00 kpl		61,34 €		245,36 €	
Pumppubetonilisä	KL 2	31,44 m ³		3,70 €/m ³		116,33 €	
Pumpun siirto	KL 3	1,00 kpl		30,00 €		30,00 €	
Pumppaus	KL 3	31,44 m ³		3,00 €/m ³		94,32 €	
Tuntiveloitus	KL 3	7,23 h		80,00 €/h		578,40 €	
Pumpun pesu	KL 3	1,00 kpl		30,00 €		30,00 €	
Lattiarauchoite (B500K 5-150)	KL 2	165,48 m ²		2,63 €/m ²		435,21 €	
Valua valmistavat työt	KL 1	21,00 h		15,00 €/h		315,00 €	
Valmistavat työt (sos.kulut)	KL 1	21,00 h		10,50 €/h		220,50 €	
Lattiavalu	KL 1	165,48 m ²		1,65 €/m ²		273,04 €	
Lattiavalu (sos.kulut)	KL 1	165,48 m ²		1,16 €/m ²		191,96 €	
Primeri	KL 2	35,00 l		11,73 €/l		410,55 €	
Vesieriste	KL 2	242,00 kg		8,80 €/kg		2129,60 €	
Primerointi	KL 1	165,48 m ²		0,45 €/m ²		74,47 €	
Vedeneristys	KL 1	165,48 m ²		1,70 €/m ²		281,32 €	
VE (sos.kulut)	KL 1	165,48 m ²		1,51 €/m ²		249,87 €	
Kiinnityslaasti	KL 2	42,00 sk		25,50 €/sk		1071,00 €	
Saumalaasti	KL 2	9,00 sk		26,50 €/sk		238,50 €	
Laatoitus	KL 1	165,48 m ²		13,98 €/m ²		2313,41 €	
Laatoitus (sos.kulut)	KL 1	165,48 m ²		9,88 €/m ²		1634,94 €	
Laatta (100x100)	KL 2	165,48 m ²		22,18 €/m ²		3670,35 €	

Yhteensä: 19032,0152 €**Neliömäärä: 165,48 m²****Kokonaisneliöhinta: 115,01 €/m²**

TAULUKKO 4. Lattiakustannukset, Kelokatu 3

	Kustannuslaji	Määrä	Yks.	Hinta	Yks.	Yhteensä	Yks.
Kevytsorabetoni	KL 2	18,07 m ³		212,32 €/m ³		3836,62 €	
Lattiaabetoni	KL 2	20,07 m ³		137,25 €/m ³		2754,61 €	
Pumpun voitelumassa	KL 2	1,00 kpl		59,84 €		59,84 €	
Kuljetus 0–6,0m ³	KL 2	1,00 kpl		52,91 €		52,91 €	
Kuljetus 6–7,5m ³	KL 2	5,00 kpl		61,34 €		306,70 €	
Pumppubetonilisä	KL 2	20,07 m ³		3,70 €/m ³		74,26 €	
Pumpun siirto	KL 3	1,00 kpl		30,00 €		30,00 €	
Pumppaus	KL 3	20,07 m ³		3,00 €/m ³		60,21 €	
Tuntiveloitus	KL 3	3,69 h		80,00 €/h		295,20 €	
Pumpun pesu	KL 3	1,00 kpl		30,00 €		30,00 €	
Lattiaraudoite (B500K 5-150)	KL 2	200,70 m ²		2,63 €/m ²		527,84 €	
Betoninnostoastia	KL 3	3,00 vrk		4,29 €/vrk		12,87 €	
Konsolit (parvekkeelle)	KL 3	3,00 vrk		4,18 €/vrk		12,54 €	
Autonosturi (sis. kulj. ylityön)	KL 3	3,00 h		90,00 €/h		270,00 €	
Valua valmistavat työt	KL 1	27,00 h		15,00 €/h		405,00 €	
Valmistavat työt (sos.kulut)	KL 1	27,00 h		10,50 €/h		283,50 €	
Kevytsorabetonin valu	KL 1	200,70 m ²		1,35 €/m ²		270,95 €	
KSB valu (sos.kulut)	KL 1	200,70 m ²		0,95 €/m ²		190,67 €	
Lattiavalu	KL 1	200,70 m ²		1,65 €/m ²		331,16 €	
Lattiavlu (sos.kulut)	KL 1	200,70 m ²		1,16 €/m ²		232,81 €	
Salaojaputki 50mm	KL 2	120,00 m		1,42 €/m		170,40 €	
Primeri	KL 2	40,00 l		11,73 €/l		469,20 €	
Vesieriste	KL 2	308,00 kg		8,80 €/kg		2710,40 €	
Primerointi	KL 1	200,70 m ²		0,45 €/m ²		90,32 €	
Vedeneristys	KL 1	200,70 m ²		1,70 €/m ²		341,19 €	
VE (sos.kulut)	KL 1	200,70 m ²		1,51 €/m ²		303,06 €	
Kiinnityslaasti	KL 2	50,00 sk		25,50 €/sk		1275,00 €	
Saumalaasti	KL 2	10,00 sk		26,50 €/sk		265,00 €	
Laatoitus	KL 1	200,70 m ²		13,98 €/m ²		2805,79 €	
Laatoitus (sos.kulut)	KL 1	200,70 m ²		9,88 €/m ²		1982,92 €	
Laatta (100x100)	KL 2	200,70 m ²		22,18 €/m ²		4451,53 €	

Yhteensä: 24902,5 €

Neliömäärä: 200,70 m²

Kokonaisneliöhinta: 124,08 €/m²

5 SEINÄRAKENTEEN VALINTA JA KUSTANNUKSET

5.1 Kivirakenteinen seinä

Kivirakenteinen märkätilan väliseinä, jota käytettiin molemmissa opinnäytetyön esimerkkikohteissa, toteutettiin ohutsaumamuurauksena YIT:n omien muurareiden toimesta. Seinärakenteen kivimateriaalina käytettiin HB-Betoniteollisuus Oy:n tuottamaan ja myymää HB-Priima-väliseinälevyä. Väliseinälevy on hiukan harhaanjohtava termi, sillä materiaali on käytännössä kevytsoraharkko, jonka mitat ovat 594x297x88mm. (HB-Priima-väliseinälevyt 2012, 2-4.)

Ennen vesieristystyön aloittamista seinäpinnat tasoitettiin vedenkestävällä tasoite-massalla. Tasoituksen jälkeen pinta viimeisteltiin hiomapaperilla tasaiseksi alustaksi vedeneristeelle. Hionnan viimeistelyvaiheessa lattia- ja seinäpinnat imuroitiin puhtaaksi irtopölystä, jotta vedeneristysten tartunta voitiin taata. Ensimmäisessä vaiheessa seinäpinnoille levitettiin tartuntapohjuste, primeri, jotta varsinainen vedeneriste liimautuisi pysyvästi seinärakenteeseen kiinni. Tartuntapohjusteen levittämisen jälkeen asennettiin pystynurkkiin sekä lattian ja seinän liitoskohtiin vedeneristysnauha, jonka tarkoituksena oli peittää ja vahvistaa märkätilojen nurkkia. Ennen nauhan asennusta huomioitiin tartuntapohjusteen kuivumisaika 2 - 3 tuntia, jonka materiaalivalmistaja oli tuotteen tiedoissa ilmaissut. Nurkkien vahvistamisen jälkeen levitettiin telattava vedeneriste seinäpinnoille kahteen kertaan, kuivumisaika huomioiden. Kuivumisajan suhteen ei syntynyt ongelmaa, sillä jokaisen asunnon märkätilaan levitettiin vesieriste aluksi kertaalleen, jonka jälkeen vasta levitettiin toinen kerros. Vedeneristys toteutettiin kahteen kertaan, jolloin saavutettiin oikea kuivakalvo-paksuus ja vedenpitävyys. Vedeneristystyössä käytettiin VTT-henkilösertifikaatin omaavaa vedeneristäjää.

Seinäpintojen eristyksen jälkeen laatoittajat pääsivät laatoittamaan märkätilojen seinät huoneselityksen mukaisesti. Märkätilan lattian vedeneristys hoidettiin vasta, kun seinät olivat laatoitetut. Tällä työjärjestyksellä ehkäistiin reikien syntyminen lattian vesieristykseen laatoituksen aikana ja näin ollen laastiroiskeiden puhdistaminen lattiasta oli myös helpompaa.

5.2 Levyrakenteinen seinä

Kelokatu 1:n ja 3:n märkätilojen seinät toteutettiin HB-Priima väliseinälevyä käyttäen. Koska työn tarkoituksena on vertailla kustannuksia ja ajallista menekkiä eri rakenteiden välillä, on hyvä ottaa vertailuun mukaan myös levyrakenteinen märkätilan seinä. Levyrakenteinen märkätilanseinä on hyvin yleisesti käytetty rakennetyyppi kiviseinän ohella. Materiaalit ovat kehittyneet niin paljon kuluneiden vuosien aikana, että levyrakenteetkin kestävät hyvin kosteita tiloja. Esimerkkikohteissa ei ole toteutettu märkätilanseinä levyrakenteisena, vaan YIT on muissa aiemmin toteutuneissa hankkeissaan käyttänyt kyseistä rakenneratkaisua.

Levyrakenteisen märkätilan seinän runkona käytetään teräsrankaa k400:n jaolla ja levynä kipsilevyä. Aluksi lattiaan ja kattoon asennetaan lattia- ja kattokisko, joihin kiinnitetään pystyrangat. Ennen seinärungon asennusta edeltävänä työnä suoritetaan pintalattiavalut. Normeissa ohjeistetaan levyrakenteinen seinä toteuttamaan siten, että lattiakisko tulee asentaa lattiavalun päälle (RIL 107–2000 2004, 141). Rungon asennuksen jälkeen molemmat puolet levytetään yksinkertaisella levytyksellä, ennen rakenteen umpeen laittoa runko tulee villoittaa. Rakenteessa on huomioitava, että märkätilan puolelle tulee asentaa märkätilaan soveltuva märkätilankipsilevy, joka sietää kosteudesta aiheutuvaa rasitusta normaalia kipsilevyä paremmin. Kosteuden sietokyvystään huolimatta märkätilankipsilevy ei ole märkätilajärjestelmä, vaan se vaatii erillisen vedeneristyksen, kuten edellä mainittu HB-priima väliseinälevykin. Ennen vesieristyksen levittämistä kipsilevyjen saumat teipataan ja tasoitetaan vedenkestävällä tasoitteella. Tasoitetut saumakohdat hiotaan tasaiseksi ja syntynyt pöly

poistetaan imuroimalla. Näiden vaiheiden jälkeen voidaan aloittaa vedeneristystyö ja lopullisten pintojen asennus, kuten aiemmin esitetyllä kiviseinärakenteella.

5.3 Märkätilajärjestelmä

Märkätilajärjestelmällä tarkoitetaan kokonaisuutta, jossa rakennuslevyyn jo sen valmistusvaiheessa on integroitu vedeneriste. Näin ollen rakennusvaiheessa vedeneristystyövaihe jää kokonaan pois. Samankaltaisia märkätilajärjestelmiä löytyy usealta eri tuotevalmistajalta, joiden materiaaliominaisuudet ja tekniset tiedot hieman poikkeavat toisistaan, mutta tekninen toimintaperiaate on sama. Asennuksen kannalta kaikki ovat hyvin yhteneviä eli märkätilajärjestelmälevy kiinnitetään märkätilan seinärunkoon tuotevalmistajan ohjeiden mukaisesti ja ohjeen mukaisilla kiinnikkeillä. Lopuksi pystysaumot sekä seinän ja lattian liitoskohdat tiivistetään vedenpitäviksi samaan tuoteperheeseen tai siihen yhteensopivalla vedeneristysnauhalla ja kiinnitysaineella. Tämän jälkeen seinäpinta on valmis laatoitettavaksi.

Märkätilajärjestelmällä toteutettu rakenne on täysin samanlainen kuin edellä mainittu levyseinärakenne, mutta märkätilankipsi ja vedeneristys on korvattu levyllä, joka sisältää vedeneristeen. Märkätilajärjestelmällä voidaan korvata esimerkiksi kiviseinärakenteen telattava vedeneristys kiinnittämällä vesieritetty rakennuslevy laastilla tasaiselle harkko- ja betonipinnalle. Käytettäessä märkätilajärjestelmiä on varmistettava, että työn aikana levyn pinta ei pääse vaurioitumaan. Pinnan vaurioituessa vedeneriste rikkoontuu ja levy menettää ominaisuutensa vedenpitävyyden suhteen.

5.4 Rakennevalinnasta aiheutuvat kustannukset

Seuraavaksi on esitetty jokaisen märkätilan seinärakenteen kustannukset töineen ja materiaaleineen. Seinärakenteiden kustannukset on kerätty taulukoihin 5 - 7 käyttäen materiaalien ohjevähittäishintoja, kuten lattiarakenteissakin ja työkustannukset on otettu voimassa olevasta rakennusalan työehtosopimuksesta. Omana työnä teh-

tyihin töihin on otettu huomioon urakkahintaa sosiaalikulut, jotka yhdessä muodostavat yritykselle aiheutuvan työn kokonaiskustannuksen. Sosiaalikulut on saatu kertomalla työehtosopimuksen mukainen urakkahinta 1,70 ja vähentämällä saadusta tuloksesta ilmoitettu urakkahinta. Materiaalikustannukset on puolestaan saatu selvittämällä materiaalin menekki neliölle, menekkiin on lisätty Rakennustöiden menekkit 2010 mukainen hukkaprocentti. Materiaaleille on etsitty myyntihinta (ovh.), jolla neliölle kuluva materiaalmäärä on kerrottu. Joillekin rakennusmateriaaleille, kuten rakennuslevyille, on hinta ilmoitettu suoraan neliöhintana. Jokaiselle seinärakenteelle on laskettu hinta yhtä (1) valmista neliometriä kohden, pois lukien kuivan puolen pinnoite. Hintatietojen lisäksi jokaisessa taulukossa on esitetty kustannuslajit (KL). KL 1:een kuuluu kaikki omana työnä tehdyt urakat ja sosiaalikulut, KL 2 sisältää kaikki materiaalikulut ja KL 3 pitää sisällään työmaalla suoritettavat työt, kuten aliurakat.

Esimerkkinä kipsilevyseinän rungon (k400) materiaalikustannus neliometriä kohden:

- Metalliranka: 3,3 m/m²
- Metalliranka: 1,48 €/m
- Materiaalihukka: 3 %

$$\rightarrow 3,3 \text{ m/m}^2 * 1,03 * 1,48 \text{ €/m} = \mathbf{5,03 \text{ €/m}^2}.$$

Taulukossa 5 on esitetty ohutsaumamuurattu märkätilan seinä. Tällä rakennemallilla toteutettiin märkätilat molemmissa Kelokadun kohteissa. Muuratun seinän neliöhinnaksi saatiin 116,90€/m². Taulukossa 6 on esitetty levyseinärakenteen neliöhinta, joksi muodostui 90,94€/m². Taulukossa 7 on esitetty neliöhinta harvemmin käytetyllä rakenteelle. Taulukossa esitetty hinta on ainoastaan yhden materiaalitoimittajan tuote. Kyseinen märkätilanjärjestelmä on uusi markkinoilla ja tämän vuoksi neliöhinta on ainoastaan suuntaa antava, sillä tarkkoja hintatietoja Jyväskylän markkinoille ei ole vielä tullut. Kyseisellä märkätilanjärjestelmällä toteutetun rakenteen arvio neliöhinnaksi saatiin 111,48€/m²

TAULUKKO 5. Kiviseinärakenteisen märkätilan väliseinän kustannukset

	Kustannuslaji	Hinta	Yks.
Lähtölista	KL 2	3,36 €/m ²	
Aukonylityslista	KL 2	2,25 €/m ²	
Priima 88	KL 2	19,52 €/m ²	
Laasti	KL 2	1,52 €/m ²	
Ohutsaumamuuraus	KL 1	5,89 €/m ²	
Aukonylitysmuuraus	KL 1	2,12 €/m ²	
Laastin valmistus	KL 1	3,47 €/m ²	
Muuraus (sos.kulut)	KL 1	8,04 €/m ²	
Märkätilantasoitus	KL 3	5,00 €/m ²	
Kuivantilantasoitus	KL 3	2,50 €/m ²	
Kulmanauhat	KL 2	4,40 €/m ²	
Kulmanauhan asennus	KL 1	7,19 €/m ²	
Tartuntapohjuste	KL 2	2,35 €/m ²	
Vesieriste	KL 2	7,48 €/m ²	
Primerointi	KL 1	0,45 €/m ²	
Vedeneristys	KL 1	1,70 €/m ²	
VE (sos.kulut)	KL 1	1,51 €/m ²	
Kiinnityslaasti	KL 2	6,38 €/m ²	
Saumalaasti	KL 2	1,33 €/m ²	
Laatoitus	KL 1	9,14 €/m ²	
Laatoitus (sos.kulut)	KL 1	6,40 €/m ²	
Laatat (150x150)	KL 2	14,90 €/m ²	

Kokonaisneliöhinta: 116,90 €/m²

TAULUKKO 6. Kipsilevyrakenteisen märkätilan väliseinän kustannukset

	Kustannuslaji	Hinta	Yks.
Metallirangat (k400)	KL 2	5,03 €/m ²	
Mineraalivilla	KL 2	4,93 €/m ²	
Märkätilan kipsilevy	KL 2	2,34 €/m ²	
Normaali kipsilevy	KL 2	1,35 €/m ²	
Runko(k400)+eristys+levytytys	KL 1	6,80 €/m ²	
Väliseinä (sos.kulut)	KL 1	4,76 €/m ²	
Kuivantilantasoitus	KL 3	2,50 €/m ²	
Kulmanauhat	KL 2	4,40 €/m ²	
Kulmanauhan asennus	KL 1	7,19 €/m ²	
Tartuntapohjuste	KL 2	2,35 €/m ²	
Vesieriste	KL 2	7,48 €/m ²	
Primerointi	KL 1	0,45 €/m ²	
Vedeneristys	KL 1	1,70 €/m ²	
VE (sos.kulut)	KL 1	1,51 €/m ²	
Kiinnityslaasti	KL 2	6,38 €/m ²	
Saumalaasti	KL 2	1,33 €/m ²	
Laatoitus	KL 1	9,14 €/m ²	
Laatoitus (sos.kulut)	KL 1	6,40 €/m ²	
Laatat (150x150)	KL 2	14,90 €/m ²	

Kokonaisneliöhinta: 90,94 €/m²

TAULUKKO 7. Märkätilanjärjestelmän kustannukset

	Kustannuslaji	Hinta	Yks.
Metallirangat (k600)	KL 2	3,85 €/m ²	
Normaali kipsilevy	KL 2	1,35 €/m ²	
Märkätilanjärjestelmä (levy)	KL 2	37,90 €/m ²	
Kiinnikkeet+tiivistys tuotteet	KL 2	10,00 €/m ²	
Runko(k600)+eristys+levytys	KL 1	6,20 €/m ²	
Väliseinä (sos.kulut)	KL 1	4,34 €/m ²	
Kuivantilantasoitus	KL 3	2,50 €/m ²	
Kulmanauhan asennus	KL 1	7,19 €/m ²	
Kiinnityslaasti	KL 2	6,38 €/m ²	
Saumalaasti	KL 2	1,33 €/m ²	
Laatoitus	KL 1	9,14 €/m ²	
Laatoitus (sos.kulut)	KL 1	6,40 €/m ²	
Laatat (150x150)	KL 2	14,90 €/m ²	

Kokonaisneliöhinta: 111,48 €/m²

5.5 Rakennevalintojen työmenekit

Taulukoissa 8 - 10 on esitetty kunkin seinärakenteen työmenekit. Taulukoihin on kerätty Rakennustöiden menekit 2010 -kirjan mukaiset työmenekit jokaiselle työvaiheelle ja siihen kuuluvalla osalla. Jokaisen työvaiheen tehollinen aika (T3) on kerrottu lisäaikakertoimella (TL3), jolloin on saatu kokonaisaika (T4). Kokonaisaika on vielä kerrottu lisäkertoimella, johon vaikuttaa suoritemäärä tai tilan pinta-ala, jossa työskentely tapahtuu. Työvaiheajat on ilmoitettu yksikössä tth/m², eli työntekijätuntia neliötä kohti. Ajat on laskettu siten, että jokainen työvaihe päästäisiin suorittamaan heti edellisen valmistuttua, joka ei käytännössä ole mahdollista. Viimeisen taulukon, jossa on esitetty märkätilanjärjestelmän asentamisen työaikameneikki, kokonaisaika ei täysin ole Rakennustöiden menekit 2010 antaman ajan mukainen. Märkätilanjärjestelmälle ei löydy Ratun mukaista työmenekkiä, joten tukeuduin tuotevalmistajan

antamaan määrittelemään neliömäärään, joka saadaan yhden tunnin aikana valmiiksi. Asennusnopeudeksi todettiin 10 - 15m² tunnissa laatoitusvalmista pintaa (Tulppa® - levy säästää aikaa, vaivaa ja rahaa).

TAULUKKO 8. T4, kiviseinärakenne

	T3 (tth/m ²)	TL3	Keskim.koko	Vaik.kerroin	Yhteensä	Yks.
Ohutsaumamuuraus:		1,20	alle 50m ² -->	1,10		0,79 tth/m ²
- siirrot	0,100					
- mittaus	0,040					
- työtaso	0,050					
- laastinvalmistus	0,060					
- muuraus	0,340					
- siivous	0,010					
Tasoitetyöt:		1,20	5-10m ² -->	1,03		0,05 tth/m ²
- siirrot	0,005					
- suojaus	0,003					
- laastinvalmistus	0,004					
- tasoitus	0,022					
- loppu hionta	0,004					
- siivous	0,005					
Vedeneristys:		1,20	10-17m ² -->	1,00		0,32 tth/m ²
- siirrot	0,010					
- telattava eriste (2-kertainen)	0,250					
- siivous	0,010					
Laatoitus:		1,15	12m ² -->	1,10		0,76 tth/m ²
- siirrot	0,020					
- laastinvalmistus (kiinitys-laasti)	0,040					
- laatoitus (150x150)	0,370					
- laastinvalmistus (saumalaasti)	0,040					
- saumaus	0,120					
- siivous	0,010					

Kokonaisaika (T4): 1,93 tth/m²

TAULUKKO 9. T4, kipsilevyrakenne

	T3 (tth/m ²)	TL3	Keskim.koko	Vaik.kerroin	Yhteensä	Yks.
Märkätilanseinä:		1,15	alle 50m ² -->	1,15	0,53	tth/m ²
- metallirunko (k400)	0,140					
- eristys	0,060					
- levytys (1 levy/puoli)	0,200					
Tasoitetyöt:		1,20	5-10m ² -->	1,03	0,05	tth/m ²
- siirrot	0,005					
- suojaus	0,003					
- laastinvalmistus	0,004					
- saumojen tasoitus (saumanauha+tasoite)	0,023					
- loppu hionta	0,004					
- siivous	0,005					
Vedeneristys:		1,20	10-17m ² -->	1,00	0,32	tth/m ²
- siirrot	0,010					
- telattava eriste (2-kertainen)	0,250					
- siivous	0,010					
Laatoitus:		1,15	12m ² -->	1,10	0,76	tth/m ²
- siirrot	0,020					
- laastinvalmistus (kiinityslaasti)	0,040					
- laatoitus (150x150)	0,370					
- laastinvalmistus (saumalaasti)	0,040					
- saumaus	0,120					
- siivous	0,010					

Kokonaisaika (T4): 1,67 tth/m²

TAULUKKO 10. T4, märkätilajärjestelmä

	T3 (tth/m ²)	TL3	Keskim.koko	Vaik.kerroin	Yhteensä	Yks.
Märkätilajärjestelmä:		1,15	alle 50m ² -->	1,15	0,36	tth/m ²
- metallirunko (k600)	0,110					
- eristys	0,040					
- levytys (1 puoleinen)	0,120					
- märkätilajärj. (laatoitusvalmis)	0,100					
Laatoitus:		1,15	12m ² -->	1,10	0,76	tth/m ²
- siirrot	0,020					
- laastinvalmistus (kiinityslaasti)	0,040					
- laatoitus (150x150)	0,370					
- laastinvalmistus (saumalaasti)	0,040					
- saumaus	0,120					
- siivous	0,010					

Kokonaisaika (T4): 1,12 tth/m²

6 TUTKIMUSTULOKSET

Opinnäytetyön päätutkimuskohde oli märkätilan lattiarakenteen kustannus- ja aika-tauluvertailu. Lattiarakenne 1 oli As Oy Jyväskylän Lähteessä (Kelokatu 3) toteutettu rakenne, jossa käytettiin pintalaatan alla kevytsorabetonia. Kustannuksellisesti lattiarakenteiden 1 ja 2 välille saatiin 9,07 €/m². Lattiarakenteiden hinnat on laskettu käyttäen molemmissa rakenteissa samoja materiaaleja, jolloin materiaalikustannusten osalta saatiin vertailukelpoisia tuloksia. Suurin rakenteiden välistä hintaeroa kasvattava tekijä oli kevytsorabetoni. Kevytsorabetonimassa on huomattavasti lattiabetonimassaa kalliimpaa. Massojen hintaero on 75,07 €/m³. Toinen rakenteen hintaan

vaikuttava tekijä oli lattiavalujen työn osuus. Kelokatu 1:ssä toteutunut rakenne valettiin yhdellä kertaa paksumpana laattana, jolloin lattia valulle kertyi hintaa 2,81 €/m². Kelokatu 3:ssa lattiarakenteen valut toteutettiin kahdessa osassa (kevytsorabetoni ja lattiabetoni), jolloin valuille kertyi yhteishintaa 5,11 €/m². Molemmat hinnat sisältävät sosiaalikulut.

Kahden vertailtavan lattiarakenteen kuivumisajoissa oli suuri ero. Kelokatu 1:ssä pintalaatan kuivuminen päällystemateriaalin vaatimaan suhteellisen kosteuden tasoon vaati aikaa noin viisi (5) kuukautta. Kelokatu 3:ssa hyödynnettiin kevytsorabetonia, jonka ansioista pintalaatan paksuutta saatiin vähennettyä. Pintalaatan paksuuden vaikutus kuivumisaikaan oli suuri, sillä kyseinen lattiarakenne vaati kuivuakseen ainostaan kaksi (2) kuukautta.

Opinnäytetyössä vertailtiin edellisten lisäksi märkätilan seinärakennevaihtoehtoja. Halvimmaksi seinärakenteeksi osoittautui märkätilankipsilevyllä toteutettava rakenne. Suurin hintaa vaikuttava tekijä on materiaalin hinta. Kipsilevy on erittäin halpaa verrattuna esimerkiksi Priima 88 väliseinälevyyn (kevytsoraharkko). Märkätilan ja kuivan tilan erottavaan väliseinään joudutaan varaamaan kahdenlaista kipsilevyä, Märkätilaan tulevaan märkätilankipsilevyä ja kuivalle puolelle asennettavaa normaalia kipsilevyä. Rakenteeseen vaadittaville kipsilevyille saatiin yhteishinnaksi 3,65 €/m², vastaavasti Priima 88 väliseinälevyn hinta on 19,52 €/m².

Kokonaisneliöhinnoissa kalleimmaksi vaihtoehdoksi osoittautui kiviseinärakenne, jonka kokonaishinnaksi saatiin 116,90 €/m². Märkätilajärjestelmällä toteutettavan rakenteen lopulliseksi hinnaksi saatiin 111,48 €/m². Tässä hinnassa on suurta epävarmuutta, sillä kyseinen tuote on hyvin uusi, eikä ole vielä löytänyt tietään kunnolla markkinoille (Jyväskylässä), joten tarkkaa hintaa kyseiselle levyille ei osattu sanoa. Taulukossa esitetty hinta 37,90 €/m² on rautakaupasta saamani arvio, kuinka paljon tuote siellä tulisi maksamaan. Samoin kiinnikkeiden hinta on arvioitu.

Aikataulullisessa vertailussa parhaiten pärjäsivät täysin odotetusti märkätilajärjestelmä. Tässä rakenteessa vedeneritys vaihe jää kokonaan pois, mikä vähentää huomattavasti

työnkestoa. Saamani tiedon perusteella myös asennusnopeus on täysin omaa luokkaansa, eli laatoitettavaa seinäpintaa syntyy 10 - 15m² tunnissa (Tulppa® -levy säästää aikaa, vaivaa ja rahaa). On kuitenkin muistettava, että kyseinen asennusnopeus on tuotevalmistajan antama, joka saattaa vaihdella asennuspaikan ja asentajan mukaan huomattavasti. Kiviseinän ja kipsilevyseinän työmenekit ovat todellisia, sillä kyseiset työmenekit perustuvat jälkilaskennan kautta saatuihin toteutuneisiin työmenekkeihin.

Taulukoissa 8 - 10 esitetyt kokonaisajat (T4) yhtä (1) neliometriä kohden on laskettu siten, että jokainen työvaihe alkaisi heti edellisen valmistuttua, joka ei täysin vastaa todellisuutta. Taulukoissa on kuitenkin eritelty erikseen jokaiseen työvaiheeseen kuuluva aika. Näiden perusteella on helppo laskea hankkeen työvaiheajat märkätilojen osalta, kun suunnitelmista saadaan pinta-alat selville.

7 POHDINTA

Märkätilan lattiarakennetta valittaessa on jo suunnitteluvaiheessa pohdittava, laadi- taanko tuotantoaikataulusta tiukka vai hieman löysempi. Löysemmällä aikataulutta- misella päästään märkätilan lattioiden osalta huomattaviin säästöihin rahallisesti. Valittaessa lattiarakenne 2 (ks. kuvio 9), kuivumisajassa säästetään kolme (3) kuu- kautta mutta kokonaisrakennusaikaa se ei vähennä. Nopea kuivuminen helpottaa kuitenkin aikataulullisesti loppupään rakentamista huomattavasti. Vertailun perus- teelle Kelokatu 3:ssa hieman löysemmällä aikataululla, jolloin laatta olisi voitu valaa kokonaan lattiabetonilla, olisi saavutettu rahallisesti hieman yli 1800 € säästö. Kysei- sessä kohteessa oli kolme kerrosta, joihin rakenne toteutettiin. Tällaisessa kohteessa, jossa märkätilojen yhteispinta-ala jää pieneksi, on täysin perusteltua valita raken- teeksi kololaatta + papuvalu + jälkivalu.

Nykypäivänä korkeiden kerrostalojen rakentaminen on yleistynyt erittäin paljon. Tämän seurauksena asuntojen lukumäärä on suurempi yhdessä talossa, jolloin märkätilojen yhteispinta-ala kasvaa. Yhteispinta-alan kasvaessa kustannuksetkin lisääntyvät. Opinnäytetyön vertailutulosten perusteella esimerkiksi märkätilojen yhteispinta-alan kolminkertaistuessa lisäkustannukset tulisivat olemaan noin 5500 €. Suuremmissa kohteissa hieman löysemällä aikatauluttamisella päästäisiin huomattaviin säästöihin kuukausitasolla, jos märkätilojen lattiat pystyttäisiin toteuttamaan halvemmalla rakenneratkaisulla.

Jos seinärakennetta valittaessa haluttaisiin mennä halvimman mukaan, kannattaisi valita kipsilevyillä toteutettava rakenne. Kyseinen rakenne ei työajallisestikaan olisi kaikkein hitain ratkaisu. Hinnoissa on otettava huomioon sekin seikka, että materiaalihinnat ovat ohjevähittäishintoja. Kilpailutuksen kautta saadun alennuksen vaikutus kokonaishintaa on kalliimmilla materiaaleilla suurempi ja näin ollen hintaerot rakenteiden välillä kapenevat. Mikäli halutaan nopeuttaa rakentamista, kannattaisi valita märkätilajärjestelmä. Tutkimuksessa saatuun hintaa ei kuitenkaan täysin kannata luottaa, koska materiaalihinnat ovat arvioita, joten hinta todellisuudessa saattaa elää hieman ylös- tai alaspäin.

Siirretään katsetta rakentamiseen ja kentällä tapahtuvaan toimintaan. Parhaiten rakennusaikana vaurioitumattomina säilyvät harkot. Kaikkien materiaalien kanssa on pyrittävä välttämään turhaa kastumista ja kolhiintumista. Kipsilevyn kanssa on oltava erityisen varovainen, koska se menee kastuessaan pilalle hyvin nopeasti. Tämä aiheuttaa sen, että kipsilevyjen varastoinnin ja etenkin suojausten kanssa on oltava huolellinen. Puolestaan märkätilajärjestelmälevy on erittäin herkkä ja käsiteltävä varoen. Levyn pintaa ei saa tulla vaurioita, jotta se säilyttää ominaisuutensa vedeneristävyden kannalta. Ottaen huomioon levyn kalliin neliöhinnan niin helposti työmaalla saadaan kallista hukkaa aikaiseksi. Mikään ei kuitenkaan poista sitä tosiasiaa, että kyseinen märkätilanjärjestelmä on erittäin nopea asentaa ja työvaiheita säästyy.

Tulevaisuus huomioonottaen on selvää, että myös kylpyhuoneita joudutaan joskus remontoimaan. Korjausvaiheessa vanha laatoitus puretaan uuden tieltä. Märkätilan-

kipsilevyyden ja märkätilajärjestelmään pohjautuvat rakenteet joudutaan uusimaan levytystä myöten, kun kiviseinä vaatii vain uuden tasoituksen. Toki laatat voi purkaa hajottamatta levyjä, mutta silloin korjaus vaatii enemmän aikaa ja huolellisuutta, joka ei kuitenkaan takaa levyjen säilyvyyttä. Tällaiseen ajatteluun pohjautuen kiviseinä-rakenne on varmasti erittäin hyvä vaihtoehto. Tällaiset takuuajan ulkopuolelle ulottuvat korjaukset eivät tosin vaikuta yrityksen talouteen millään tavalla.

Jatkotutkimusaiheet

Opinnäytetyön edetessä on muutamia jatkotutkimusaiheita tullut esille. Nykypäivänä valmiiden elementtien käyttö rakentamisessa on lisääntynyt. Jatkotutkimuksiin ryhtyessä, aihetta täytyisi hieman laajentaa, pois paikalla rakentamisesta, jolloin saataisiin mukaan kylpyhuone-elementit. Etenkin suurissa kohteissa kylpyhuone-elementit, jotka ovat täysin valmiita sisäpuolelta, nopeuttavat rakentamista huomattavasti. Toinen huomioitava ratkaisu on Parman kehittämä tekniikkalaatta. Tekniikkalaatta asennetaan märkätilan kohdalle, joka toimii samalla yhtenä osana ontelolaa-tastoa. Tekniikkalaatta sisältää tehtaalla asennetut viemärit, lattiakaivot, lattialämmityskaapelit tai -putket sekä laattaan on valmiiksi tehdasolosuhteissa toteutettu lattiakaadot (Parma). Kyseinen ratkaisu todennäköisesti vähäntäisi odottelua kuivumisen suhteen huomattavasti ja nopeuttasi rakentamista etenkin kohteissa, joissa on paljon itseään toistavia märkätiloja.

LÄHTEET

Betonilattiat 2002. 2002. Suomen betoniyhdistyksen (BY45) ja Suomen betonilattiyhdistyksen (BLY 7) julkaisu. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy.

C2. 1998. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Kosteus, määräykset ja ohjeet. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Haukijärvi, M. 2012. Parman tekniikkalaatalla märkätilat tehokkaasti. Viitattu 28.2.2012

<http://www.parma.fi/fi/Ajankohtaista/Parman+tekniikkalaatalla+m%C3%A4rk%C3%A4tilat+tehokkaasti/>

HB-Priima-välisenälevy. 2012. Tuote-esite HB-Betoniteollisuus Oy:n sivustolla. Viitattu 24.2.2012

http://www.hb.fi/hb/media/hb_betoni/esitteet_fi/piha_ja_harkkotuotteet/hb_priima_valiseinalevyt/?_E_V_I_A_M_E_D_I_A_PATH_DOWNLOAD

Sääsuureiden keskimääräiset arvot kuukausittain vyöhykkeellä III (Jyväskylä). 2012. Ilmatieteen laitoksen sivustolla. Viitattu 18.4.2012

http://ilmatieteenlaitos.fi/etusivu?p_p_auth=RnfcQ8CS&p_p_id=20&p_p_lifecycle=1&p_p_state=exclusive&p_p_mode=view&_20_struts_action=%2Fdocument_library%2Fget_file&_20_folderId=359229&_20_name=DLFE-3401.pdf

Kauppinen, M. Betoniaseman vastaava. HB-Betoniteollisuus Oy. Puhelinhaastattelu 13.4.2012.

Koskenvesa, A., Mäki, T., Palomäki, J. 2009. Rakennustöiden menekit 2010. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Merikallio, T. 2002. Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy.

Merikallio, T., Niemi, S. & Komonen, J. 2007. Betonilattiarakenteiden kosteudenhallinta ja päällystäminen. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy.

Pumppauskalusto, hintalaskelmaesimerkki. 2010. Jyväskylän Betonipumppaus Oy. Viitattu 27.1.2012.

http://www.kuljetusliikeryuska.com/betonipumppaus/index.php?option=com_content&view=article&id=1&Itemid=2

Rakentaminen 2011, asuntorakentaminen normalisoituu, muu rakentaminen lievään kasvuun. 2011. Rakennusalan suhdanneryhmän laatima raportti 4.2.2011. Viitattu 12.1.2012.

http://www.vm.fi/vm/fi/04_julkaisut_ja_asiakirjat/01_julkaisut/02_taloudelliset_katsaukset/20110204Rakent/RAKSURaportti_04022011.pdf

Rakennusalan työehtosopimus urakkahinnoitteluineen 2011–2012. 2011. Sastamala: Vammalan Kirjapaino Oy. Viitattu 15.8.2012. <http://www.finlex.fi/data/tes/stes4484-TT72Rakennus1103.pdf>

RIL 107–2000. 2004. Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

RT 05-10710. 1999. Kosteus rakennuksissa. Viitattu 12.1.2012.
<Http://www.jamk.fi/kirjasto>, JaNet-tietokanta, RT-kortisto (Elektroninen aineisto)

RT 14–10984. 2010. Betonin suhteellisen kosteuden mittaaminen. Viitattu 12.1.2012.
<Http://www.jamk.fi/kirjasto>, JaNet-tietokanta, RT-kortisto (Elektroninen aineisto)

RT 84–10759. 2001. Märkätilojen rakenteet. Viitattu 12.1.2012.
<Http://www.jamk.fi/kirjasto>, JaNet-tietokanta, RT-kortisto (Elektroninen aineisto)

Projektipankki. 2012. SokoPro. Viitattu 20.4.2012
<https://www.sokopro.fi/Login.aspx?>

Tulppa® -levy säästää aikaa, vaivaa ja rahaa. Viitattu 18.3.2012.
<http://www.tulppa.fi/tulppa-levy>

Valmisbetonihinnasto 2012. 2012. Hinnasto HB-Betoniteollisuus Oy:n sivustolla. Viitattu 27.1.2012
http://www.hb.fi/hb/media/hb_betoni/esitteet_fi/hinnastot/hb_valmisbetonihinnasto_2012/?_EVA_MEDIA_PATH_DOWNLOAD

