

Opinnäytetyö (AMK)

Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma

Rakennusmestari

2019

Kalle-Petteri Poutanen

LAADUKKAAN RAKENTAMISEN MAHDOLLISTAMINEN SÄÄSUOJAUKSELLE

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma

2019 | 50 + 4 liitesivua

Kalle-Petteri Poutanen

LAADUKKAAN RAKENTAMISEN MAHDOLLISTAMINEN SÄÄSUOJAUKSELLE

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia kuivan ja laadukkaan rakentamisen mahdollistamista telineratkaisuilla, jotka on katettu sääsuojauksella. Työssä paneudutaan kosteusongelmiin ja kosteudenhallintaan, jotka koetaan Suomessa rakennusliikkeiden isoimpina ongelmina.

Työssä kerrotaan suomalaisen rakentamisen historiasta ja sitä kautta nykypäivän rakentamiskulttuurista. Työ käsittelee betonin kuivumisprosessia eri olosuhteissa sekä sen edesauttamista ja tehdasvalmisteisten osien asennusta kuivana ja laadukkaasti. Opinnäytetyössä annetaan esimerkkejä kuivumisprosessin vaikutuksesta aikataulukseen.

Työssä käsitellään mielipidetutkimusta suomalaisen rakentamisen kyseenalaistamisesta, sekä mielikuvia sääsuojauksesta ja sen mahdollisuuksista uudisrakentamisessa.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin selville, että sääsuojauksesta on hyötyä rakennuksen aikataulun ylläpitämisenä syys- ja talviaikaan, tehdasvalmisteisten osien kuivana pidossa asennusaikana sekä betonin kuivumisprosessissa.

Opinnäytetyön tuloksia hyödynnetään Lehto Groupin kohteiden sääsuojausmenetelmien suunnittelussa.

ASIASANAT:

uudisrakentaminen, sääsuojaus, teline, tekniikkastudio, betonin kuivuminen, kuivaketju10

BACHELOR'S / MASTER'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Degree programme in Construction Management

2019 | 50 + 4 pages

Kalle-Petteri Poutanen

ENABLING HIGH-QUALITY CONSTRUCTION WITH WEATHER SCAFFOLDING

The main objective of this thesis was to study the enabling of dry and high-quality construction by using weather scaffolding. The thesis focuses on moisture problems and moisture management, which are perceived to be the most significant problems Finnish construction companies face.

The thesis describes the history of construction in Finland leading to the current culture of Finnish construction. The thesis extensively discusses the drying process of concrete in a variety of circumstances, aiding the drying process and the installation process of factory-built construction parts, including research on how to perform dry and high-quality installation in the Finnish weather circumstances. The thesis includes examples of how the drying process of concrete can affect the construction site schedule.

The thesis also discusses a survey on Finnish construction, including questions on weather scaffolding and the possibilities it brings to new building.

The results of this thesis were, that weather scaffolding is useful for maintaining a schedule in construction, keeping factory-built construction parts dry during the installation process and contributes the drying process of concrete.

The outcome of this thesis will be used on planning weather scaffolding systems in Lehto Group's construction process.

KEYWORDS:

scaffolding, construction, concrete, factory-built

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	6
2 RAKENTAMINEN SUOMESSA VUONNA 2019	9
2.1 Suomalaisen rakentamisen mielikuva	11
2.2 Hankkeen kustannusten muodostuminen	13
3 SUOMALAISEN RAKENTAMISEN HISTORIA	15
3.1 Betonirakentaminen	15
3.1.1 Betonin valmistaminen ja valaminen	16
3.1.2 Betonin kuivuminen	18
3.1.3 Betonirakenteiden ongelmat	19
3.2 Puukerrostalorakentaminen	20
3.2.1 Kosteusteknisiä ominaisuuksia	22
3.2.2 Puurakenteiden ongelmat	22
4 TOIMINTAMALLI KUIVAKETJU 10	24
4.1 Työn tilaaminen ja sen edellyttämät vaatimukset	24
4.2 Tilaajan velvollisuudet	25
4.3 Suunnittelu	25
4.4 Työmaatoteutus	26
5 SÄÄSUOJARATKAISUN TARVEKARTOITUS	27
5.1 Lehto Groupin konsepti ja esituotanto	27
5.2 Säätuojan kartoitus	31
5.3 Tarjouspyyntö ja työnsisältöliite	33
5.4 Säätuojan tarpeellisuus	34
6 RAKENNUSKOHTEN SÄÄSUOJAUKSET SUURIMMAT SYYT	36
6.1 Kosteusmittaukset	37
6.2 Aikataulullinen riski ja venymä	38
6.3 Lehto Groupin esituotannon asennus	40
7 JOHTOPÄÄTÖKSET	42
7.1 Brändihaitta	42
7.2 Noususuhdanteen haitta rakentamiseen	42

7.3 Yhteenveto Kuivaketju10-toimintamallista	43
--	----

8 YHTEENVETO SÄÄSUOJAUKSEN TARPEELLISUUDESTA	45
---	-----------

LÄHTEET	47
----------------	-----------

LIITTEET

Liite 1. Ensimmäinen kosteusmittaus. Kohde nro 1.	1
Liite 2. Toinen kosteusmittaus. Kohde nro 1.	2
Liite 3. Kolmas ja viimeinen kosteusmittaus. Kohde nro 1.	3
Liite 4. Kosteusmittaustulokset. Kohde nro 2.	4

KUVAT

Kuva 1. Keskimääräiset lämpötilat ja sademäärät.	10
Kuva 2. 250 mm:n betonilaatan kuivumisaikoja eri olosuhteissa.	19
Kuva 3. SRV:n rakentama puukerrostalokohde Helsingissä Pukinmäessä.	21
Kuva 4. Sääsuojan sisällä tapahtuvaa elementtiasennusta.	23
Kuva 5. Lehto Componentsin Oulaisten tehdas. Rakenteilla puukerrostalomoduleita.	28
Kuva 6. Tekniikkastudion nosto alkamassa.	29
Kuva 7. Kanttia2-arkkitehtitoimiston havainnointikuva Lehto Groupin kerrostalosta	30
Kuva 8. Kanttia2-arkkitehtitoimiston havainnointikuva tekniikkastudioiden sijoittelusta.	31
Kuva 9. Kohteeseen on asennettu sääsuoja ennen rakentamisen aloitusta.	32
Kuva 10. Valaistuissa ja kuivissa olosuhteissa asennustyö tapahtuu nopeasti ja tehokkaasti.	35
Kuva 11. Betonilattioiden riittävän kuivumisen määrittäminen uudisrakentamisessa.	39
Kuva 12. Betonilattioiden riittävän kuivumisen määrittäminen uudisrakentamisessa.	40
Kuva 13. Tekniikkastudion asennus meneillään. Taustalla näkyy sääsuoja, josta avattu lohko studion asennusta varten.	41

1 JOHDANTO

Rakenteiden ja rakennusosien kastuminen sekä kosteusongelmat ovat olleet paljon mediassa viime vuosina. Tästä johtuvat kohut ovat muokanneet ihmisten ajattelutapoja rakentamisesta, ja rakennusliikkeiden brändi on kärsinyt huomattavasti. Mielikuva rakentamisen laadusta on kääntynyt negatiivisempaan suuntaan ja käsitys suomalaisesta rakentamisen ammattitaidosta on kyseenalaistettu. (Katajisto 2018.) Yhä useampi rakennusliike on ryhtynyt suunnittelemaan toimia rakennusaikaisen kastumisen välttämiseksi ja miten sen seurauksia voitaisiin välttää.

Suomessa tehdään monia rakennustyövaiheita säiden armoilla, vaikka rakennusmääräykset ja suositukset ohjaavatkin rakentamaan kuivissa olosuhteissa. Runko-, julkisivu- ja vesikattotöitä joudutaan tekemään myös pimeään ja kylmään vuodenaikaan sekä kosteissa olosuhteissa. Näistä johtuvia rakentamisvirheitä seuraavat jälki- ja korjaustyöt, jotka saattavat joskus kuluttaa työvaiheen budjetin moninkertaisesti. Tästä aiheutuu haittaa myös kiinteistön asukkaille, mikä vaikuttaa mahdollisesti asumiseen ja elämänlaatuun. Voiko sitä mitata rahassa?

Noususuhdanne on lisännyt rakennusalalla ympärivuotista rakentamista ja kohteiden aloitukset eivät enää ole perinteisesti kevätkaudella, jolloin sää on suosinut rakentamista enemmän kuin syksy tai talviaika. Talvirakentaminen on tuonut lisää haasteita rakentamiseen lumen määrän ja siitä syntyvän kosteuden muodossa. Talvesta aiheutuva pakkakanen vaikeuttaa rakentamista, ja betonirakentamisen kuivumisprosessi hidastuu huomattavasti. Ratkaisut kohti kuivaa ja laadukasta rakentamista ympärivuotisesti eivät ole tiedossa työtä tekevän tasolla, ja näihin olisi puututtava jo suunnitteluvaiheessa, etteivät ne rasittaisi työmaata ja toteutusta.

Vuodenaikojen sääolosuhteet vaihtelevat todella radikaalisti pitkin Suomea. Kuivia kausia ei ole enää yhtä paljon kuin ennen. Olettavaa olisi, että suunniteltaisiin myös niin, että rakennukset voitaisiin toteuttaa kuivasti. Valitettavasti suunnittelu ei aina tähän ohjaa, vaan lopputuloksen painoarvoa annetaan yhä enemmän työmaan hoidettavaksi.

Suunnittelun ja rakentamisen toimintamalli Kuivaketju10 kehitettiin RALA:n, Oulun kaupungin rakennusvalvonnan sekä ympäristöministeriön toimesta ennaltaehkäisemään ja vähentämään kosteusvaurioita rakennuksissa koko sen elinkaaren ajan. Kosteusvaurioriskien hallinta perustuu erityisesti rakennusvaiheiden valvomiseen ja työvaiheiden

onnistumisen todentamiseen. Kuivaketju10 sisältää todentamisohjeet siihen, onko suunnittelussa ja rakentamisessa onnistuttu toimintamallin mukaisesti. Kyseisen toimintamallin ottaminen osaksi rakentamista antaa selkeät ohjeet siihen, miten hoitaa kosteudenhallinta rakennushankkeessa. Se ei välttämättä helpota ja nopeuta työtä, mutta ohjaa kuivempaan rakentamiseen, ja valmistunut tuote on paremmin toteutettu. Kuivaketju10:ä käsitellään myöhemmin tässä opinnäytetyössä.

Puukerrostalorakentaminen ja tehdasvalmisteinen esituotanto ovat tuoneet sääsuojan alla rakentamisen arkipäiväisemmäksi, mikä johtuu kosteudelle herkistä rakenteista, jotka eivät kestä vettä samalla tavoin kuin betonirakenteet. Tämä on saanut sääsuojavalmistajat miettimään sääsuojiaan enemmänkin ratkaisuna kuin tuotteina. Kysymys kuuluu, miten sääsuojaus nähtäisiin urakoitsijaa helpottavana ja hyödyttävänä sekä lisäarvoa tuovana ratkaisuna kostealla ilmalla rakennettaessa.

Tehdasvalmisteisten rakennusosien asennus kuivana on ollut yksi tavoitteista opinnäytetyötekemisessä. Esituotannon käyttäminen työmailla on lisääntynyt lähivuosien aikana huomattavasti. Esimerkkinä rakennusyhtiö Lehto Group Oy, joka on tullut mukaan asuntorakentamiseen vuonna 2014 ja haluaa olla suurin asuntorakentaja Suomessa viimeistään 2020. Lehto Group on ollut kärkipäässä tuomassa tehdasvalmisteista esituotantoa takaisin asuntorakentamiseen Rauno Puolimatkan ajoilta. Näistä esimerkkeinä ovat kylpyhuone-elementit, joista käytetään nimeä tekniikkastudio, julkisivuelementit sekä puukerrostalomoduulit. Esituotannon suurimpia riskejä epäonnistua ovat tehtailla sekä työmaalla tapahtuvat asennusvirheet ja sääolosuhteiden aiheuttamat haitat.

Opinnäytetyössä käsiteltävät kosteutta ehkäisevät ratkaisut ovat itsessään mullistava vaihtoehto rakentamisen aikaisen kosteuden hallintaan. Ne helpottavat rakenteiden kastumisen ehkäisyä ja suojaavat itse työtä ja työntekijää säältä sekä talvisaikaan pimeältä, kun työskennellään suojan alla. Nämä ratkaisut helpottavat myös suunnittelijaa työssään, kun hänelle on annettu selkeä ohjeistus työn toteuttamiseen sekä suunnittelemiseen. Kosteuden ehkäisyn lisäksi tämä tuo myös helpotusta rakentamiseen sekä takaa laadukkaamman lopputuloksen.

Sääsuojat ovat kehittyneet viimeisen vuosikymmenen aikana huomattavasti ja nuorempi sukupolvi on tuonut innovaatiota mukanaan sääsuojarakentamiseen, sen kehittämiseen ja mahdollisuuksiin. Sääsuojarakenteet ovat keventyneet ja niissä on päästy isompiin jänneväleihin kuin aiemmin on ollut mahdollista.

Kohteissa, joissa tilaajana toimii isompi rakennuttajaorganisaatio tai kunta, on alettu vaatia tarjouspyyntövaiheessa kohteen sääsuojausta. Tämä asettaa urakoitsijat samalle linjalle kohteen tarjoamisessa, joten kilpailevat osapuolet eivät voi tarjota kohdetta huomattavasti halvemmalla ilman sääsuojaa ja olosuhteet urakoitsijoiden kesken pysyvät samankaltaisina mahdollistaen paremman lopputuloksen.

Kohteen sääsuojaus ei ole pelkästään lisäarvoa tuova asia. Joskus huonosti suunniteltu sääsuojaratkaisu haittaa työntekoa enemmän kuin hyödyttää. Huonosti suunniteltu sääsuojaratkaisu saattaa olla myös tarpeettoman iso ja sitä kautta kalliimpi. Saumaton yhteistyö tilaajan ja sääsuojaurakoitsijan kanssa on ehdottoman tärkeää, jotta ratkaisusta saadaan taloudellisesti järkevä ja kaikki ylimääräinen saadaan karsittua pois. (Savolainen 2018.)

Opinnäytetyössä kerrotaan suomalaisen rakentamisen historiasta, betonin ja puun mahdollisuuksista, niin kosteuden kestosta sekä altistumisesta kosteudelle. Tutkimuskysymyksenä on se, voidaanko tämän ajan rakentaminen toteuttaa kuivasti ja laadukkaasti sääsuojauksen avulla. Opinnäytetyössä käsitellään telinejärjestelmille rakennettavaa sääsuojausta, jonka koetaan olevan yksi tulevaisuuden muuttavia tekemisiä uudisrakentamisessa kosteuden ehkäisijänä. Lisäksi käsitellään kosteudesta johtuvia haittoja, jotka vaikuttavat kuivumisprosessiin ja kosteudesta johtuviin aikataulullisiin ongelmiin.

Opinnäytetyön kirjoittaja on aloittanut työt Lehto Asunnoilla vuonna 2018 toukokuussa. Ensimmäisten rakennekuvien ja arkkitehtimallien tullessa valmiiksi rakennettavasta kohteesta ei osattu ajatella, että kohteessa olisi tarpeen minkäänlainen sääsuoja. Kohteen tullessa tutummaksi aloitettiin selvitystyö siitä, voitaisiinko tällainen ratkaisu ottaa harkintaan, koska kohteessa on rakenteellisesti paljon haastavia paikkoja kosteuden ulkona pitämiseksi.

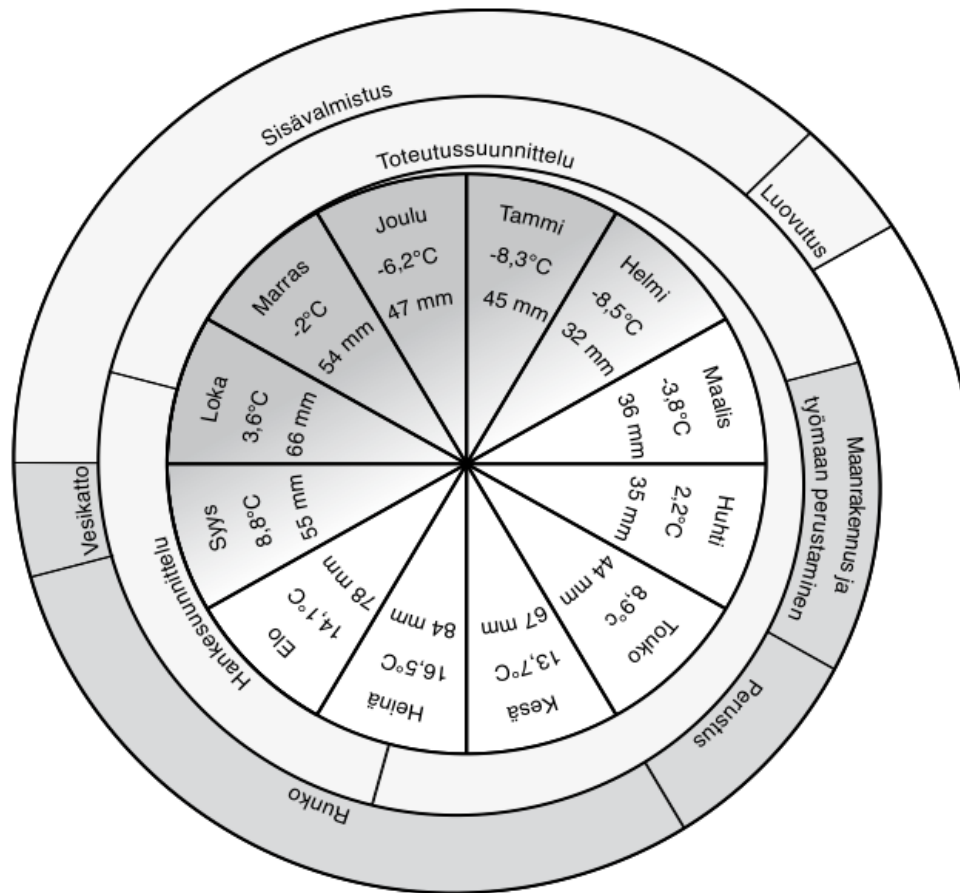
Opinnäytetyö pohjautuu Lehto Asunnot Oy:n betonirakenteiseen kerrostalokohteeseen. Kohteessa oli käytössä Telinekataja Oy:n sääsuojajärjestelmä, joka toteutettiin pilottihankkeena Turun alueen Lehto Asuntojen yksikölle. Asiantuntija haastateltavina olivat Telinekataja Oy:n aluepäällikkö Marko Härkönen sekä Lehto Asunnot Oy:n Länsi-Suomen yksikön työpäällikkö Marko Kaulo.

2 RAKENTAMINEN SUOMESSA VUONNA 2019

Suomalainen rakentaminen on muuttunut radikaalisti viimeisten vuosien aikana. Vuosia käytössä olleet rakentamismallit ja -tekniikat ovat saaneet väistyä, kun näistä johtuvia haittoja korjaillaan vuosikymmenien jälkeen. Rakenteet, jotka on todettu 1970–1980-luvulla toimiviksi ja taloudelliseksi rakentaa, on tutkimusten perusteella todettu sellaisiksi, ettei niin olisi pitänyt rakentaa. (Hometalkoot 2018.) Niiden lisäksi rakenteiden kosteusmittaus tavat ovat muuttuneet ja tarkentuneet, josta johtuen 1980-luvun raja-arvot eivät enää kelpaa tänä päivänä. (Merikallio 2007, 3.)

Rakentamisen sykli on ohjautunut matalasuhdanteessa niin, että runkorakentaminen sekä julkisivut aikataulutettiin kuivaan aikaan tehtäväksi ja sisätöitä tehtiin kosteisiin vuodenaikoihin rakennuksen ollessa lämmin ja vesitiivis. Korkea noususuhdanne rakentamisessa on saanut rakennusliikkeet tekemään töitä ympäri vuoden, jotta tuloksen teko pysyy suhdanteen mukana. Lehto Asunnot Oy:n työpäällikköä haastateltaessa hän kommentoi asiasta näin: ”Rakentamisen kannalta olisi tietysti parasta edetä suotuisaan vuodenaikaan. Mutta silloin alkaa olla resurssipula tekijöistä, kun kaikki aloittavat rakentamisen samaan aikaan. Mielestäni rakentamista pitää olla ympäri vuoden juuri tämän hintojen nousun vuoksi.” (M. Kaulo, henkilökohtainen tiedonanto 18.2.2019)

Kuvassa (1) on havainnoitu keskilämpötiloja ja -sademääriä Jyväskylän havaintoasemalta. Tilastot ovat Ilmatieteen laitoksen vertailukaudelta 1981–2010. Kuvassa voi aloitusajankohtaa muuttamalla arvioida karkeasti, millaisia olosuhteita on keskimäärin odotettavissa eri rakentamisvaiheissa.



Kuva 1. Keskimääräiset lämpötilat ja sademäärät. (Ratu S-1232, 2013, 3).

Rakentaminen ympärivuotisesti on kaksijakoinen asia. Yritykset haluavat pitää tuloksen teon ympärivuotisena, mutta sääolosuhteet eivät ole yhtä optimaaliset kaikkiin vuodenaikoihin.

Työturvallisuus

Työturvallisuuteen kiinnitetään yhä enemmän huomiota rakentamisessa. Työturvallisuutta pidetään yleisesti tärkeänä, mutta kiire, urakoitsijoihin kohdistuvat paineet, työhön liittyvät vaatimukset ja urakat menevät useasti työturvallisuuden edelle. Nämä vaikuttavat osaltaan virheen muodostumisen mahdollisuuteen ja lisäävät tapaturmien riskiä. (Erkkilä-Häkkinen 2016, 197.) Tänä päivänä työmaiden halutaan olevan työtaturmatomia ja pyritään lähes virheettömiin työtaturmamittauksiin viikoittain. Silti tapaturmia

sattuu viikoittain ympäri Suomea. Suomen laki määrää työturvallisuudesta (23.8.2002/738) ja on antanut useita ohjeistuksia asiaan.

Suomessa työmailla suoritetaan viikoittain TR-mittaus, jonka tarkoituksena on mitata työmaan työturvallisuutta. Mittauksessa havainnoitavat asiat ovat työskentelyä, telineitä, kulkusilloja ja tikkaita, koneita ja välineitä, putoamissuojausta, sähköä ja valaistusta, järjestystä ja jätahuoltoa sekä pölyisyyttä. Näiden asioiden valvonnan kautta pyritään pitämään työmaa turvallisena ja terveenä työympäristönä jokaiselle tekijälle. TR-mittaus voi myös korvata työmaan viikoittaiset kunnossapitotarkastukset. (Nykänen 2016; 23.8.2002/738)

Useat suomalaiset rakennusliikkeet ovat sitoneet työmaan toimihenkilöiden tulospalkkiot TR-mittauslukemiin, josta johtuen nämä pyritään työmaan tasolla ylittämään. Normaalisti työmailla pyritään mittauslukemaan, joka ylittää yli 90 prosenttia. Tämä tarkoittaa sitä, että 100 havaintoa kohden 90 ovat positiivisia ja 10 negatiivisia. (Nykänen 2016.) Asioihin halutaan reagoida työmaan toimihenkilöiden puolesta nopeasti ja tehokkaasti, koska ajatellaan, että oma elanto on sidottu kiinni työmaan turvallisuuteen.

2.1 Suomalaisen rakentamisen mielikuva

Rakennusyritys PEAB teetti tutkimuksen, jossa käsiteltiin mielikuvaa suomalaisesta rakentamisesta. Tutkimuksessa käy ilmi, että yli puolet suomalaisista on sitä mieltä, että rakentamisen maine on kärsinyt ja mielikuva on muuttunut negatiivisemmaksi. Tutkimuksessa suurin rakentamiseen liittyvä huoli olivat kosteus- ja sisäilmaongelmat, joita pidettiin sekä yhteiskunnallisena ongelmana että rakennusalan merkittävänä haasteena. (Katajisto 2018.)

Tutkimuksessa peräti 92 prosenttia oli täysin tai melko samaa mieltä, että kosteudesta johtuvat ongelmat ovat suuri haaste yhteiskunnassamme. 88 prosenttia vastaajista oli sitä mieltä, että rakennusalan suurimpia ongelmia on juuri kosteudenhallinta. (Katajisto 2018.) Nämä luvut ovat huomattavia. Tämän tutkimuksen myötä voidaan todeta, että suomalaisen rakentamisen hyvä maine on saanut kovan iskun ja tämä vaikuttaa uudis- ja korjausrakentamisen mielikuvaan. (Katajisto 2018.)

Rakennusyritys Peabin toimitusjohtaja Mika Katajiston (2018) mukaan tutkimuksen luvut ovat pysäyttäviä. On aika toimia ja saatettava rakentajien ammattilypeys takaisin kunniin. Kosteudenhallinnasta on pidettävä huolta koko hankkeen ajan ja suunnitellaan ja rakennetaan niin kuin on sovittu.

Home, suunnittelun ja rakentamisen huono laatu sekä vastuun puuttuminen ovat syitä myös siihen, miksi tutkimuksessa 61 prosenttia haastateltavista on sitä mieltä, että rakentamisen hyvä maine on kärsinyt. Muita syitä, joita artikkelissa käsiteltiin, olivat myös ammattilypeyden katoaminen, tekijästä johtumaton kiire ja valvonnan puute. Näillä asioilla on suora vaikutus pääurakoitsijan maineeseen. (Katajisto 2018.)

Peabin tutkimuksessa käy ilmi, että yrityksessä tehdään paljon työtä kosteudenhallinnan eteen. Yhtiö otti käyttöön vuoden 2019 alusta kaikilla omaperusteisilla työmaillaan Kuivaketju10-toimintamallin. (Katajisto 2018.)

Peabin lisäksi myös Lehto Group on halunnut tehdä läpinäkyvämmäksi kosteudenhallintaansa. VTT Expert Services Oy myönsi lokakuussa 2017 tehdasvalmisteiselle Tekniikkastudiolle VTT-sertifikaatin VTT-C-12167-17 akkreditoitun sertifiointijärjestelmän mukaisesti. Tämä kyseinen sertifikaatti kattaa tehdasvalmisteisen kylpyhuone-elementin märkätilan kosteusteknisen toimivuuden. (Helaakoski & Markelin-Rantala 2017.)

Lehto Groupin Asunnot-palvelualueen johtaja Pasi Kokko kommentoi asiaa lehdistötiedotteessa: ”Sertifiointiprosessin seurauksena saimme vahvistuksen siitä, että Kylpyhuone-elementtimme täyttävät Suomen rakentamismääräyskokoelman kosteuteen liittyvät määräykset ja ohjeet. Tämä lisää luottamusta tuotettamme kohtaan sekä viranomaisien että asunnon ostajien näkökulmasta.” (Helaakoski & Markelin-Rantala 2017.)

VTT-tuotesertifiointi on vapaaehtoinen menettely. Tällä tavoin yritys voi osoittaa tuotteensa täyttävän kotimaiset ja ulkomaiset vaatimukset. Sertifikaatissa esitetään tuotetta koskevat vaatimukset sekä testituloksien avulla varmennetut tuotteen ominaisuudet. Sertifikaatin myöntämisen edellytyksenä on, että valmistaja omalla laadunvalvonnalla todentaa tuotteidensa vaatimukset. Tämän lisäksi VTT Expert Services Oy tekee vuosittaisen tarkastuksen siitä, että laadunvalvonta on asianmukaisesti suoritettu ja dokumentoitu. (Helaakoski & Markelin-Rantala 2017.)

Myös NCC on reagoinut rakennuskosteuden ehkäisemiseen kehittämällä uudenlaisen ja älykkään menetelmän betonin kuivumisen varmistamiseksi ja rakenteellisen kosteuden

välttämiseksi. NCC:n ja KIRA-DIGI:n kehittämällä IoT-tekniologiaan perustuvalla ratkaisulla voidaan reaaliajassa seurata työmaan rakennusaikaisia ulko- ja sisäolosuhteita sekä betonin kosteutta. Lisäksi työmaalle tarjottiin työkalu seurata ja ohjata betonin kuivumisen optimaalisia olosuhteita. Tällä älykkäällä menetelmällä voidaan varmistaa betonin kuivuminen ja rakenteellisten kosteusvauroiden välttäminen. (NCC 2017.)

2.2 Hankkeen kustannusten muodostuminen

Kohdetta suunniteltaessa kiinteistön rakentamista ajatellaan investointihankkeena, joka etenee ideasta suunnittelun ja toteutuksen kautta operatiiviseen toimintaan. Suunnitteluvaiheessa painottuvat tarkkuus ja osuvuus. Toteutusvaiheessa tärkeää on painottaa tehokkuutta. Rakennushankkeen kustannukset kulkevat käsi kädessä hankkeen laajuuden, aikataulun ja laadun kanssa. Nämä muodostavat kokonaisuuden, joka pyritään pitämään tasapainossa. (Ratu KI-6033, 2018, 5.)

Rakennushankkeen alussa tilaajan ja käyttäjien tarpeiden perusteella tehtävät päätökset sekä mahdollisen olemassa olevan rakennuksen ominaisuudet määrittävät alustavan kokonaisuuden kustannuksille. Päätöksenteko on usein hankkeiden alkuvaiheissa todella nopeaa ja itseään toistavaa. Rakennusliikkeet haluavat käyttää samoja tuttuja ratkaisuja, jotka on helppo arvioida taloudellisesti ja aikataulullisesti, koska näistä on kokemusta. (Ratu KI-6033, 2018, 7.)

Rakennushankkeen kustannusten hallinnassa korostuu se, että kaikki tavoittelevat yhteistä onnistumista taloudellisesti ja laadullisesti. Jos rakennushanketta suunniteltaessa ei olla määritelty normeja tai ei ajatella koko prosessin lähtökohtana samoja asioita, on onnistuminen toteutuksen aikana huomattavasti vaikeampaa. (Ratu KI-6033, 2018, 6.) Jos suunnittelu ei ohjaa kohti taloudellista ja laadukasta lopputulosta, sitä on vaikea odottaa toteutukselta. Suunnittelun ollessa ohjattua ja toteutus pohjaisesti mietittyä, toteutukselle annetaan isompi painoarvo ja lopputulos riippuu enemmän siitä.

Suomalaisessa rakentamisen hankekulttuurissa suurin osa yrityksistä kilpailee kilpailu-urakoissa, joissa tilaaja suunnittelee kohteen ja antaa suunnittelukuvat kilpailuun lähteville yrityksille. Yritykset laskevat kohteen tavoillaan ja antavat rakentamisesta hinnan tilaajalle. Suomessa suurimmasta osasta kilpailu-urakoita kohteen voittaa se, joka tekee urakan halvimmalla hinnalla. Tämä tuo tilaajalle säästöä verrattaessa muihin tarjouksiin. Kaikilta tarjouskilpailussa mukana olleilta odotetaan samaa laatua ja sisältöä. Jos urakan

voittaa kilpailussa sellainen osapuoli, joka ei ole halvin, oletettavaa on, että sisältö on laajempi ja kattavampi kuin halvimmalla kilpailussa olleella. (RT 16-10182, 1982, 2.)

Tilaaajan vaatima toimintamalli urakassa

Tilaaaja voi velvoittaa tarjouspyynnössä rakentamisen tapahtuman tietyn toimintamallin tai tavan mukaisesti. Tämä ohjaa kaikki urakoitsijat samalle viivalle tietyissä ratkaisuihin, esimerkkinä kosteustekninen toteutus. Suosituksi toimintamalliksi lähivuosina on tullut Kuivaketju10. Tämä toimintamalli ohjaa rakennushanketta suunnittelusta toteutukseen välttäen kosteushaittoja. Esimerkkinä toinen toimintamalli on rakennusliike SRV:n toimintamalli SRV Malli, joka perustuu kumppanuuteen ja avoimeen yhteistyöhön. Asiakas voi SRV:n mallissa sopimuksesta osallistua päätöksentekoon koko hankkeen ajan. (SRV 2018.)

3 SUOMALAISEN RAKENTAMISEN HISTORIA

3.1 Betonirakentaminen

1900-luvun alkupuolen teollistuminen ja kaupungistuminen Suomessa edellyttivät asuinrakentamista kaupunkialueille, mikä voitiin toteuttaa betonitekniikan avulla. Betoni otettiin käyttöön kaikilla rakentamisen osa-alueilla. Kuuluisia betonirakennuksia Suomessa ovat esimerkkinä 1930-luvun Helsingin kaupunginosa Töölö rakennuksineen sekä areenoineen. Arkkitehtonisesti ajatellen betonin muovailtavuus tarjosi uusia ulottuvuuksia, joita arkkitehdit hyödynsivät töissään 1930-luvulta lähtien. (BY 201, 2018, 19.)

Suomalaisen betonirakentamisen kritisoitu jakso ajoittuu 1960–1970-luvun lähiöihin. Sodista johtuneesta jälleenrakentamisesta asuinrakentaminen oli jäänyt toisarvoiseksi. Kantakaupungeissa asuminen oli ahdasta ja vaatimatonta. Muuttovirta maalta kaupunkiin, elinkeinorakenteen muutos ja työpaikkojen keskittyminen kaupunkiin asettivat uusia haasteita. Oli rakennettava nopeasti edullisia ja varustetasoltaan toimivia asuntoja. Kuntien valmiuksien, tonttipuutteen ja kalliin kunnallistekniikan vuoksi kunnat eivät kyenneet vastaamaan tarvittavaan asuntopulaan riittävän nopeasti. Asuntorakentamisen vetäjinä olivat arava-rahoitusjärjestelmä, pankit, rakennuttajayhteisöt ja rakennusliikkeet. (BY 201, 2018, 20.)

Tässä tilanteessa rakennusteollisuus kykeni vastaamaan ajan haasteisiin ja betonirakentamista alettiin kehittää nopeasti. Urakoitsijat toivat betonirakentamiseen erilaiset holvimuottitekniikat sekä kenttävalimot, joissa ensimmäiset sandwich-julkisivuelementit valmistettiin. (BY 201, 2018, 21.)

1970-luvulla julkaistiin ensimmäiset betonielementtistandardit (BES), jotka standardoivat betonielementit rakennetyypeittäin ja liitosdetaljittain siten, että urakoitsijat pystyivät hankkimaan valmisosia useilta toimittajilta samaan rakennukseen. Valittu runkojärjestelmä, kantavien seinien ja pitkien esijännitettyjen välipohjalaattojen käyttö, antoi lähes vapaat vaihtelumahdollisuudet asuntojen pohjaratkaisujen suunnittelulle. (BY 201, 2018, 21.)

Tämän aikaisen asuntorakentamista ohjaavan hallituksen tiukka kustannusohjaus, rakennusliikkeiden julkisivutehtaat ja kiire rakentaa nopeasti vaikuttivat siihen, että rakennusten visuaalinen puoli jäi huomiotta ja syntyvät talot olivat suorakulmaisen muotoisia,

joista alettiin puhua nimellä laatikkotalot. Tiedot monista betonin kestävyysvaikutuksista tekijöistä, kuten raudoitusten teknisyys ja siten ruostuminen, pakkasen vaikutus betoniin sekä betonin lämpökäsittely, perustuivat aikanaan suurimmaksi osaksi kokeemukseen. Tästä johtuen osa julkisivuista vaati peruskorjausta jo 30–40 käyttövuoden jälkeen. (BY 201, 2018, 21.)

1980-luvun alkuun tullessa alettiin huolestua miljöiden rakentamisen laadusta. Vuosikymmenen betonirakentaminen näkyy esimerkiksi Helsingissä Länsi-Pasilan ja Kivenlahden alueilla Espoossa Matinkylän ja Leppävaaran asunalueilla sekä Turussa Varissuon alueella. (BY 201, 2018, 21.)

Pitkäjännitteinen 1980-luvulla alkanut betonin kehitystyö näkyy 1990-luvun betonirakenteissa monimuotoistumisena. Arkkitehtuuri, rakennuksien ominaisuudet, elinkaarikustannukset, ympäristövaikutukset ohjasivat kehitystä 1990-luvulla. Rakentamisen asenteet olivat muuttuneet ja betoni tarjosi väri- ja säilyvyysvaihtoehtojen ja säilyvyyden kannalta monipuolisia mahdollisuuksia. Huolellisesti valmistettu betonituote on omistajalleen esteettinen ja kestävä ratkaisu. (BY 201, 2018, 22.)

3.1.1 Betonin valmistaminen ja valaminen

Betoni on keinotekoinen kivimateriaali, jonka pääraaka-aineet ovat sementti, vesi sekä kiviainekset. Betonissa käytetään usein lisä- ja seosaineita tuoreen betonin työstettävyyden helpottamiseksi ja kovettuneen betonin ominaisuuksien parantamiseksi. Betonin tulee olla ominaisuuksiltaan työstettävää ja sen tulee kovettuaan täyttää, asetut vaatimukset. (Merikallio, Niemi & Komonen 2007, 8.)

Betonin ainesosat

Betoniin käytettävää kiviainesta eli ns. runkoainetta on betonin tilavuudesta noin 70 prosenttia. Se koostuu erikokoisista kivirakenteista ja karkeimman osan muodostaa murske tai luonnonsora ja hienomman luonnonhiekkä. Runkoaineena voidaan myös käyttää kierrätettyä murskattua betonia. (BY 201, 2018, 43.)

Tavallinen juomavesi soveltuu betonin valmistukseen. Humuspitoinen suovesi tai järvi-
vesi eivät sovellu, sillä se häiritsee sementin kovettumisreaktiota. Erityisesti on vältettävä

vettä, joka sisältää pieniäkin pitoisuuksia sokereita, koska ne hidastavat tai mahdollisesti estävät betonin kovettumisen tyystin. (BY 201, 2018, 59.)

Betoni kovettuu, kun sementtirakeet reagoivat veden kanssa muodostaen osa-aineet yhteen sitovan lujan materiaalin kanssa. Betonin lujuus todennetaan yleensä 28 vuorokauden kovettumisen jälkeen, vaikka lujuuden kehitys jatkuu pidempään. Lämpö ja kloridipitoiset suolat kiihdyttävät kovettumisreaktiota. Kloridipitoiset suolat eivät sovellu teräsbetonin kiihdyttimeksi, koska raudoitetun betonin raudoitukset voivat ruostua tästä johtuen. (BY 201, 2018, 16.)

Valaminen

Betonin valamisella tarkoitetaan massan siirtämistä ja tiivistämistä muottiin. Valu on kovettumisen suhteen ongelmattominta huonelämpötilassa. Valaminen on mahdollista myös talvella, mutta talvella betonoidessa edellytetään erityisjärjestelyjä ja taitoja, kuten lämpöeristettyjä muotteja ja massan lämmittämistä sekä peittämistä. (BY 201, 2018, 504.) Kuumissa olosuhteissa sementin lämmönkehitys saattaa nostaa betonin lämpötilan haitallisen korkeaksi, joka vaikuttaa betonin ominaisuuksiin ja lujuuteen negatiivisesti. (BY 201, 2018, 332.)

Betoni valetaan muottiin huolellisesti tiivistäen. Koska sementin kovettumisreaktio tapahtuu sementin ja veden välillä, betoni kovettuu myös kosteissa olosuhteissa. Betonia on mahdollista valaa myös veden alla, esimerkiksi meren pohjassa. (BY 201, 2018, 336.)

Valun jälkeen betonin pinnan kuivuminen on estettävä esimerkiksi suojaamalla betonin pinta muovipohjaisilla suojilla tai kastelemalla sitä vedellä ensimmäisten päivien aikana, jotta kovettuminen pääsee tapahtumaan tasaisesti eikä pinta halkeile. (Merikallio 2007, 10.)

Betonin kastuminen

Huokoisena materiaalina betoni pystyy imemään kosteutta sekä hygroskooppisesti että kapillaarisesti. Kun betonikappaletta ympäröivän ilman suhteellinen kosteus nousee, betoni alkaa imeä itseensä vesihöyrymuodossa olevaa kosteutta, kunnes betonin huokosten ilmatilan kosteus on sama kuin ympäröivän ilman. Tällöin kyseessä on hygroskoop-

pinen kosteudensiirtymisilmiö, josta käytetään määritelmää betonin kostuminen. (Merikallio, Niemi & Komonen 2007, 17.) Yleisimpiä ulkopuolisia kosteudenlähteitä, jotka aiheuttavat betonirakenteen kastumisen, ovat sade- ja pintavedet, maaperän kosteus sekä erilaiset vesivahingot. Useimmat betonirakenteet pääsevät kastumaan useasti jo rakennusaikana. Kastuminen ei vaurioita betonia, mutta se lisää rakenteen kuivattamiseen vaadittavaa aikaa, joka taas viivyttää rakenteen päällystämislle varattua aikaa. (Merikallio, Niemi & Komonen 2007, 19.)

3.1.2 Betonin kuivuminen

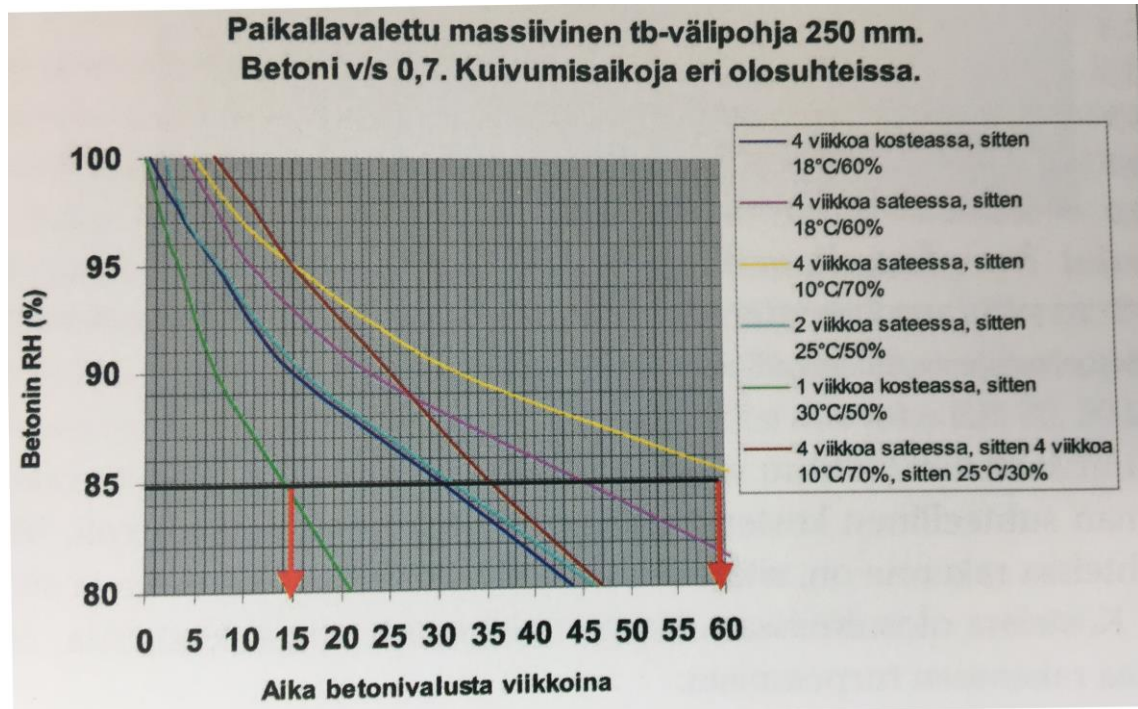
Betonin kuivuminen on erittäin tärkeä vaihe betonilattian valmistuksessa. Oikean betonin valinta on tärkeää kuivumisen kannalta. Oikean vesi-sementtisuhteen valinta, betonimassan huokoisuus ja suuri raekoko nopeuttavat betonin kuivumista. Nämä vaikuttavat myös betonin kutistumaan ja pinnan laatuun. Kun vesi-sementtisuhte laskee alle 0,5, betonin työstettävyys hankaloituu koossapysyminen vuoksi. (Merikallio 2002, 37.)

Rakennusaikana betonirakenteen ei tarvitse kuivua tasapaino kosteuteen vallitsevan ilman kanssa, vaan tavoitekosteudet saadaan päällyste- ja pinnoitemateriaaleista. Useimmat päällystemateriaalit edellyttävät, että alustana olevan betonin suhteellinen kosteus on enintään 80–90 prosenttia. (Merikallio, Niemi & Komonen 2007, 20.)

Kuivumisajan laskennassa huomioidaan rakenne, tavoitekosteus, peruskuivumiskäyrä ja peruskuivumisaika eri kertoimilla. Nyrkkisääntönä on pidetty sitä, että valmisbetoni kuivuu yhden millimetrin päivää kohden. (Merikallio 2002, 39-43.) Tämä sääntö pätee ainoastaan silloin, kun olosuhteet betonin kuivumisen kannalta ovat ihanteelliset ja jälkihoito on hoidettu asianmukaisesti. Tämä tarkoittaa teoriassa normaalia huoneen lämpötilaa, tilan suhteellisen kosteuden hallintaa, oikeaoppista betonin jälkihoitoa sekä sementtiliiman poistoa ja laatan puhtaanapitoa valun jälkeen. Tällaisten olosuhteiden ylläpito Suomessa on hankalaa ja kallista ylläpitää, josta johtuen betonilattian kuivuminen kestää yleensä todella paljon kauemmin. (Ecofloor 2018.)

Todellinen mittaustulos saadaan vain mittaamalla betonin suhteellinen kosteus rakenteeseen poratusta reiästä tai näytepalasta. (Merikallio, Niemi & Komonen 2007, 23.)

Kuvassa (2) on simuloitu teräsbetoni-laatan kuivumisaikoja. Vasemmalla taulukossa näkyy betonin suhteellinen kosteus prosentteina ja alhaalla aika betonivalusta viikkoina. Taulukossa oleva musta viiva 85 prosentin kohdalla on se lukema, johon pyritään työmailla pääsemään keskiarvoisesti. Kuva havainnoi hyvin sitä, miten betoni kuivuu nopeammin lämpimissä ja kuivissa olosuhteissa.



Kuva 2. 250 mm:n betoni-laatan kuivumisaikoja eri olosuhteissa. (Merikallio, Niemi & Komonen 2007, 23).

3.1.3 Betonirakenteiden ongelmat

Betonin kosteus ja sen mahdollisesti aiheuttamat ongelmat herättävät keskustelua talonrakennusprojektin eri vaiheissa ja maallikoiden kesken usein. Ongelmia on varsin laajasti. Rakennustyömaalla betonin hidaskuivumisprosessi voi aiheuttaa aikatauluviiveitä. Valmiissa rakennuksessa liiallinen kosteus voi puolestaan aiheuttaa lattiapäällysteissä ja pinnoitteissa erilaisia vaurioita. Näkyvien vaurioiden lisäksi kosteusvauriot vaikuttavat sisäilman laatuun ja sitä kautta ihmisten terveyteen. Rakennusalalla pidetään yleisenä käsityksenä sitä, että ongelmien lisääntyminen johtuu kiristyneistä rakentamisaikatauluista ja sitä kautta lyhyemmästä betonin kuivumisajasta. (Merikallio 2009, 4.)

Suurin osa betonilattioiden kosteusvaurioista voidaan välttää huolehtimalla, että rakenne on riittävän kuiva ennen päällystys- tai pinnoitustyötä ja estämällä lisäkosteuden pääsy rakenteeseen. (Merikallio 2009, 4.) Päällystemateriaalin valinnalla voidaan vaikuttaa merkittävästi betonilattiarakenteen kosteustekniseen toimivuuteen. Rakenteissa, joissa ulkopuolisen kosteuden pääsyä ei voida täysin estää, tulee päällystemateriaaliksi valita sellainen tuote, joka läpäisee kosteutta. (Merikallio 2009, 4.)

Jos nämä ylläolevat ratkaisut eivät sovellu työmaalle, on rakenteiden annettava kuivua kunnolla sekä harkittava rakennuksen sääsuojausta, jotta ylhäältä tuleva kosteus ei pääse valumaan betonirakenteisiin ja täten hidasta kuivumista. (Merikallio 2009, 4.)

3.2 Puukerrostalorakentaminen

Metsätalous on erittäin tärkeä osa Suomen kansantaloutta. Se kattaa viidenneksen Suomen vientituloista ja noin viisi prosenttia Suomen bruttokansantuotteesta. Metsätalous työllistää noin 200 000 suomalaista ja tuottaa noin 70 prosenttia uusituvasta energiasta Suomessa. (Tolppanen 2013, 13.)

Suomen metsistä saadaan vuosittain lähes 110 miljoonaa kuutiota runkopuuta, joista viime vuosina on hyödynnetty noin 60–65 prosenttia. Puun käyttöä voitaisiin lisätä vielä noin 10 prosenttia bioenergiälähteenä, rakentamiseen, puutuoteteollisuuteen ja erilaisiin biojalosteisiin. Suomen sahatavarasta noin 80 prosenttia käytetään rakentamiseen. (Tolppanen 2013, 12.; Karjalainen 2018.) Puurakentamisen suurimmat kasvumahdollisuudet Suomessa ovat kerrostalorakentamisessa, julkisessa rakentamisessa, hallimaisissa rakennuksissa, silloissa sekä lisäkerros- ja täydennysrakentamisessa. (Karjalainen 2018.)

Suomessa on Espanjan jälkeen Euroopassa toiseksi eniten kerrostaloja. Noin 46 prosenttia kaikista Suomen asunnoista sijaitsee kerrostaloissa. Vuosittain rakennetuista rakennuksista yli puolet ovat edelleen kerrostaloja. Betoni on hallinnut kerrostalojen markkinoita viimeiset kuusikymmentä vuotta. (Karjalainen 2018.)

Suomalainen puurakentaminen on kehittynyt voimakkaasti 1990-luvun alusta lähtien tiiviissä yhteistyössä muiden EU-maiden kanssa. Kehitystyön painopisteenä on toiminut puukerrostalojen rakentaminen ja energiatehokkuuden parantaminen. (Karjalainen 2018.) Suomen asetukset paloturvallisuudesta muuttuivat vuonna 1997 siten, että puun

käyttö tuli mahdolliseksi rakennusten rungoissa ja julkisivuissa aina neljä kerroksisiin rakennuksiin asti. (Tolppanen 2013, 17.) Tämä muuttui jälleen vuonna 2011, jolloin sallittiin puun käyttö jopa kahdeksan kerroksisissa rakennuksissa sekä puujulkisivuisissa asuin- ja toimistorakennuksissa (3). (Tolppanen 2013, 19.) Lisäksi puun käyttömahdollisuuksia laajennettiin myös betonisten kerrostalojen korjaamiseen ja lisäkerrosrakentamiseen. (Karjalainen 2018.)



Kuva 3. SRV:n rakentama puukerrostalokohde Helsingissä Pukinmäessä.

Marraskuussa 2018 Suomeen oli rakennettu yli kaksikerroksista puisia asuinkerrostaloja 65 kappaletta, joissa oli yhteensä 1 673 asuntoa. Uusia puukerrostaloja on tulossa lähivuosina lisää noin 1 350 asuntoa. Edellä mainittujen lisäksi vireillä on noin 9 000 asunnon verran puukerrostalokohteita ympäri Suomea. Puisia työpaikkarakennuksia on rakennettu kolme. Puisia koulurakennuksia on rakenteilla ja vireillä yli kymmeneen kuntaan. Puiset koulurakennukset ovat yleistymässä, koska halutaan tavoitella terveellistä ja viihtyisää sisäilmastoa. (Karjalainen 2018.)

3.2.1 Kosteusteknisiä ominaisuuksia

Puu on hygroσκοoppinen eli vettä sitova ja vapauttava aine. Puu käyttää kosteutta kolmella tavalla: nesteenä kapillaarisesti soluonteloiden kautta, vesihöyrynä tai molekyylaraisesti diffuusiona soluseinämän kautta. Puun kosteudella tarkoitetaan veden massan ja vedettömän puuaineksen välistä suhdetta. (Karjalainen 1997, 20.) Vastasahatun puun kosteus on yleensä 40–200 prosenttia. (Puuinfo 2018.) Normaalikäytössä puun kosteus vaihtelee 8–25 painoprosentin välillä ilman suhteellisen kosteuden mukaan. (Karjalainen 1997, 20.)

Puun kosteuden tasapaino on ilman lämpötilaa ja suhteellista kosteutta vastaava tila, jossa puun kosteus pysyy vakiona. Esikuivattu puutavara asettuu tasapainokosteuteen parissa viikossa. Puun syiden kyllästymispisteellä tarkoitetaan puun kosteussuhdetta silloin, kun soluseinämät on vedellä kyllästetyt, mutta soluonteloissa ei esiinny vettä. Puu alkaa kuivuessaan kutistua, kun sen kosteus vähenee alle kyllästymispisteen. (Karjalainen 1997, 20.)

Puun kosteuseläminen on aina otettava huomioon rakentamisessa. Kosteuseläminen aiheuttaa esimerkiksi rakennuksen rungon painumista. Lisäksi puun suuri kutistuminen tangentin suunnassa aiheuttaa puutavaran halkeilua. Puu halkeaa yleensä siitä kohtaa, missä etäisyys pinnasta ytimeen on lyhin. (Karjalainen 1997, 21.)

3.2.2 Puurakenteiden ongelmat

Puu materiaalina on herkempi kosteudelle kuin betoni. Puurakenteet vaativat kuivemmat keliolosuhteet rakentamiselle kuin betoni ja tästä johtuen puurakentamisessa on kiinnitettävä enemmän huomiota rakennusosien varastointiin työmaalla, asentamiseen sekä kuivana pysymiseen. Puun ominaisuudet heikkenevät sen saadessa vettä tarpeeksi sisään. (Kauppi 2016.)

Käytännössä puurakentamisessa projektin aloitus ajankohdalla ei ole suurta merkitystä, koska projektin ajoittaminen ei silti estä rakenteiden kastumista täysin. Tästä johtuen puurakentamiseen on varattava enemmän rahaa kosteustekniseen toteutukseen kuin betonirakentamiseen ja tällä varmistetaan, että tuote saadaan valmistettua ja asennettua laadukkaasti. (4) (Puuinfo 2011.)



Kuva 4. Säätuojan sisällä tapahtuvaa elementtiasennusta. (Ratu S-1232, 2013).

4 TOIMINTAMALLI KUIVAKETJU 10

Kuivaketju10 on rakennusprosessin kosteudenhallinnan toimintamalli, jolla pyritään ohjaamaan rakentamista rakentamisen tilaamisesta lähtien ja aina luovutukseen saakka. Toimintamallin ajatus lähtee siitä, että rakentamisen tilausta tehdessä käydään läpi vaadittavat kosteustekniset kysymykset ja näitä näihin veloitetaan aina suunnittelusta toteutukseen asti. Kuivaketju10:llä pyritään vähentämään kosteusvaurioiden riskiä rakennuksen koko elinkaaren ajan. Tämä toimintamalli sisältää riskilistan ja todentamishojjeen, joissa on esitetty kymmenen keskeisintä kosteusriskiä. Näiden kosteusriskien hallinnalla pyritään välttämään yli 80 prosenttia kosteusvaurioista johtuvista rakentamisen aikaisista ja luovutuksen jälkeisistä kustannuksista. (Kuivaketju10, 2018, 1.)

4.1 Työn tilaaminen ja sen edellyttämät vaatimukset

Suomessa työn tilaajat ovat tulleet tietoisimmiksi rakentamisen eri toimintatavoista ja malleista rakentaa rakennukset. Tämän seurauksena rakennusteknisesti tietoiset tilaajat osaavat vaatia jo tietynlaista rakentamismallia eri kohteissa. Kuivaketju10 on yksi vaihtoehto rakentamista ohjaavaksi toimintamalliksi. Tämä tuo esille selkeät vaatimukset ohjaamaan rakentamista ja ohjeistuksen sille, miten kaikki halutaan suunniteltavan ja toteutettavan.

Kuivaketju10:n valinta projektiin

Kuivaketju10:n valinta alkaa aina tilaajan päätöksestä toteuttaa hanke toimintamallin mukaisesti. Päätöksen jälkeen tilaajan on etsittävä hankkeelle pätevä kosteuskoordinaattori, joka koordinoi tilaajan valtuuttamana Kuivaketju10:n toteuttamista koko rakennushankkeen ajan. (Kuivaketju10, 2018, 2.)

Kuivaketju10 itsessään vaatii kosteudenkoordinaattorin olevan riippumaton asiantuntijataho. Kuivaketju10:n sivuilta lainaten: ”Hankkeessa, joissa tilaaja ja urakoitsija ovat sama toimija, tulee kosteuskoordinaattori palkata tilaajaorganisaation ulkopuolelta”. (Kuivaketju10, 2018, 2.)

Kuivaketju10:n käyttö tulee kirjata pakollisena vaatimuksena myös lopullisiin suunnittelu- ja urakkasopimuksiin. Tämä saattaa vaikuttaa huomattavasti urakoinnin tarjoamiseen sekä suunnittelun vaativuuteen. (Kuivaketju10 2018, 2.)

4.2 Tilaajan velvollisuudet

Tilaajan velvollisuuksiin kuuluu antaa hankkeen suunnitteluun, työmaavaiheeseen ja rakennuksen käyttöönottoon realistinen aikataulu. Kokonaisuikataulun riittävyys täytyy arvioida koordinaattorin kanssa ensimmäisen kerran jo tilaamisvaiheessa ja myöhemmin sen realisoituessa suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden kanssa. (Kuivaketju10 2018, 2.)

Aikataulun riittävyttä on arvioitava kriittisesti suhteessa toteutuksen ajankohtaan, rakennuspaikkaan, arkkitehtuuriin ja rakenteellisiin ratkaisuihin sekä materiaalivalintoihin nähden. Epärealistinen aikataulu vaikeuttaa merkittävästi toimintamallin onnistumista sekä heikentää urakoitsijan taloudellista onnistumista kohteessa. Tämä saattaa jopa ajaa urakoitsijan tilanteeseen, missä se ei voi tarjota kohdetta itselleen järkevällä tavalla. (Kuivaketju10 2018, 2.)

4.3 Suunnittelu

Kuivaketju10 toimintamallin ytimessä ovat riskilista ja todentamishoje. Riskilistaan on valikoitu kymmenen keskeisintä kosteusriskiä, ja se perustuu havaintoihin siitä, millaisia ongelmia yleisesti esiintyy suomalaisessa rakentamisessa. Riskilistassa käydään läpi keskeisimmät toimenpiteet niiden välttämiseksi. (Kuivaketju10 2018, 1.)

Todentamishoje on suunnittelijoiden ja urakoitsijan tärkein työkalu Kuivaketju10:ssä. Todentamishojeessa esitetään tavat riskilistan riskien torjumiseksi jo suunnitteluvaiheessa ja työmaavaiheessa. (Kuivaketju10 2018, 1.)

Suunnitteluvaiheessa Kuivaketju10:n toimintamallin koskee kaikkia suunnittelun osaluokkia, joita ovat muun muassa arkkitehti-, rakenne-, LVISA-suunnittelijat. Heistä jokainen käyttää toimintamallia samalla periaatteella. Ensin he käyvät läpi riskilistan ja todentamishojeen ja tarkentavat niiden sisältöä hankkeen erityispiirteisiin. (Kuivaketju10 2018, 1.)

4.4 Työmaatoteutus

Työmaalla vastuu toimintamallin toteutuksesta on aina pääurakoitsijalla. Hänen vastuulla on antaa kaikille työmaalla toimiville henkilöille perehdytys Kuivaketju10:iin. Perehdytyksessä tulee käydä läpi vähintään toimintamallin peruseriaatteet ja todentamisoheessa olevan urakoitsijan tarkistuslista. Työntekijöiden ja urakoitsijoiden tulee tuntea työvaiheet, joiden onnistunut toteutus voidaan todentaa toimintamallin avulla. (Kuivaketju10 2018, 1.)

Todentamisohejen avulla voidaan siis todentaa se, että onko työvaiheet toteutettu mallin edellyttämällä tavalla ja onko dokumentointi tapahtunut tarkistuslistan mukaisesti. Näin päästään tilaajan velvoitteisiin toimintamallin käytöstä ja saadaan selkeä linjaus sille, mitä työn tekijältä ja laadulta odotetaan. (Kuivaketju10 2018, 1.)

Kokonaisvastuu työmaan todentamisesta täytyy määrittää yhdelle henkilölle, joka hyväksytetään kosteuskoordinaattorilla. Valittu henkilö on pääurakoitsijan puolesta vastuussa siitä, että työvaiheiden onnistuminen todennetaan tarkistuslistan mukaisesti. (Kuivaketju10 2018, 1.)

5 SÄÄSUOJARATKAISUN TARVEKARTOITUS

Kun rakentamisen parissa työskentelevien kanssa keskustellaan sääsuojasta ja peite-tyistä telineistä, ensimmäinen reaktio on yleensä myönteinen ja ollaan kiinnostuneita asi-asta. Keskustelun kääntyessä kustannuspuoleen, alkaa yleensä keskustelun sävy muut-tua ja loppuu ennen kuin se alkaakaan. Tämän päivän uudisrakentamisessa on todella harvoin budjetoitu rahaa sääsuojaukselle yhtään.

Talvirakentamiseen ja sen suojauksiin on budjetoitu rahaa, mutta hyvä jos tämäkään yltää puoleen prosenttiin koko rakentamiseen varatusta budjetista. ”Talvirakentamiseen ja sääsuojaukseen laskettava raha perustetaan historialliseen toistuvuuteen, rakentami-sen ajankohtaan, rakenteisiin ja runkomateriaaliin sekä ratkaisuihin, jotka tarvitsevat kosteudensuojauksia.” (M. Kaulo, henkilökohtainen tiedonanto 18.2.2019)

Prosentuaalinen luku kuulostaa pieneltä verrattuna siihen, kuinka paljon taloudellista haittaa mahdollisen kosteuden aiheuttamasta vahingosta voi tulla. Lisäksi kustannuksiin tulee laskea kaikki korjauksesta aiheutuvat kulut. Näiden budjetointi on todella paljon vaikeampaa kuin ennakoitavien ratkaisujen, joille palveluita tarjoavien yrityksiä on antaa selkeät yksikköhinnat. Tällä tavoin pääurakoitsija pääsee eteenpäin ja näkee jo rakentamisen suunnitteluvaiheessa, mitä tämä tulee kustantamaan taloudellisesti, ja voi varata tälle kosteussuojaratkaisulle rahaa.

Onko sääsuojasta urakoitsijalle kohteessa kuin kohteessa aina hyötyä vai joskus jopa haittaa? Toimivatko samanlaiset ratkaisut kaikissa kohteissa ja kaikilla urakoitsijoilla? Palveleeko tietty sääsuojamalli kaikkia eri rakentamistapoja ja menetelmiä?

5.1 Lehto Groupin konsepti ja esituotanto

Lehto Groupissa on haluttu konseptoida rakentaminen ja sen prosessit mahdollisimman yksinkertaiseksi suunnittelemalla toistettavia sekä taloudellisesti järkeviä ratkaisuja ra-kentamiseen. Konserni eroaa muista rakennusliikkeistä siinä, että se haluaa tehdä mah-dollisimman paljon tehdasvalmisteista esituotantoa kohteisiinsa (5), jotka lopuksi asen-netaan työmaalla. Näin säästetään huomattavasti aikaa sekä saadaan kuivat olosuhteet

kosteusherkillle rakenteille sisätiloissa sekä luodaan tarpeelliset puitteet kuivumisprosesseille. Tällä ajatusmallilla saadaan rakentamisaika työmaalla minimiin ja kulut työmaan ylläpitämiseksi laskevat paikalla rakentamiseen verrattuna.



Kuva 5. Lehto Componentsin Oulaisten tehdas. Rakenteilla puukerrostalomoduleita.

Tätä tehdastuotantoa ohjaa autotehdas ja telakka-ajattelu. Lehto Groupilla valmistetaan mahdollisimman paljon liukuhihnatuotantoa, joka nopeuttaa rakentamista, vähentää virheitä sekä helpottaa työmaata taloudellisesti ja aikataulullisesti.

Lehto Group ei toimi perinteisellä tavalla rakennusurakoinnissa ottaen vastaan suunnitelmat tilaajalta ja rakentaen niiden pohjalta, vaan Lehto Group vastaanottaa ideoita, jotka suunnitellaan sekä toteutetaan alusta loppuun konsernin parhaaksi näkemällä tavalla. Näin yrityksellä on käsissä koko rakentamisen kaari ja mahdollisuudet toteuttaa kohteet kustannustehokkaasti omilla menetelmillä.

Lehto Group on saanut paljon markkinaetua muihin rakennusliikkeisiin nähden, jotka lähtökohtaisesti saavat suunnitelmat tilaajalta ja rakentavat tilaajan suunnitelmien mukaan ja aloittavat aina alusta uuden kohteen kohdalla.

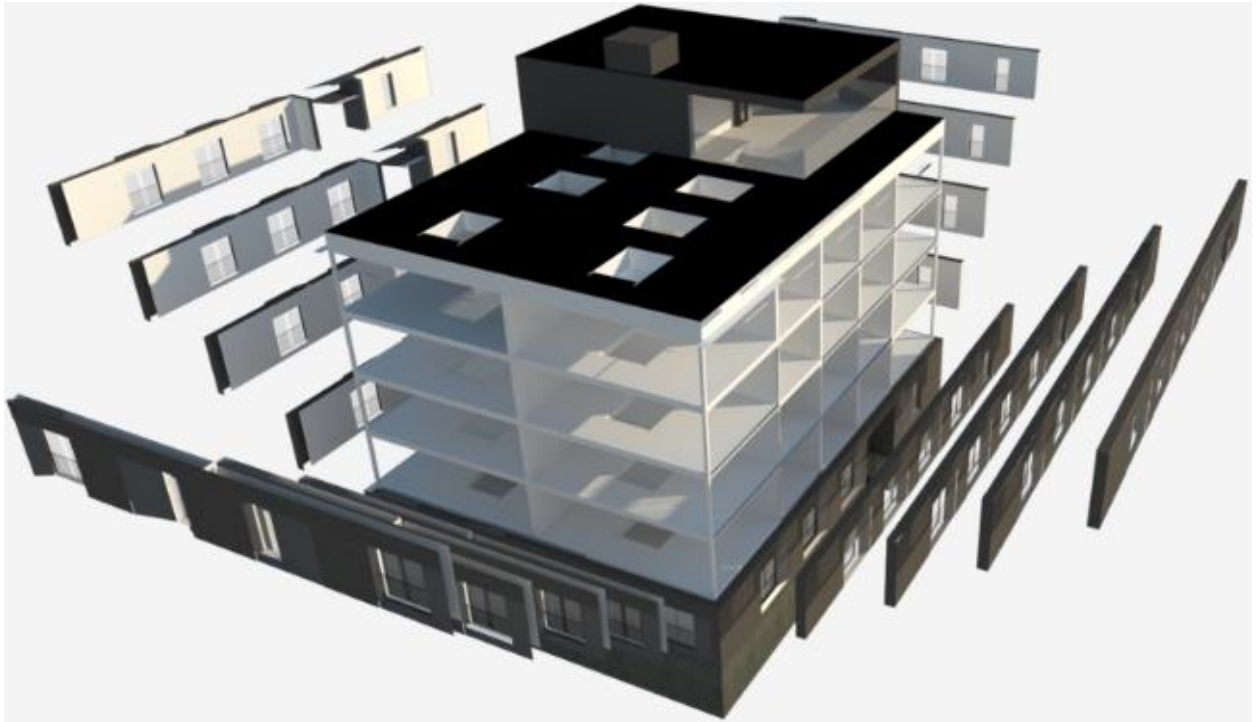
Työmaan esituotanto

Opinnäytetyötä käsittelevässä kohteessa on käytetty tehdasrakenteista tekniikkastudiota, joka sisältää asunnon kylpyhuoneen, talotekniikan sekä keittiön. Tekniikkastudiota (6) käyttäessä saadaan huomattava aikataulullinen säästö, koska kaikki edellä mainittu on rakennettu jo valmiiksi tehdas oloissa eikä niihin tarvitse varata vastaavaa aikaa työmaalla. Tekniikkastudioissa olevat kosteat tilat vedeneristetään sekä päällystetään ja tämän edellytyksenä on tarpeeksi kuiva betonilaatta. Tämäkin kuivumisaika on hyödynnetty tekniikkastudion käytössä, koska kuivumisprosessi on hoidettu tehtaassa eikä täten vaikuta työmaan aikataulutukseen.

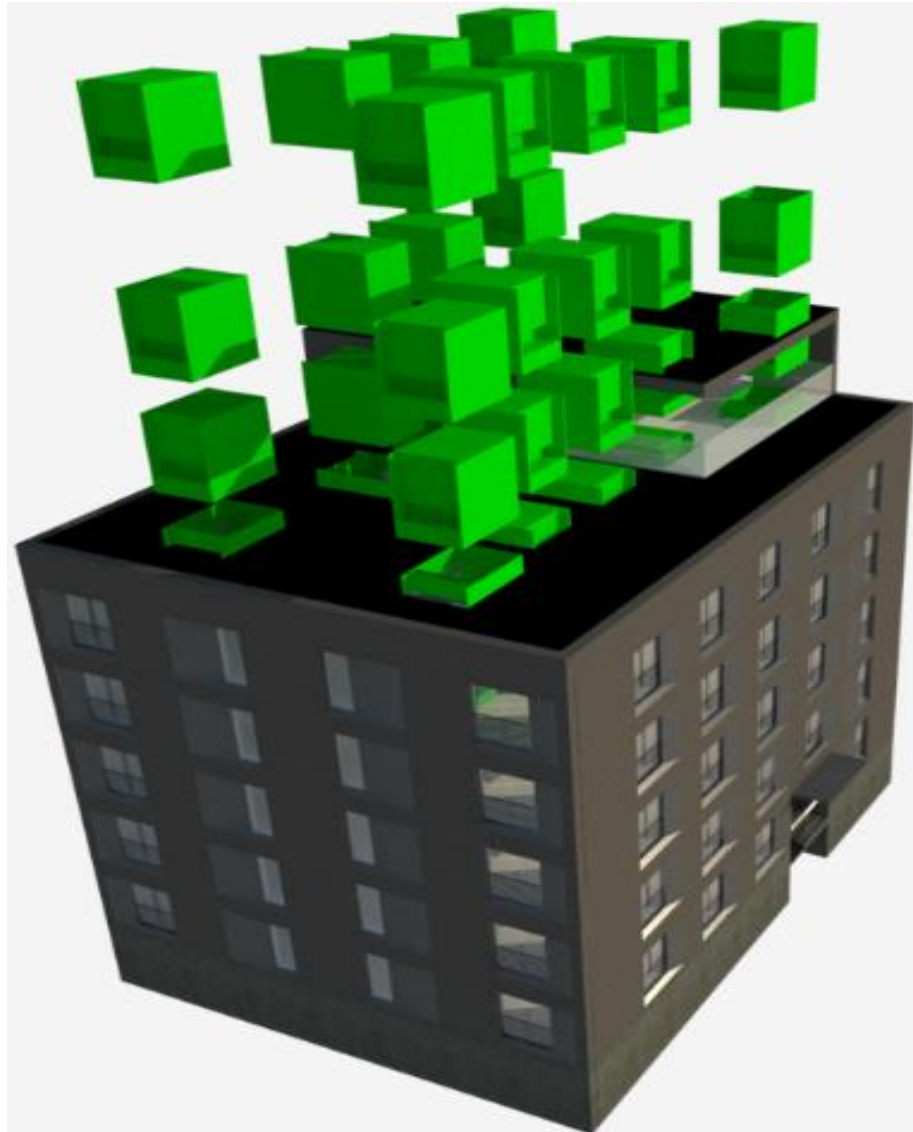


Kuva 6. Tekniikkastudion nosto alkamassa.

Tekniikkastudio itsessään tuo haastavuutta verrattuna perinteiseen betonirakenteiseen taloon, koska rakennuksen kerrokset täytyy rakentaa niin, että elementin kohdalle jätetään asennusaukko (7,8), josta saadaan laskettua tekniikkastudiot kerroksittain päällekkäin. Kun kerroksissa on tällaisia isokokoisia aukkoja, vedenpitäminen rakennuksen ulkopuolella on suhteellisen haastavaa, kun rakennetaan taivasalla.



Kuva 7. Kanttia2-arkkitehtitoimiston havainnointikuva Lehto Groupin kerrostalosta.



Kuva 8. Kanttia2-arkkitehtitoimiston havainnointikuva tekniikkastudioiden sijoittelusta.

5.2 Säasuojan kartoitus

Säasuojaratkaisun kartoitus aloitetaan yleensä betonirunkotöiden ollessa alkuvaiheilla. Erilaisia ratkaisuja ja tietoa asian ratkaisemiseksi on internet täynnä. Opinnäytetyön kirjoittamisen aikana vierailtiin puukerrostalokohteessa, jossa oli toteutettu koko rakennuksen säasuojaus jo ennen rakentamista kosteuden ehkäisemiseksi. Alla oleva kuva (9) on kyseisestä kohteesta. Tästä saatiin muutamia ideoita, joita haluttiin kokeilla opinnäytetyön hankkeessa. Esimerkkinä kahden kiskon säasuojajärjestelmä, jossa on mahdollista työntää toinen säasuoja lohko toisen päälle ja täten avaaminen on nopeaa ja tehokasta.



Kuva 9. Kohteeseen on asennettu sääsuoja ennen rakentamisen aloitusta.

Erittäin keskeiseen asemaan jäi se, että Lehdon rakennusprojekteissa sääsuojan sisään on päästävä helposti ja kustannustehokkaasti. Tehdasvalmisteiset tekniikkastudiot ovat asuinkäyttöön tarkoitettuja, joten asennus on tapahduttava hyvällä säällä eivätkä ne saa päästä kastumaan missään rakentamisen vaiheessa. Tästä johtuen oli tärkeää, että asennuksen on tapahduttava tehokkaasti, kuitenkin kantamatta huolta siitä, että kosteus pääsisi rakenteisiin. Tällainen sääsuojaratkaisu poikkeaa paljon sellaisesta, minkä sisään ei ole päästävä kuin muutamia kertoja.

Jotta urakoitsijan aikataulussa pysyminen on realistista, sääsuojan avaus ei saa olla aikataulullisena esteenä asennukselle missään vaiheessa ja sen on palveltava täysin urakoitsijaa asennustahdin ylläpitämiseksi.

5.3 Tarjouspyyntö ja työnsisältöliite

Kun työmaa on tehnyt hankintapäätöksen, alkaa tarjouspyynnön luonnosvaihe. Tarjouspyyntöön on tärkeää kirjoittaa laajasti kuvaillen, että mitä telineratkaisulta odotetaan ja miten sen halutaan palvelevan mahdollisimman hyvin tilaajaa. Hyvä tarjouspyyntö on ennen kaikkea tilaajan etu. Kattava, tarkka ja kirjallinen tarjouspyyntö selkeyttää tilattavaa työtä ja ratkaisusta saadaan helpommin sellainen kuin se tilaajan mielessä on ollut. (Savolainen 2018.)

Tarjouspyyntöön vastaamiseen täytyy antaa realistinen aika telinetoimittajille. Jos tarve on jo viikon sisällä pyynnön jättämisestä, isot ratkaisut tупpaavat jäämään vajaisiksi, eikä niihin keretä paneutua niin, että lisäarvo oli maksimaalinen rakentamiseen. Ne voivat johtaa todella kirjaviin tarjouksiin ja tarjosten vertailu keskenään on todella hankalaa, koska telinetoimittaja ei välttämättä ole kerennyt paneutua kaikkiin yksityiskohtiin, joita tilaaja tarjouspyynnössään haluaa. (Savolainen 2018.)

Jos tämän laatimiseen ei ole omasta mielestä osaamista, suositellaan ottamaan yhteyttä telinetoimittajiin ja keskustelemaan heidän kanssaan ratkaisusta ongelman ratkaisemiseksi.

Tarjouspyynnön sisältö

Tarjouspyynnön sisällössä keskeisimpiä asioita olivat rakennuksen ulkomitat ja korkeus, mitä työvaiheita telineiltä tehdään, tarvitaanko rakennukseen sääsuoja, joka suojaa myös telineitä yläpuoliselta vedeltä ja huputetaanko telineet ympäri. Näiden lisäksi tarvitaan ajankohta ja vuokra-aika. (Savolainen 2018.)

Tarjouspyyntöön on tärkeää liittää mukaan julkisivukuvat, leikkauskuva sekä asemapiirustus. Kaikki kuvat tulee olla mittakaavassa. Julkisivukuvat ja leikkauskuvat vaaditaan telineen suunnittelua varten. Toimeksiantajayritys käyttää Layher-merkkistä telinetyyp-

piä, joka on vakiokokoista ja -mittaista, sekä suunnittelee tällä kaikki käytettävät telineratkaisunsa. Saatuaan julkisivu- ja leikkauskuvat, toimeksiantaja voi suunnitella rakennukseen sopivat telineet halutuilla kerroskorkeuksilla ja kuormituksella. (Savolainen 2018.)

Asemapiirustus on hyvä liittää mukaan, koska telineratkaisut vievät tilaa talon ympäriltä ja tontin koko saattaa olla todella ratkaisevassa asemassa. Jos rakennus rakennetaan aivan kiinni toiseen taloon tai tien viereen, telineen rakentamisessa nämä asiat on huomioitava. Ratkaisut saattavat olla eri hintaisia kuin, ne missä tontilla on tarpeeksi tilaa rakennuksen ympärillä. (Savolainen 2018.)

Näiden tehokkaaseen ja turvalliseen asennustyöhön tarvitaan riittävästi tilaa. Suurten sääsuojien jännevälit voivat olla 40 metriä, jolloin yhden kattolohkon kokoamiseen tarvitaan 40–50 metriä pitkä ja 6–8 metriä leveä alue. (Jämsä 2019.)

Asemapiirustuksessa harvoin näytetään työmaatilojen ja varastojen sijainteja, joten nämä on hyvä piirtää myös kuvaan, jotta osataan mitoittaa telineratkaisu sen mukaan.

Jos telineeltä halutaan tehtävän säältä suojassa töitä, tulee myös kysymykseen telineiden peittäminen ja tarpeen vaatiessa tuplapeittäminen, jos telineet halutaan sisältä lämmittää. Tämän tapaisia työvaiheita ovat esimerkiksi kosteaan tai talvisaikaan tehtävät julkisivutyöt, esimerkkinä rappaus- ja julkisivumuuraustyöt. Jos näitä ei tehdä tai tällaiselle ei ole tarvetta, säästää tilaaja kustannuksissa huomattavasti, koska telineitä ei peitetä tai työtasoja ei tarvitse rakentaa ollenkaan. (Savolainen 2018.)

Näiden lisäksi telinetoimittajan on hyvä tietää, jos telineen kiinnitystä eli ankkurointia rakenteisiin, ei voi tehdä normaalisti tehdä. Museoviraston kohteissa julkisivut saattavat olla suojeltua, eikä niihin saa siksi poraten ankkuroida telinettä, vaan on löydettävä muita ratkaisuja telineiden kiinnittämiseksi ja paikalla pysymiseksi. (Savolainen 2018.)

5.4 Sääsuojan tarpeellisuus

Sääsuojan tarpeellisuus on ehdottomasti tärkein asia tarjouspyyntöä pyydettyessä, kun kilpailutetaan sääsuojaa. Sääsuojaratkaisuja on monenlaisia ja osa niistä saattaa jopa haitata enemmän kuin hyödyttää pääurakoitsijaa. Sääsuojat voidaan jakaa liikuteltaviin ja kiinteisiin.

Kiinteä on huomattavasti halvempi ja sitä suositellaan kohteisiin, missä vesikatolle pääsy sääsuojan alle ei tarvita tai sinne pääsyjen tarve on todella rajallinen. Kiskoilla liikkuva suoja vaatii telineratkaisultaan paljon enemmän kantavuutta, joka kasvattaa telinerungon kokoa. Näiden seurauksena telineosien määrä kasvaa ja sitä kautta hinta, mutta avaus on helpompaa ja hinta kompensoituu avauksien hinnassa, jonka urakoitsija voi mahdollisesti kohteesta riippuen hoitaa itse.



Kuva 10. Valaistuissa ja kuivissa olosuhteissa asennustyö tapahtuu nopeasti ja tehokkaasti.

Monissa kohteissa vesikatolla tehtävät työt vaativat sen, että kohteen on oltava säältä suojassa huonoilla keleillä, mutta pääsyn katolle on oltava helppo ja nopea kuivilla keleillä. Tässä ovat vaihtoehtoina erilaiset liikuteltavat ratkaisut.

Kiinteissä on myös mahdollista avata sääsuoja kattorakenteiden peitteitä poistamalla, mutta tämä on työläämpää ja hitaampaa, koska vaatii avaamiseen aikaa. Tämä toimii kohteissa, joissa avauksia on vain muutamia. Mutta tämä vaihtoehto tulee kalliiksi kohteissa, joissa sääsuojan alle on päästä useasti viikossa.

6 RAKENNUSKOHTEEN SÄÄSUOJAUKSET

SUURIMMAT SYYT

Vuosittain rakennusalalla tulee ylimääräisiä kustannuksia ja aikataulullisia ongelmia johdettujen rakennusaikaisesta kosteudesta. Näitä kuluja tulee jo rakentamisen aikana ja valitettavasti tänä päivänä näitä löydetään myös rakennuksen luovuttamisen jälkeen ja pahimmassa tapauksessa myös vuosien päästä. (Merikallio 2002, 32.) Suomessa vuodenaikat ovat muuttuneet niin radikaalisti, että kuivasta ja kylmästä on päädytty lämpimään ja kosteaan, joka taas ei edesauta kuivumista, vaan pitää rakenteet kosteina.

Nykypäivän betonirakentamisessa rakenteet vaativat suhteellisen kosteuden alittavan tietyn prosentin, jotta rakenteita voidaan pinnoittaa. Tämän määrittelee valmistaja jokaiselle pinnoitettavalle materiaalille. (Merikallio, Niemi & Komonen 2007, 50.) Useasti julkisivut tehdään eristeen päälle rappaamalla ja eriste saattaa kastua työn tekemisen aikana, jonka kuivuminen vie myös aikaa. Harvoissa kohteissa näihin tehdään kosteusmitauksia todetakseen, että eriste on kuivunut ja voidaan pinnoittaa.

Näiden lisäksi odotetaan, että yläpohja saadaan tehtyä ja tämän päälle asennetaan vedeneriste, jotta saadaan pieni varmuus siitä, että sisätyöt voidaan aloittaa. Tämän oletetaan hoitavan kaikki yläpuolelta tuleva kosteus, mutta se ei suojaa rakennuksen sivuja kosteudelta ja yläpohjan päällisiä ei päästä tekemään, jos sääolosuhteet eivät anna mahdollisuutta siihen. Väliaikaisiksi tarkoitettut vedeneristeet eivät myöskään ole täysin tiiviitä, koska rakennusaikaisia läpivientejä saattaa olla useita ja usein kosteus löytää tien painovoiman mukaisesti.

Rakennuksen vesitiiviyyden saavuttaminen vaatii aikaa ja saattaa pidentää rakennuksen yleisaikataulua, joka voi vaikuttaa luovutusajankohtaan. Sääsuojuuksella päästään tekemään rakennuksen sisätöitä ja ulkotöitä samanaikaisesti, ilman että toinen aikatauluttaa toista.

Kosteus itsessään vaikeuttaa rakentamista. Kostea olevia rakenteita ei voida pinnoittaa, mikä hidastaa työn jatkuvuutta eikä lopullinen aikataulu välttämättä ole enää realistinen. Aikatauluissa varataan aikaa aina sille, että rakenteet pääsevät kuivumaan haluttuihin raja-arvoihin. Aikaa on varattava huomattavasti enemmän, jos kohteen rakennusaikataulu on sääolosuhteiden kannalta ei-optimaalinen kuivaan toteutukseen.

6.1 Kosteusmittaukset

Rakenteen suhteellinen kosteus todennetaan mittaamalla rakenteen sisäinen kosteus. Tämä tapahtuu joko porareikämittaamalla tai ottamalla näytepala rakenteesta. Näiden lisäksi on myös pintakosteusmittari, jolla saadaan suuntaa antava lukema noin 100mm syvyydestä rakenteen sisältä. Pintakosteusmittari toimii hyvin matalissa pintavaluissa, mutta ei kerro tarkkaa tulosta syvemmältä.

Näillä menetelmillä todennetaan, että rakenne on kuivunut tarpeeksi ja pinnoitustyöt voidaan aloittaa. Seuraavaksi kahden kohteen eri kosteusmittaustulokset. Molemmat kohteet olivat paikalla valettuja betonirunkoisia kerrostaloja, joissa ensimmäisen kerroksen laatta oli maanvarainen. Toinen kohde oli suojattuna runkovaiheen jälkeen. Toista ei suojattu ollenkaan.

Ensimmäinen kohde

Ensimmäisen kohteen runko rakennettiin kesä-syyskuu välisenä aikana vuonna 2018. Rakentamisen aikainen keskimääräinen lämpötila oli 20° C ja sademäärät olivat noin 50 millimetriä kuukautta kohden.

Rakennus huputettiin runkovaiheen jälkeen ja tällä saatiin estettyä ulkopuolisen veden pääsy rakennukseen 95 prosenttisesti rungon valmistuttua. Ensimmäiset mittaustulokset (liite 1) otettiin noin kaksi kuukautta viimeisestä betonoinnista, seuraava mittaus (liite 2) kuukausi sen jälkeen ja viimeinen tammikuussa (liite 3). Mittauspöytäkirjasta käy selville mitattava paikka, mittaukset syvyys, anturin numero, suhteellinen kosteus (RH), mitattavan pisteen lämpötila sekä abs-lukema, joka kertoo betonissa olevan kosteuden grammoina kuutiota kohden.

Liitteessä 3 rakennukselle valittujen pintamateriaalien vaatimat raja-arvot alittuivat ennen aikatauluun määriteltyä aikaa, joten voimme todeta, että rakennuksen sääsuojauksesta oli suoranaista hyötyä rakennuksen kuivumisprosessiin sekä kuivana pitämiseen.

Rakennusta alettiin lämmittää vesikiertoisella lattialämmityksellä heti kun rakennus oli vaipassaan, noin kuukausi viimeisestä betonivalusta. Rakennuksen vesikate asennettiin vasta tammikuun lopulla, joten se ei edesauttanut kuivumisprosessia. Tapauksessa on

huomioitava rungon rakentamisen vuodenaika, joka oli todella suotuisa kuivumista ajatellen.

Toinen kohde

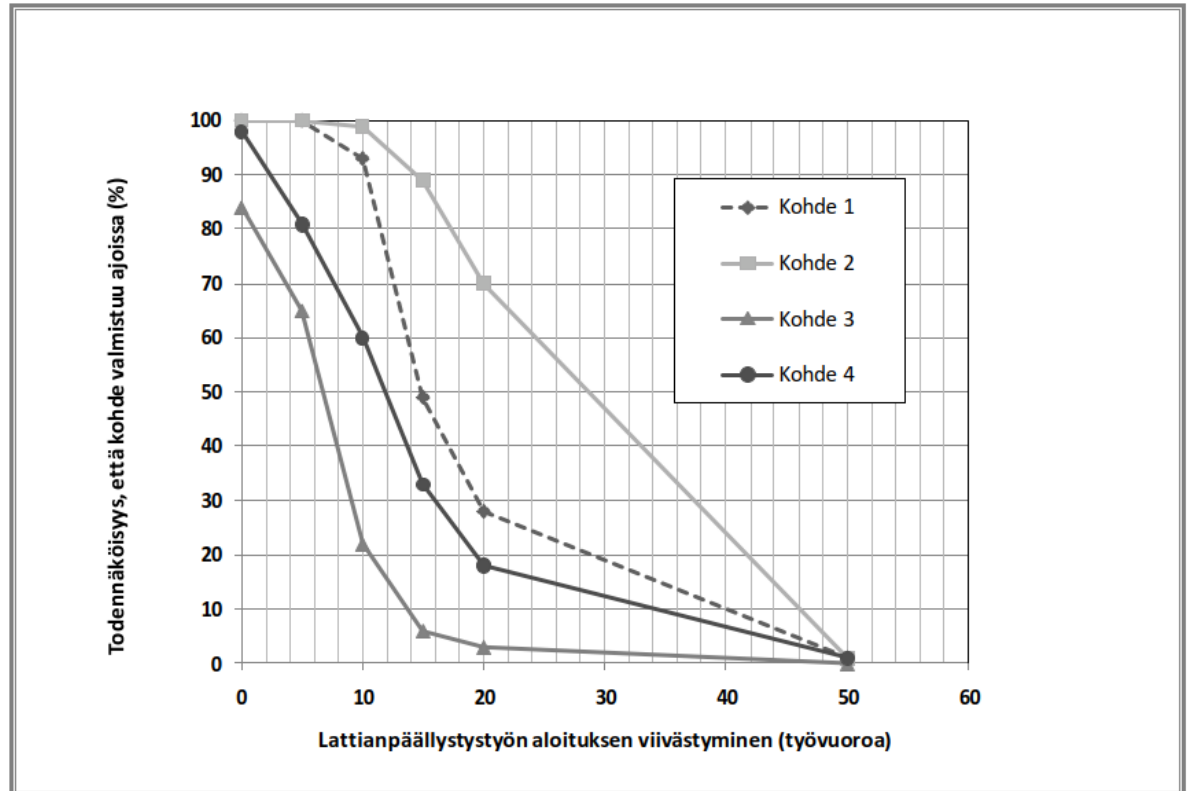
Toisen kohteen runko rakennettiin lokakuu-joulukuu välisenä aikana vuonna 2017. Rakentamisen aikainen keskimääräinen lämpötila oli 4° C ja sademäärät olivat noin 100 millimetriä kuukautta kohden. Rakennusta ei suojattu sääsuojalla missään rakentamisen aikana.

Liitteessä 4 taulukosta voidaan havainnoida, että joulukuusta 2017 huhtikuuhun 2018 mennessä suurin osa rakenteista ei ollut vielä kuivunut pinnoitusvalmiiksi. Osa rakenteista vaati kuivumiselle aikaa kesäkuuhun asti, joten kuivumista oli tällöin tapahtunut jo kuusi kuukautta.

Kohteessa oli asennettuna yläpohjan vedeneriste, mutta tämä ei suojannut kosteudelta tarpeeksi. Rakennusta lämmitettiin vesikiertoisella lattialämmityksellä sekä tarpeen vaatiessa sähkölämmityksellä. Kohteen runko rakennettiin kuivumiselle epäsuotuisaan aikaan ja sääsuojauksesta olisi ollut huomattava hyöty kuivatuksessa. Jos rakennuksen aikataulussa oli varauduttu tähän kuivumisen vaatimaan aikaan, sääsuojan tuoma hyöty olisi ollut pienempi, koska se ei olisi vaikuttanut luovutuksen ajankohtaan.

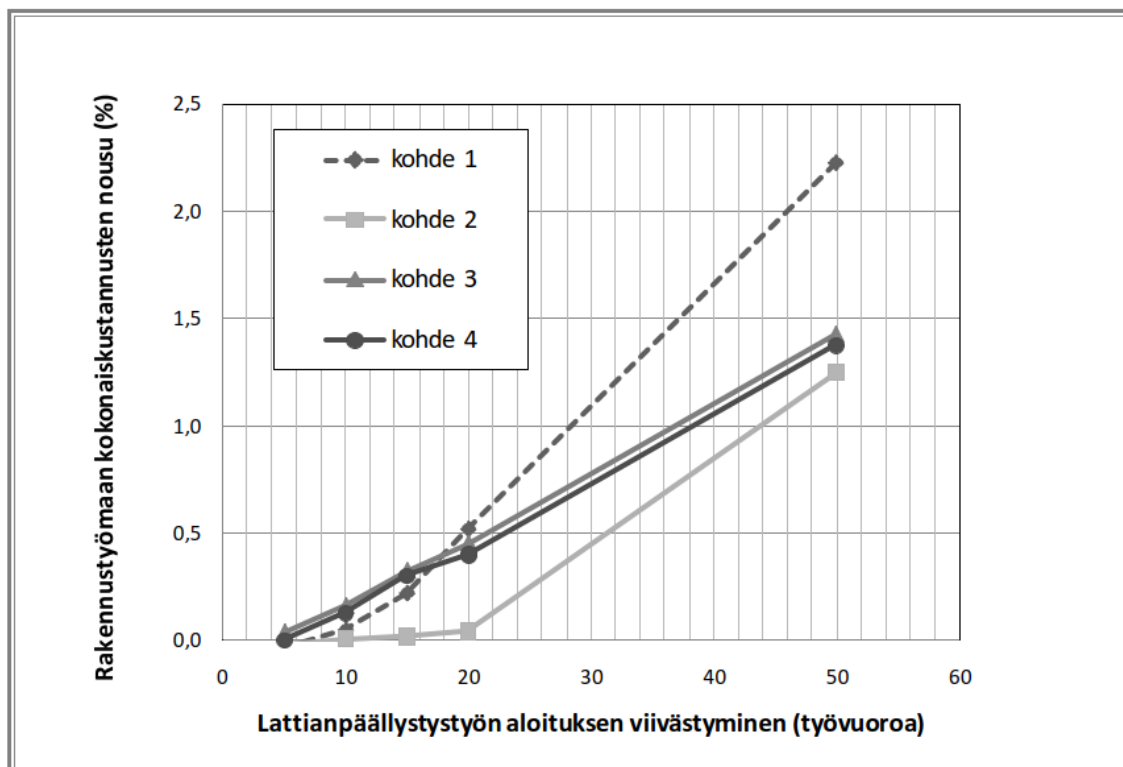
6.2 Aikataulullinen riski ja venymä

Lattioiden kuivumisajan optimoinnilla on merkittävä taloudellinen vaikutus rakentamisessa. Rakennusaikana todettu lattian liiallinen kosteus, joka johtuu riittämättömästä kosteudesta, johtaa yleensä aikatauluviivästyksiin päällystystyön myöhästyessä. Uudiskohteille tehdyissä aikataulusimuloinneissa on osoitettu, että esimerkiksi betonilattioiden päällystämisaikajankohdan viivästyminen vaikuttaa rakennustyömaan aikatauluun ja kokonaiskustannuksiin huomattavasti. Alla olevassa taulukossa (11) on Tarja Merikallion simuloima neljän kohteen taulukko, joissa vertaillaan erilaisten uudiskohteiden aikatauluja. Kohteen 1 betonilattia on paikalla valettu ja lopuissa ne ovat elementtirakenteisia.



Kuva 11. Betonilattioiden riittävän kuivumisen määrittäminen uudisrakentamisessa. (Merikallio 2009, 2).

Toisessa vertailussa (12) Merikallio on todennut, että rakennustyömaan kokonaiskustannusten prosentuaalinen nousu työmaan lattianpäällystystyön viivästyessä on huomattava. Nämä sisältävät rakennusteknisten töiden työkustannukset sekä työmaan käyttö- ja yhteiskustannukset. Kaikki nämä ovat käytännössä ylimääräisiä kustannuksia, mihin ei varauduta, koska tällaisia tilanteita ei tule optimaalisessa rakentamisessa.



Kuva 12. Betonilattioiden riittävän kuivumisen määrittäminen uudisrakentamisessa. (Merkallio 2009, 3).

Näiden taulukoiden perusteella voimme todeta, että rakenteiden kuivumisen riittämättömyys ja viivästyminen lisää aikataulullista venymää ja kustannusnousua rakennusprojektiin. Näiden asioiden ennakoiminen on mahdollista ennen hankkeen alkua, mutta ennalta arvaamattomien asioiden reagoiminen on erittäin vaikeaa ja aikataulun kirittäminen todella kallista.

6.3 Lehto Groupin esituotannon asennus

Lehto Groupin tehdasvalmisteisen esituotannon suurimpia riskejä epäonnistua ovat tehtaalla ja asentaessa tapahtuvat asennusvirheet sekä sääolosuhteisiin vaikuttavat tekijät. Työmaa ei voi vaikuttaa tehtaalla tapahtuviin virheisiin ja sen laadunvalvontaan, mutta se voi vaikuttaa tuotteen laadukkaaseen asennukseen ja kuivan asennuksen mahdollistamiseen. Lehto Groupin työmailla tekniikkastudioiden asennus aikataulutetaan tapahtuvaksi heti rungon valmistuttua, tarpeen vaatiessa jopa kesken rungon rakentamisen. Opinnäytetyön kohteessa asennus alkoi heti rungon viimeisen betoniholvin purun jälkeen.

Tekniikkastudioiden asennustahdiksi määritettiin neljä kappaletta päivässä. Tekniikkastudioita oli 70 kappaletta tässä kohteessa. Näiden lisäksi tulee kattojen sulkulaatat, joiden asennus kestää noin puolet yhdestä tekniikkastudiosta. Työmaa onnistui asennustahdin ylläpitämisessä täysin, vaikka 2018 loppusyksy oli todella sateinen. Asennustahdin ylläpitämisen mahdollisti täysin sääsuojausjärjestelmä, joka saatiin avattua aina hyvän sään tullessa ja suljettiin heti asennustyön jälkeen (13).



Kuva 13. Tekniikkastudion asennus meneillään. Taustalla näkyy sääsuoja, josta avattu lohko studion asennusta varten.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

7.1 Brändihaitta

Nykypäivänä yritykset ovat alkaneet reagoimaan yrityksen näkyvyyteen liittyviin asioihin. Yrityksen maineen kärsiessä tämä vaikuttaa suoraan yrityksen kilpailukykyyn ja sitä kautta talouteen. Luovutuksen jälkeisistä virheistä ei enää reklamoida pelkästään vastuuyritykselle, vaan ihmiset ovat löytäneet kanavan mielipiteen julki tuomiseksi internetistä, missä lukijakunta on huomattavasti laajempi kuin oman työpaikan kahvipöydässä ja sukulaisten juhlissa. Tämä antaa valitettavan yksipuolisen kuvan asiasta ja haitta yrityksen maineelle on tässä tapauksessa suuri, koska asian molempia puolia ei voida kuulla tasapuolisesti.

Välttääksemme tämän aikakauden kirjoitukset, yritysten on alettava reagoida asioihin nopeammin ja näkyvämmiin. Sääsuojaus tuo suurta brändinäkyvyyttä siinä mielessä, että maallikolle se antaa hyvän maun mukaisen kuvan rakentamisesta, koska sääsuojaratkaisut ovat yleensä suhteellisen iso kokoisia eivätkä niin tavanomaisia uudiskohteissa. (M. Härkönen, henkilökohtainen tiedonanto 7.2.2019)

Kovan kiireen vuoksi työmaat ovat saattaneet aloittaa pintamateriaalien asentamisen, vaikka raja-arvot kuivumiseen eivät alitu. Tämä on Suomessa johtanut jopa oikeustoimiin koska muun muassa pintamateriaalien liimojen reagointi kosteuden kanssa on aiheuttanut sisäilmaongelmia ja täten vaikuttanut asukkaiden terveyteen todella haitallisesti.

7.2 Noususuhdanteen haitta rakentamiseen

Ympärivuotinen rakentaminen on tuonut mukanaan haasteita toteutukseen. Betoni- ja puurunkoisten asuinkerrostalojen toteutus ei ole vertailukelpoinen kaikkiin vuodenaikoihin tehtäessä. Työmaan onnistumisen kannalta on erittäin tärkeää, että rakentaminen aikataulutetaan toteutuksen kannalta optimaaliseen vuodenaikaan. Jos tähän ei ole mahdollisuuksia ja rakentaminen joudutaan taloudellisista syistä aloittamaan ei-ihanteelliseen vuodenaikaan, on työmaalle varattava isompi kustannuserä talvirakentamiseen ja sääsuojaukseen. Puurunkoisten kerrostalojen asennustyöt suositellaan tehtäväksi säältä suojassa esimerkiksi teltassa. Näiden lisäksi rakennuksen kuivattamiseen ja kuivumisaikoihin on lisättävä kerroin ja aikaa, jotta aikataulu pysyy realistisena.

Rakentamiskulttuuri Suomessa laahaa muita pohjoismaita jäljessä. Muissa pohjoismaissa on alettu reagoida kosteuden aiheuttamiin haittoihin ja löytää nopeammin ratkaisuja rakenteille, jotka tuottavat ongelmia. Urakoiden laskennassa ei olla vielä pääty siihen pisteeseen, että rakennettavaan kohteeseen varattaisiin riittävästi rahaa talvi- ja kosteaan aikaan rakentamiseen. Sääsuoja ja telineratkaisut ohitetaan helposti sen jälkeen, kun ratkaisun hinta on tiedossa eikä siihen löydy pääomaa laskennasta sitä kattamaan.

Rakentamista lähtökohtaisesti ohjaa lainsäädäntö ja rakennustieto-kortit, mutta ne eivät suoranaisesti ota kantaa siihen, että miten asiat pitäisi kirjaimellisesti toteuttaa, vaan urakoitsija seuraa lausetta ”Rakentamistavan on oltava hyvänmaun mukainen”, joka jää helposti tulkinnan varaiseksi.

Joudumme painimaan nykypäivänä todella paljon rakennuksen luovutuksen jälkeisten ongelmien kanssa. Näihin on puututtava jo suunnitteluvaiheessa ja varsinkin työtä tehdessä. Näissä on oltava selkeät ohjeet, mallit sekä toistettavia ratkaisuja, jotta työntekijä tietää jo entuudestaan, miten työ tulee toteuttaa ja osaa itseohjautua tekemisessään kohti kestävämpää ja terveellisempää rakentamista. Näistä asioita koostuu pitkäikäinen sijoitushanke sijoittajalle, joka hakee tasaista tuottoa pääomalleen.

Betonirakenteisissa kerrostaloissa kulttuuri on pysynyt vahvasti sellaisena, ettei rakennusta tarvitse sääsuojata, koska niin ei ole ennenkään tehty. Vahvojen mielikuvien ja toistuvuuden muuttaminen on henkilötasolla hankalaa, joskaan ei mahdotonta. Ajattelumallien muuttaminen on vaatimuksena sille, että uudiskohteita aletaan sääsuojata jatkossa rakentamisen ajaksi, eikä pitäydytä vanhoissa menetelmissä ja tavoissa.

Sääsuojusratkaisu täytyy voida perustella muutenkin kuin pelkästään vesisateelta suojaamisella hankkeen vetäjille. Opinnäytetyössä tuotiin esille rakenteiden kuivumisen nopeuttaminen ja sitä kautta aikataulussa pysyminen sekä esituotannon asennusnopeuden mahdollistaminen ja esituotannon kuivana pysyminen asennuksen jälkeen. Sisävalmistustyöt voidaan aloittaa heti, kun näkyvä kosteus on poistettu rakennuksesta ja rakennuksen ympärillä on sääsuojaus.

7.3 Yhteenveto Kuivaketju10-toimintamallista

Kuivaketju10-toimintamalli on ehdottomasti yksi parhaita vakuutuksia työn tilaajalle siitä, että suunnittelua ja rakentamista ohjaavat kosteutta ehkäisevät selkeät rakentamismallit.

Se tuo turvaa varsinkin sellaisille sijoittajille, jotka itsessään eivät ole niin rakentamistietoisia, mutta haluavat varmistua, että sijoitukset ovat pitkäikäisiä sekä kestäviä hankintoja ja että ne toteutetaan terveen ja kestävä mallin mukaisesti.

Kuivaketju10-toimintamalli sekä muut vastaavat toimintamallit ovat mielestäni osa tulevaisuuden rakentamista, jossa puututaan aikaisessa suunnitteluvaiheessa rakentamistapoihin ja rakenneratkaisuihin. Näihin tarvitaan ehdottomasti lisää toteutusohjausta, jotta rakenteista saadaan kustannustehokkaat ja järkevät toteutukseltaan. Ei pelkästään sitä, miltä ne vaikuttavat suunnittelijan pöydällä. Rakenteet on pystyttävä suunnittelemaan niin, että ne ovat järkeviä toteuttaa, kustannustehokkaita, palvelevat arkkitehdin silmää, miellyttävät tilaajaa sekä ovat pitkäikäisiä ja turvallisia asua.

Vaikka Kuivaketju10-ohjeistus vaatii kosteuskoordinaattorin olevan riippumaton henkilö urakoitsijan organisaation ulkopuolelta, isoimmilla rakennusliikkeillä on yleensä omat kosteuskoordinaattorit, jotka koordinoivat kohteidensa kosteusteknisestä toteutusta ja ohjaavat suunnittelua. Rakennusliikkeiden omat kosteuskoordinaattorit ovat kaksijakoinen asia: toisaalta on hyvä, että käytetään ennestään tuttuja henkilöitä, joille yrityksen rakentamistavat on tuttuja ja siten myös ohjaavat kustannustehokkaisiin ratkaisuihin. Toisaalta voidaan miettiä, ajaako urakoitsijan oma kosteuskoordinaattori työn tilaajan vai tekijän etua.

Yleisesti hankkeissa, joissa urakoitsija ja tilaaja ovat sama henkilö, päädytään seuraamaan Kuivaketju10:n ohjeistusta ilman, että virallisesti käytetään Kuivaketju10-toimintamallia ja sitä kautta koordinaattori olisi ulkopuolinen henkilö. Näin kierretään ohjeistuksen ristiriitaiset kohdat.

8 YHTEENVETO SÄÄSUOJAUKSEN TARPEELLISUUDESTA

Tämän opinnäytetyön perusteella voidaan todeta, että rakennuksen sääsuojauksesta on enemmän hyötyä kuin haittaa. Sääsuojaus mahdollistaa ympärivuotisen rakentamisen nopealla aikataululla sekä luo kuivan ja rakentamiseen toimivan ympäristön työmaalle.

Opinnäytetyön työmaalla voitiin aloittaa sisävalmistustyöt heti, kun rakennus oli sääsuojattu, lämpö päällä sisällä ja näkyvä kosteus oli poistettu. Vesikaton puutyöt tehtiin loppusyksystä ja näihin saatiin luotua kuivat, valoisat ja turvalliset puitteet. Vesikaton puutöitä ei tarvinnut tehdä valjastyönä missään kohtaa, mikä hidastaisi huomattavasti työtahtia ja vaikuttaisi työmenetelmiin, vaan telinerunko ympärillä toimi putoamissuojana. Tämä mahdollisti asentajien asennustahdin ylläpitämisen sellaisinakin päivinä, kun ulkona satoi vettä ja olosuhteet olivat kylmät.

Sääsuojan suunnitteluun on ehdottomasti perehdyttävä perinpohjaisesti ja ratkaisu on voitava kyseenalaistaa ja perustella eri osa-alueilta. Sääsuojauksen kustannus on voitava sisällyttää työmaan työvaiheisiin, jotta sen hankinta on perusteltua myös taloudellisesti. Tällä työmaalla toteutettiin telineiltä julkisivumuuraus, julkisivurappaus, ulkopaneloinnit ja julkisivupellitykset. Ilman telineratkaisua nämä työvaiheet olisivat vaatineet erillisen nostimen työntekijälle.

Opinnäytetyön työmaalla päädyttiin sääsuojaratkaisuun, joka ei ollut kaksikiskojärjestelmällä. Syynä oli yksinkertaisesti tilan puute kiinteistön tontilla, koska ratkaisun vaatimaa tilaa ei ollut tarjolla. Sääsuoja avattiin lähes päivittäin tekniikkastudioiden asennuksen aikana ja tämä maksoi tilaajalle huomattavasti. Tulimme työmaalla siihen tulokseen, että jatkoa ajatellen Lehto Groupin kohteissa suosittelimme kaksikiskojärjestelmää työmaille, vaikka sen kertakustannus on lähtökohtaisesti isompi.

Telinetoimittajan ja tilaajan on vaikea arvioida, paljonko rahaa sääsuojan avaamiseen ja sulkemiseen menee, varsinkin kun kyseessä on kohde, jossa sitä avataan päivittäin. Sääolosuhteiden aiheuttamat haitat avaamisessa on huomioitava. Avaaminen peitteitä poistamalla ottaa oman aikansa, noin puolesta tunnista kahteen tuntiin. Jos peitteitä on avattu enemmän kun yksi, rakennuksen sääsuojauksen takaisin saaminen kestää kauemmin ja riski rakenteiden kastumiselle on suurempi sään muuttuessa äkillisesti.

Työmaan aikataulu oli lähellä venyä huomattavasti muutamina päivinä, kun kelistä johdun sääsuojan peitteet olivat jäätyneet, eikä sääsuojaa saatu avattua. Tällaisia päiviä ei ollut laskettu aikatauluun ja ne toivat epävarmuutta aikataulussa pysymiseen. Kahden kiskon järjestelmässä tällaista ongelmaa ei ole, koska peitteitä ei tarvitse poistaa päästäkseen suojan alle.

Uskon että sääsuojaratkaisut uudisrakentamisessa yleistyvät ja kilpailun kasvaessa myös hinnat tulevat laskemaan sille tasolle, että sääsuojaan voidaan varata rahaa entistä useammin hankesuunnitteluvaiheessa.

LÄHTEET

BY 201. 2018. Betonitekniikan oppikirja. Helsinki: BY-Koulutus Oy.

Ecofloor 2016. Betonilattian kuivuminen. Ohjeistus. Viitattu 15.3.2019 <https://ecofloor.fi/betonilattian-kuivuminen/>

Erkkilä-Häkkinen, S. 2016. Rakentamisen työturvallisuuden suhtautuminen toimijoiden kokemuksina. Väitöskirja. Oulun yliopisto.

Helaakoski, L. & Markelin-Rantala, L. 2017. Lehdon Tekniikkastudion kosteustekninen toimivuus varmennettu VTT-sertifikaatilla. Lehdistöiedote 15.11.2017. Viitattu. 15.3.2019 <https://lehto.fi/lehdon-tekniikkastudion-kosteustekninen-toimivuus-varmennettu-vtt-sertifikaatilla/>

Homtalkoot 2015. Ohjeita kosteusvaurioiden karkoitukseen. Viitattu 17.3.2019 <https://www.hometalkoot.fi/kerrostalo>

Jämsä, E. 2018. Vastaavan mestarin muistilista sääsuojatoimituksissa. Telinekataja Oy Lehdistöiedote 11.3.2019. Viitattu 16.3.2019.

Karjalainen, M.; Heikkilä, J.; Koiso-Kanttila, J. & Kilpeläinen, M. 1997. Suomalainen puukerrostalo. Helsinki: Opetushallitus

Karjalainen, M. 2018. Puurakentamisen asema ja mahdollisuudet suomessa. Artikkelitiedote 15.11.2018. Viitattu 22.3.2019 <https://www.puuinfo.fi/puutieto/puurakentaminen/puurakentamisen-asema-ja-mahdollisuudet-suomessa>

Katajisto, M. 2018. Rakennusyritys Peab tutki: 92 % suomalaisista pitää kosteus- ja sisäilmaongelmia suurena yhteiskunnallisena ongelmana. Lehdistöiedote 16.10.2018. Viitattu 1.2.2019 <https://peab.fi/peab/tiedotteet/lehdistotiedote/3DB6C2166BCBC027>

Kauppi, A. 2016. Testissä puu ja betoni – kumpi voittaa kerrostalossa? Metsäyhdistys 18.02.2016. Viitattu 22.3.2019 <https://smy.fi/artikkeli/testissa-puu-ja-betoni-kumpi-voittaa-kerrostalossa/>

Kuivaketju10. 2018. Toimintamalli rakennushankkeen kosteudenhallinnalle. Ohjeistus annettu 13.3.2018. Viitattu 15.3.2019 <https://kuivaketju10.fi/>

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

Merikallio, T. 2009. Betonilattian riittävän kuivumisen varmistaminen. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy

NCC 2018. IoT-pohjainen betonin kuivumisolosuhteiden hallinta työmaan aikana. Lehdistöiedote 27.2.2018. Saatavissa 22.3.2019 <http://www.kiradigi.fi/media/hankemateriaali/loppuraportit/ncc-kiradigi-loppuraportti-ym106-61272017.pdf>

Nykänen, J. 2016. TR- mittari Tarkastajien ohjeet. Aluehallintoviraston ohjeistus. Julkaistu 18.11.2016. Viitattu 16.3.2019.

Puuinfo. 2011. Puurakennuksen kosteustekninen hallinta. Tekninen tiedote 18.04.2011. Viitattu 22.3.2019. <https://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/rakentaminen/suunnitteluohjeet/puurakennuksen-kosteustekninen-hallinta/puurakennuksen-kosteuden-hallinta.pdf>

Puuinfo. 2018. Kosteusteknisiä ominaisuuksia. Artikkel. Viitattu 22.3.2019.

Ratu KI-6033. 2018. Rakennushankkeen kustannushallinta. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Ratu S-1232. 2013. Rakennustyömaan sääsuojaus. Helsinki: Rakennustieto Oy

RT 05-10710. 1999. Kosteus Rakennuksissa. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT 16-10182. 1982. Rakennusalan urakkakilpailun periaatteet. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Savolainen, J. 2018. Miksi julkisivutelineen tarjouspyyntö kannattaa tehdä huolellisesti? Blogikirjoitus 28.9.2019. Viitattu 15.3.2019 <https://telinekataja.fi/miksi-julkisivutelineen-tarjouspyynto-kannattaa-tehda-huolellisesti/>

SRV Malli 2018. SRV:n kumppanuus toimintamalli. Viitattu 16.3.2019 <https://www.srv.fi/rakentaminen-palveluna/srv-malli/>

Työturvallisuuslaki 23.8.2002/738. Annettu Helsingissä 23.8.2002. Saatavilla <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738>

Tolppanen, J.; Karjalainen, M.; Lahtela, T. & Viljakainen, M. 2013. Suomalainen puukerrostalo. Helsinki: Opetushallitus, Puuinfo.

Liitteet

Liite 1. Ensimmäinen kosteusmittaus. Kohde nro 1.

MITTAUSPÖYTÄKIRJA

Työkohta: As Oy Turun Suksikuja 2	Työ nro:
Tilaaaja: Lehto	
Mittaus pvm: 23.11.2018	Poraus pvm: 20.11.2018

Nro	Mittauspöytä		Mittaus tulokset			
	Huoneisto, rakennus, huoneisto	Syvyys	Anturin nro.	RH (%)	T (°C)	abs. (g/m ³)
B41		70	8	91,7	23,1	19,0
		70	10	92,0	23,1	19,0
		28	3	82,5	21,6	15,7
B48		70	5	87,3	23,7	18,8
		70	11	87,2	23,7	18,8
		28	12	82,7	24,0	17,9
Porrashuone 1. krs		70	14	93,3	17,4	13,9
		70	19	92,6	17,5	13,9
		28	20	88,1	17,6	13,2
B52		48	P3	88,1	18,3	13,8
		48	P1	88,4	14,3	13,8
		19	P4	77,1	17,9	11,8
Porrashuone 2. krs		48	7	87,3	17,4	12,9
		48	20	87,2	17,5	13,0
		19	17	80,9	17,4	11,9
B64		48	18	93,7	20,0	16,2
		48	9	93,5	19,9	16,2
		19	6	86,0	17,4	12,9
Porrashuone 3. krs		48	P2	88,7	14,7	11,2
		48	P5	88,1	14,8	11,2
		19	P10	76,9	15,1	9,9

Mittalaitteet:

VAISALA HMI 41 näyttölaite

- Näyttölaitteen aiheuttama enimmäisvirhe +20°C:ssa, suhteellinen kosteus ±0,1%RH ja lämpötila ±0,1°C.

VAISALA HMP 42/46 mitta-anturit

-Tarkkuus +20°C:ssa; 0...90%RH ±2%RH - 90...100%RH ±3%RH, ±0,2°C

VAISALA HMP 44 mitta-anturi

-Tarkkuus +20°C:ssa; 0...90%RH ±2%RH - 90...100%RH ±3%RH, ±0,4°C.

Mitta-anturit - on kalibroitu

Mitta-anturit - on kalibroitu

Mittausmenetelmä:

- Mittarit on porattu, puhdistettu, putkitettu sekä tiivistetty huolellisesti.

- Mittareiden on annettu tasaantua vähintään 3 vrk:ta ennen mittauksen suorittamista.

- Mitta-antureiden on annettu tasaantua mittarissa ≥ 1 tunti, jonka jälkeen mittalaitteen näyttämät on kirjattu mittauspöytäkirjaan.

- Porareikämittausta tehtäessä betonirakenteen lämpötilan tulee olla välillä +15°C-+25°C.

Mittausvyvyys:

- 10-30mm (40% arvosteluvyvyydestä).

- 35-70mm (arvosteluvyvyys = mittausvyvyys, joka on riippuvainen rakennorotkaisuista ja rakenteen paksuudesta, maksimimittaussyvyyden ollessa kuitenkin 70mm).

Liite 2. Toinen kosteusmittaus. Kohde nro 1.

MITTAUSPÖYTÄKIRJA

Työkohta:	As Oy Turun Saksikuja 2	Työ nro:	
Tilaaaja:	Lehto		
Mittaus pvm:	19.12.2018	Poraus pvm:	

Nro	Mittauspaista Huonesta, seinästä, huoneesta	Syvyys	Anturin nro.	Mittaus tulokset		
				RH (%)	T (°C)	abs. (g/m ³)
B47		70	4	88,9	16,1	12,0
		70	14	89,2	16,1	12,0
		28	8	78,8	15,7	10,9
B48		70	9	88,4	20,0	15,3
		70	16	88,9	20,0	15,4
		28	5	72,9	20,5	12,9
Porrashuone 1.krs		70	3	86,0	19,5	14,5
		70	11	86,4	19,5	14,5
		28	6	72,6	18,9	11,8
B52		48	P7	83,4	17,4	12,4
		48		84,0	17,4	12,5
		19		74,6	17,4	11,0
Porrashuone 2.krs		48	21	81,8	16,1	11,2
		48	2	81,7	16,2	11,3
		19	19	73,5	15,8	9,9
B64		48	12	86,9	19,1	14,3
		48	10	86,9	19,1	14,3
		19	15	80,9	17,5	12,0
Porrashuone 3.krs		48	20	84,4	12,5	9,3
		48	16	84,7	12,5	9,3
		19	7	79,8	11,1	8,1

Mittalaitteet:**VAISALA HMT 41 näyttölaite**

- Näyttölaitteen aiheuttama enimmäisvirhe +20°C:ssa, suhteellinen kosteus ±0,1%RH ja lämpötila ±0,1°C.

VAISALA HMP 42/46 mitta-anturit

-Tarkkuus +20°C:ssa; 0...90%RH ±2%RH - 90...100%RH ±3%RH, ±0,2°C.

VAISALA HMP 44 mitta-anturi

-Tarkkuus +20°C:ssa; 0...90%RH ±2%RH - 90...100%RH ±3%RH, ±0,4°C.

Mitta-anturit - on kalibroitu

Mitta-anturit - on kalibroitu

Mittausmenetelmä:

- Mittarelat on porattu, puhdistettu, putkitettu sekä tiivistetty huolellisesti.

- Mittareikien on annettu tasaantua vähintään 3 vrk:ta ennen mittauksen suorittamista.

- Mitta-antureiden on annettu tasaantua mittareilissä ≥ 1 tunti, jonka jälkeen mittalaitteen näyttämät on kirjattu mittauspöytäkirjaan.

- Porareikämittausta tehtäessä betonirakenteen lämpötilan tulee olla välillä +15°C-+25°C.

Mittaus syvyys:

- 10-30mm (40% arvostelusyvyvyydestä).

- 35-70mm (arvostelusyvyvyys = mittaus syvyys, joka on riippuvainen rakenneraekaisuudesta ja rakenteen paksuudesta, maksimimittaus syvyyden ollessa kuitenkin 70mm).

Liite 3. Kolmas ja viimeinen kosteusmittaus. Kohde nro 1.

MITTAUSPÖYTÄKIRJA

Työkohta:	ds Oy Turun Suksikujat 2	Työ nro:	
Tilaaaja:	Lehto		
Mittaus pvm:	21.1.2019	Poraus pvm:	16.1.2019

Nro	Mittauspiste		Mittaus tulokset			
	Huoneisto, rakenna, huonotila	Syvyys	Anturin nro.	RH (%)	T (°C)	abs. (g/m ³)
B 41		70	5	83,2	22,4	76,8
		28	13	74,3	22,0	74,5
B 48		70	14	84,3	23,0	77,2
		28	6	69,5	22,9	74,1
Porrashuone 1.krs		70	18	83,5	16,8	11,9
		28	3	71,5	16,6	10,2
Porrashuone 2.krs		48	19	79,7	19,3	13,0
		19	2	65,7	19,1	10,8
B 52		48	21	79,5	21,5	15,0
		19	20	67,3	21,3	12,6
Porrashuone 2.krs		48	15	81,0	17,7	12,2
		19	12	71,7	17,0	10,3
B 64		48	16	83,6	23,1	17,2
		19	4	70,5	22,4	14,1

Mittalaitteet:**VAISALA HMI 41 näyttölaitte**

- Näyttölaitteen aiheuttama enimmäisvirhe +20°C:ssa, suhteellinen kosteus ±0,1%RH ja lämpötila ±0,1°C.

VAISALA HMP 42/46 mitta-anturit

- Tarkkuus +20°C:ssa; 0...90%RH ±2%RH - 90...100%RH ±3%RH, ±0,2°C.

VAISALA HMP 44 mitta-anturi

- Tarkkuus +20°C:ssa; 0...90%RH ±2%RH - 90...100%RH ±3%RH, ±0,4°C.

Mitta-anturit - on kalibroitu

Mitta-anturit - on kalibroitu

Mittausmenetelmä:

- Mittareijat on porattu, puhdistettu, putkitettu sekä tiivistetty huolellisesti.

- Mittareiden on annettu tasaantua vähintään 3 vrk:ta ennen mittauksen suorittamista.

- Mitta-antureiden on annettu tasaantua mittareissa ≥ 1 tuntia, jonka jälkeen mittalaitteen näyttämät on kirjattu mittauspöytäkirjaan.

- Porareikämittausta tehtäessä betonirakenteen lämpötilan tulee olla välillä +15°C-+25°C.

Mittausvyvyys:

- 10-30mm (40% arvosteluvyydestä).

- 35-70mm (arvosteluvyyden = mittausvyvyys, joka on riippuvainen rakennusolosuhteista ja rakenteen paksuudesta, maksimimittaussyvyyden ollessa kuitenkin 70mm).

Liite 4. Kosteusmittaustulokset. Kohde nro 2.



	9.4.2018	24.4.2018	2.5.2018	15.5.2018	22.5.2018	5.6.2018	11.6.2018	18.6.2018
	lämpötilä RH%	lämpötilä RH%	lämpötilä RH%	lämpötilä RH%	lämpötilä RH%	lämpötilä RH%	lämpötilä RH%	lämpötilä RH%
1.krs								
syvyys								
1. krs Käytävä A	70							
1. krs Käytävä A	83,5	19,2	93,7	18,8	92,8	18	89,9	22,3
1. krs A4 keittiö	81,7	21,1	81,9	20,2	78,7	20,4	76,3	23,3
1. krs WC	81	20,7	81,2	21,3	78,9	23,1	76,7	23,8
1. krs Käytävä B	82	20,1	81,1	17,2	76,9	19,4	74,2	21,8
1. krs Keittiö B28	89,7	21,5	89,8	20	87,1	20,8	86	22,5
1. krs Keittiö B28	87,2	21,5	82,5	19,5	80,8	20,5	76,1	22,7
2.krs								
syvyys								
2. krs Käytävä B	58							
2. krs Käytävä B	80,1	22	80,2	23,6	77,6	21,2	73,3	23,3
2. krs Keittiö B35	88,4	21,7	88,2	22,8	87,1	21,1	80,2	23,5
2. krs Käytävä A	85,1	22	86,7	22,2	81,5	21,3	74,2	24,5
2. krs Keittiö A8	97,3	22,1	97,4	22,1	97,8	24,8	95,8	26,5
2. krs Keittiö A8	88,9	22	90,1	22	75,6	23,6	79,7	26,3
3.krs								
syvyys								
3. krs Keittiö A12	58							
3. krs Keittiö A12	85	24,8	88	22,7	85,7	23,4	88,7	24,7
3. krs Käytävä A18	91	24,6	89,6	20,5	89,8	23	88,7	24,7
3. krs Käytävä A18	70,1	24,7	72,9	20,3	90,5	23,6	85,2	23,4
3. krs Käytävä B36	85,4	22,8	82,7	20,9	83,1	23,7	82,4	23,4
3. krs Käytävä B36	83,9	23	82,6	21,1	82,4	21,1	82,4	23,4
3. krs Keittiö B42	72,3	23,2	72	21,8	75,6	23,6	79,7	26,3
4.krs								
4. krs Keittiö A19	58							
4. krs Keittiö A19	88,4	25,5	87,8	23,2	85	25,7	88,1	27,7
4. krs Käytävä A25	98,9	25,3	88,3	21,1	89,8	23,7	88,1	27,7
4. krs Käytävä A25	79,2	25,2	76,1	21,5	77,3	23,4	78,2	24,4
4. krs Käytävä B43	91,6	21,6	89,7	21,5	89,8	24,1	84,9	24,8
4. krs Käytävä B43	77,9	21,2	76,5	21,8	76,7	24	76,7	24
4. krs Keittiö B 49	90,9	22,1	89,4	22,4	89,6	24,8	89,6	24,8
4. krs Keittiö B 49	77,9	22	76,4	22,7	75,4	24,7	75,4	24,7