



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

OLAVI PENTTILÄ
PUUKERROSTALOJEN KOSTEUDENHALLINTAPROSESSI JA
SEN KEHITTÄMINEN

Diplomityö

Tarkastajat: professori Juha Vinha
ja tekniikan lisensiaatti Olli Teriö
Tarkastaja ja aihe hyväksytty
24. huhtikuuta 2017

TIIVISTELMÄ

OLAVI PENTTILÄ: Puukerrostalojen kosteudenhallintaprosessi ja sen kehittäminen

Tampereen teknillinen yliopisto

Rakennustekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma

Diplomityö, 52 sivua, 11 liitesivua

Toukokuu 2017

Pääaine: Rakennustuotanto

Tarkastajat: professori Juha Vinha ja tekniikan lisensiaatti Olli Teriö

Avainsanat: puurakentaminen, puukerrostalo, kosteus, kosteudenhallinta

Suomessa pientalot rakennetaan valtaosin puusta. Kerrostaloja ei kuitenkaan ole juuriakaan rakennettu puurunkoisena. Tarkoitus on selvittää kosteudenhallinnan riskikohtia puukerrostalojen rakentamisessa. Työssä tarkastellaan SRV:n ja Stora Enson Wood City –projektin 8-kerroksista asuinkerrostaloa, jonka runko rakennetaan massiivisista LVL-elementeistä.

Tutkimusmenetelmäksi valittiin työmaahavainnointi, mikä käsitti työmaan olosuhteiden aistinvaraisen seurannan ja mittaamisen, valokuvaamisen ja havainnoinnin sekä työntekijöiden haastattelun. Rakennuksessa tehtiin kosteusmittauksia usean eri tahon toimesta. Kosteusmittausten tuloksia hyödynnettiin myös työssä.

Rakennuttajan laatimassa kosteudenhallinta-asiakirjassa määritetään hankkeen kosteudenhallintaan liittyvät tavoitteet ja toimintaperiaatteet jatkotyöskentelyyn. Kosteudenhallinta-asiakirja sekä rakennussuunnitteluvaiheen kosteudenhallintasuunnitelma toimivat lähtötietoina työmaan kosteudenhallintasuunnitelmalle. Puun kosteudellisen vaurioitumisen kannalta kriittisenä rajana esitetään yleensä 20 paino-% kosteuspitoisuus, ja kuusen todetaan kestävän kosteutta kohtalaisen hyvin.

Työmaalle tehtiin kosteudenhallintasuunnitelma. Asennusurakoitsija työnjohtajansa johdolla luotti omiin toimintatapoihinsa ja osin sivuutti kosteudenhallintasuunnitelman ehdottamat suojaustavat. Pääosin työmaan kuivatus toimi kohtalaisen hyvin ja rakenteet kuivuivat nopeasti. Kuitenkin rakennukseen tuli kosteutta lisää koko runkovaiheen ajan. Lämmitysten katkaisu helmikuussa aiheutti olosuhteiden muuttumisen sellaiseksi, että rakenteet eivät enää kuivuneet.

Kosteusmittausten mukaan kosteudet eivät suurelta osin olleet haitallisia. Tosin elementtien sisäosien kosteuspitoisuudet todistavat, että työmaalla on ollut vettä, joka on päässyt imeytymään puuhun. Rakennuksen kosteusriskeistä osa johtui rakenteellisista detaljeista, osa taas aiheutui työmaan käytännöistä. Kaikki kosteusriskit eivät olleet kovin vakavia ja osa ei edes realisoitunut tässä rakennuksessa.

Tutkimuksen tuloksina saatiin kattava kuva rakennuksen suunnitelmista ja työmaan toimintatavoista. Kosteusmittausten tulokset tukivat havaintoja. Suosituksina tulevaisuuden puukerrostalohankkeisiin olisi todellinen yhteistyö kosteudenhallintasuunnitelmassa. Rakenteellinen suojaus on kokemuksen perusteella mahdollista tietyin ehdoin. Kuivumisolosuhteet rakennuksessa on pidettävä (<60 % RH, >10 °C) ja estettävä vesivuodot sekä viistosade.

ABSTRACT

OLAVI PENTTILÄ: Moisture control process of wood framed multi-storey buildings and improving the process

Tampere University of Technology

Master's Degree Programme in Civil Engineering

Master of Science Thesis, 52 pages, 11 Appendix pages

May 2017

Major: Construction Management and Economics

Examiners: Professor Juha Vinha and Licentiate of Technology Olli Teriö

Keywords: wood construction, wood framed multi-storey building, moisture, moisture control

In Finland single-family houses are built mostly of wood. In multi-storey buildings the share of wooden frames is much lower. The aim of this research is to figure out moisture control risks in construction of wooden multi-storey buildings. In the thesis focus is on Wood City -project by SRV and Stora Enso, in where an 8-storey building with a frame made of massive LVL-elements is constructed.

Chosen research method is work site observation, which is supported by watching and measuring of conditions of construction site, photographing and interviewing the workers. In the building there were done multiple moisture measurements. The results of the measurements were also used in the research.

Property developer is making the moisture control document, in which is defined the goals for moisture control and principles for future work. The moisture control document and designer's moisture control plan work as background for moisture control plan of the construction site. Critical content for moisture decay of wood is understood to be 20 % of dry weight and the Finnish spruce is discovered to be resistant to moisture damages.

For the project a moisture control plan was made in designing phase. Still, installing contractor chose to trust their own methods for moisture protection and ignore the plan. For the most part, warming and ventilation of the building were working fairly well and structures were drying fast. Alas, some additional moisture was setting in the building for the whole framework time. Turning off the heating in February caused the conditions to turn bad regarding drying of the structures.

According to moisture measurements, the levels of moisture in wood were largely not harmful. Although higher moisture in inner parts of the elements proof that in the construction site has been water, which has absorbed into wood. Moisture risks in the building accounted to details of the structures and partly to practical matters in the site. All moisture risks were not deemed serious and some didn't even materialize in this project.

Result of the research was an extensive picture of the plans and practice of the project. Results of the moisture measurements were supporting other observations. Recommendations for future projects are more concrete co-operation in the moisture control plan. Structural weather protection is also possible based on the experiences, but with certain requirements. Drying conditions inside the building must be maintained (<60 % RH and >10 °C) and water leakages, also from the sides of the building, must be prevented.

ALKUSANAT

Työ on tehty TTY:llä työskennellen osana Juha Vinhan johtamaa rakennusfysiikan tutkimusryhmää. Kiitokset erityisesti Wood City -työmaaorganisaation henkilöstölle, jotka ovat uhranneet omaa työaikaansa ja kaikin puolin auttaneet minua sekä vastailleet kysymyksiin. Heitä olivat SRV:ltä Jarkko Liikkanen ja Woodcon:lta Magnus Andersen (Takk!) näin muutaman mainitakseni. Kiitokset myös Stora Enson hankepäälikölle Juha Siebergille avoimesta asenteesta.

Kiitos Juha Vinhalle asiantuntemuksesta ja suuri kiitos Olli Teriölle määrätietoisesta ohjauksesta.

Haluan kiittää vielä esikuviani Hunteria ja Charlesia - inspiraatiosta.

“The problem with the world is that the intelligent people are full of doubts, while the stupid ones are full of confidence.”

Tampereella, 30.5. 2017

Otto Olavi Penttilä

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
1.1	Tutkimuksen tausta	1
1.2	Tutkimustavoitteet ja rajaukset	2
2.	KOSTEUDENHALLINTA RAKENTAMISESSA	4
2.1	Puun kosteusominaisuudet	4
2.1.1	Puun kosteusmuodonmuutokset.....	6
2.1.2	Puun vaurioituminen	6
2.2	Kosteudenhallinnan prosessi	8
2.2.1	Hankesuunnitteluvaihe ja tilaaminen	9
2.2.2	Suunnitteluvaihe.....	9
2.2.3	Toteutusvaihe ja viikkosuunnittelu	10
2.3	Kosteudenhallintasuunnitelma	11
2.3.1	Kuivumisajat	12
2.3.2	Olosuhdehallinta	12
2.3.3	Materiaalien suojaaminen	13
2.4	Kosteusriskit.....	13
2.5	Puukerrostalojen kosteudenhallinta.....	14
2.5.1	Puukerrostalojen rakennusjärjestelmät	15
2.5.2	Puukerrostalojen rakentamisolosuhteet.....	16
3.	TUTKIMUSMENETELMÄT JA TUTKIMUKSEN SUORITUS.....	19
3.1	Työmaahavainnointi.....	19
3.2	Kosteusmittaukset kohteessa.....	19
4.	AINEISTO JA TULOKSET	24
4.1	Yleistä Wood City –projektista	24
4.2	Kosteudenhallintasuunnitelma	26
4.3	Työmaan aikainen kosteudenhallinta	27
4.3.1	Sääsuojaukset	28
4.3.2	Kuivatus	31
4.4	Työmaan lämpö- ja kosteusolosuhteet	32
4.5	Rakenteiden kosteuspitoisuus ja vaurioituminen	36
4.6	Kosteusriskit.....	37
4.6.1	Rakenteelliset riskit.....	37
4.6.2	Toteutuksen riskit.....	40
4.6.3	Työmaan riskienhallinta.....	44
5.	POHDINTA	46
5.1	Tulosten tarkastelu	46
5.2	Tutkimuksen tarkastelu	46
5.3	Jatkotutkimusehdotukset	47
6.	JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET	48
	LÄHTEET	50

LIITE A: WOOD CITY –PROJEKTIN KOSTEUDENHALLINTASUUNNITELMA
(VERSIO 3.1.2017)

TERMIT JA NIIDEN MÄÄRITELMÄT

Puukerrostalo

Vähintään kaksikerroksinen rakennus, jossa on useita asuntoja ja jonka kantavat runkorakenteet ovat pääosin puuta. Julkisivut ja muut rakenteet voivat olla tehty muista materiaaleista.

Massiivipuu

Tässä työssä massiivipuu tarkoittaa massiivista puurakennetta eli puusta tehtyä kiinteää rakennusosaa, joka voi olla kiinnitetty esimerkiksi liimaamalla tai naulaamalla. Myös sahatavara lasketaan yleensä massiivipuuksi.

CLT

CLT (Cross Laminated Timber) on ristiin liimattua massiivipuuta. Toimii sekä kantavana että jäykistävänä rakenteena. CLT:stä voidaan tehdä muun muassa seiniä ja laattoja massiivilevystä sekä palkkeja ja pilareita. Saksankielisissä maissa tunnetaan nimellä BSH (Brettsper Holz) tai KLH (Kreuzlagenholz).

Viilupuu

Viilupuu on sorvatuista puuviiluista yhteen liimattua massiivipuuta. Sisältää tuotteita kuten LVL (Laminated Veneer Lumber) ja kertopuu.

Suhteellinen kosteus

Ilman suhteellinen kosteus ilmoitetaan ilman sisältämän vesihöyryn suhteena prosentteina vesihöyryn enimmäismäärään vallitsevassa ilman lämpötilassa. Merkitään yleensä % RH.

Vesihöyrypitoisuus

Ilman vesihöyrypitoisuus ilmoittaa ilman sisältämänä vesihöyryn määrän grammoina tilavuutta kohti.

Home

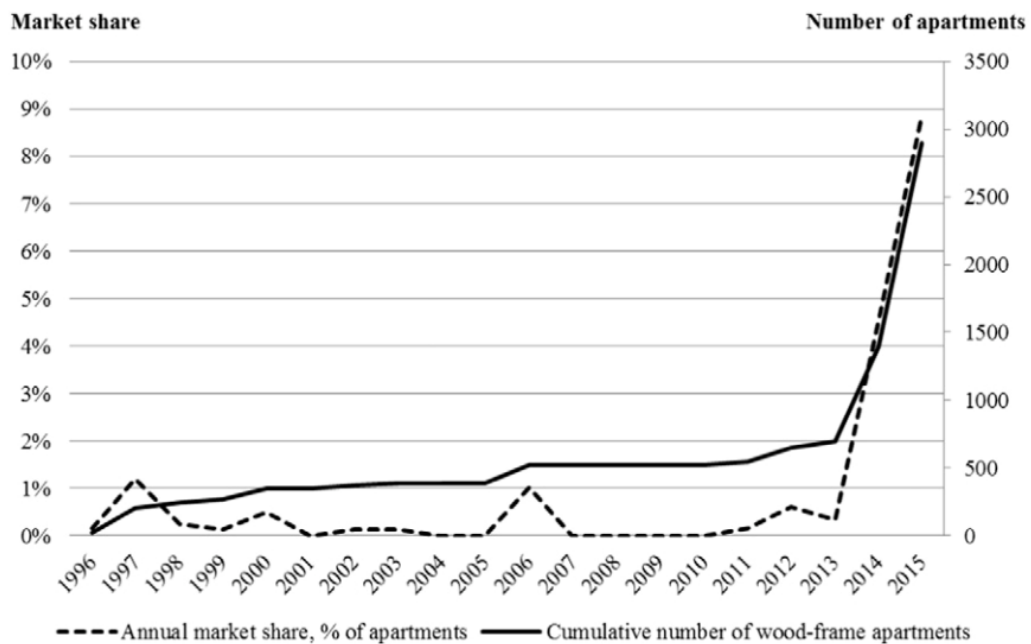
Tässä työssä termillä home tarkoitetaan yleisesti kostuneissa rakenteissa ja niiden pinnoilla kasvavia mikrobeja, kuten eri lajisia homeita, hiivoja ja bakteereja.

1. JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen tausta

Suomessa pientalot rakennetaan valtaosin puusta; esimerkiksi pien- ja rivitaloista noin neljä viidesosaa on rungoltaan puurakenteisia. Puuta kohtaan tiukkojen palomääräysten takia kerrostaloja ei kuitenkaan ole juurikaan rakennettu puurunkoisena. Tästä syystä puukerrostalojen rakentamisen käytäntö on Suomen mittakaavassa varsin uutta, sillä yli nelikerroksisia puurakenteisia taloja on saanut rakentaa vasta vuodesta 2011, jolloin palomääräyksiä on lievennetty. Tämä on mahdollistanut puukerrostalojen rakentamisen taulukkomitoituksella aina kahdeksaan kerrokseen asti ja tehnyt puusta todellisen vaihtoehdon betonille kerrostalojen runkomateriaalina.

Puukerrostalojen rakentamisessa on havaittavissa kehitystä, Suomeen on viime vuosina avattu useita CLT-tehtaita. Puukerrostalojen valmistuneiden asuntojen määrä ja markkinaosuus ovat viime vuosina olleet merkittävässä kasvussa kuvan 1.1 mukaisesti.



Kuva 1.1 Puukerrostalojen markkinaosuus Suomessa Hurmekoski et al. (2015) mukaan. Katkoviiva kuvaa puukerrostalojen markkinaosuutta asunnoissa mitattuna vuosittain ja yhtenäinen viiva on puukerrostaloasuntojen kumulatiivinen määrä.

Tavoitteena on, että rakennusten hiilijalanjälki otetaan huomioon rakentamisen säädöksissä 2020-luvun puoliväliin mennessä. Tästä johtuen puurakentamisen osuuden erityi-

sesti kerrostaloissa arvioidaan nousevan, sillä puun ympäristöystävällisyys on omaa luokkaansa verrattuna ei-uusiutuviin rakennusmateriaaleihin. Vaikka pitkälle jalostettujen puutuotteiden valmistamiseen kuuluu verrattain paljon energiaa, elinkaaritarkastelussa päästään pieniin hiilidioksidipäästöihin. Puun hiilijalanjälki on huomattavasti pienempi kuin useimmilla muilla rakennusmateriaaleilla. Se on yleensä muita runkomateriaaleja kevyempi, ja siihen sitoutuu hiilidioksidia, jolloin rakennus toimii hiilivarastona vähentäen ilmakehään vapautuneen hiilidioksidin määrää. Myös puurakentamisesta syntyvät jätteet voidaan hyödyntää biopolttoaineena, mikä vähentää kokonaispäästöjä.

Kosteusongelmien lisääntyminen rakentamisessa on saanut paljon huomiota, ja yleisesti on alettu panostamaan kosteusongelmien ehkäisyyn. Tämä on poikanut lukuisia projekteja ja siten ohjeita kosteudenhallinnan prosessiin. Kosteudenhallintaa puukerrostalorakentamisessa ei kuitenkaan ole kokonaisuutena tutkittu.

1.2 Tutkimustavoitteet ja rajaukset

Päätavoite:

Määritetään LVL -puukerrostalojen kosteudenhallintaprosessi

Osatavoitteet:

1. Selvitetään asennusvaiheen kosteusriskit
2. Dokumentoidaan Wood City -hankkeen kosteudenhallinta- ja asennusprosessit
3. Määritetään asennustyön kosteudenhallinnan ja sääsuojauksen minimitaso, eritoten elementtien ja valmiiden rakenteiden sekä pintojen suojaus
4. Kartoitetaan rakenteellisten kosteudenhallintamenetelmien mahdollisuudet (esimerkiksi voidaan välipohjilta ohjata sade- ja sulamisvedet hallitusti pois)

Tarkoitus on selvittää kosteudenhallinnan riskikohtia puukerrostalojen rakentamisessa. Työssä käsitellään SRV:n ja Stora Enson Wood City -projektin 8-kerroksista asuinkerrostaloa, jonka runko rakennetaan massiivisista LVL-elementeistä. Diplomityö on osa TTY:n, Stora Enson ja ympäristöministeriön yhteistä tutkimushanketta, jonka johtajana toimii Juha Vinha. Hankkeeseen tehdään samanaikaisesti myös toinen diplomityö kosteusmittauksiin liittyen, jonka suorittaa Sami Musakka.

Tavoitteena on selvittää puukerrostalojen kosteudenhallinnan prosessi ja erilaisia vaihtoehtoja työnaikaiseen suojaukseen. Seurannan tuloksista kehitetään ohjeistusta puukerrostalojen kosteudenhallintaan. Työssä keskitytään myös LVL-elementtien kosteudenkestävyyden ja kuivumisen erityispiirteisiin.

Aihe on rajattu työnsuunnittelu- ja toteutusvaiheen tehtäviin. Työmaa-aikainen kosteudenhallinta on käsitelty kosteudenhallinnan prosessin osana, mutta muut vaiheet, kuten

suunnitteluvaihe, on jätetty tarkemman tutkimuksen ulkopuolelle. Myös kosteusmittauksia tarkastellaan siitä näkökulmasta, kuinka ne soveltuvat työnjohdon ja työnsuunnittelun käyttöön. Tutkimus on rajattu aikataulusyistä ensimmäisen asuinkerrostalon rakentamiseen ja koskee pelkästään puurunkoa ja julkisivuelementtejä.

Työn tulokset voidaan yleistää vain talvella tapahtuvaan puukerrostalorakentamiseen, sillä kesällä ja erityisesti loppusyksyllä lämpötila ja sademäärä ovat ulkoilmassa huomattavasti korkeampia. Tämä taas vaikuttaa kosteudenhallintaan, suojaukseen ja kuivatukseen merkittävästi.

2. KOSTEUDENHALLINTA RAKENTAMISESSA

Viime aikoina rakennusalan yleinen huomio on kiinnittynyt rakennusten terveellisyyteen liittyviin vakaviin puutteisiin, kuten kosteus- ja homevaurioihin (Vinha et al. 2014). Tämä on lisännyt kiinnostusta kosteudenhallintaan ja useita hankkeita on käynnistetty asiantilan parantamiseksi. Hankkeisiin liittyen on julkaistu lukuisia kosteudenhallintaan liittyviä ohjeita tai sivustoja (Kuivaketju10.fi; Hometalkoot.fi; kosteudenhallinta.fi), jotka ohjaavat rakennusalan toimijoita ja lisäävät tietoa aiheista. Myös alan auktoriteeteilla, kuten Rakennustiedolla ja Rakennusinsinööriliitolla on useita ohjeita asiaan liittyen.

Kosteudenhallinnan käsite ymmärretään usein olevan kosteusongelmien ja siten sisäilma-ongelmien ehkäisy. Suomen rakentamismääräyskokoelman (1998) mukaan ”Rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, ettei siitä aiheudu sen käyttäjille tai naapureille hygienia- tai terveystarpeita kosteuden kertymisestä rakennuksen osiin tai sisäpinnoille.” Tätä pidetään tärkeimpänä perustana rakennusten kosteudenhallinnalle.

Puukerrostalojen kosteudenhallinta on pääpiirteissään samanlaista, kuin muussakin rakentamisessa. Kuitenkin, puu materiaalina eroa esimerkiksi betonista, teräksestä ja lasista huomattavasti, ja tämä aiheuttaa omat rajoituksensa kosteudenhallintaan. Puun materiaaliominaisuuksien ja rakentamisen erikoispiirteiden ymmärtäminen on tärkeää myös kosteudenhallinnan onnistuneen toteutuksen edellyttämiseksi.

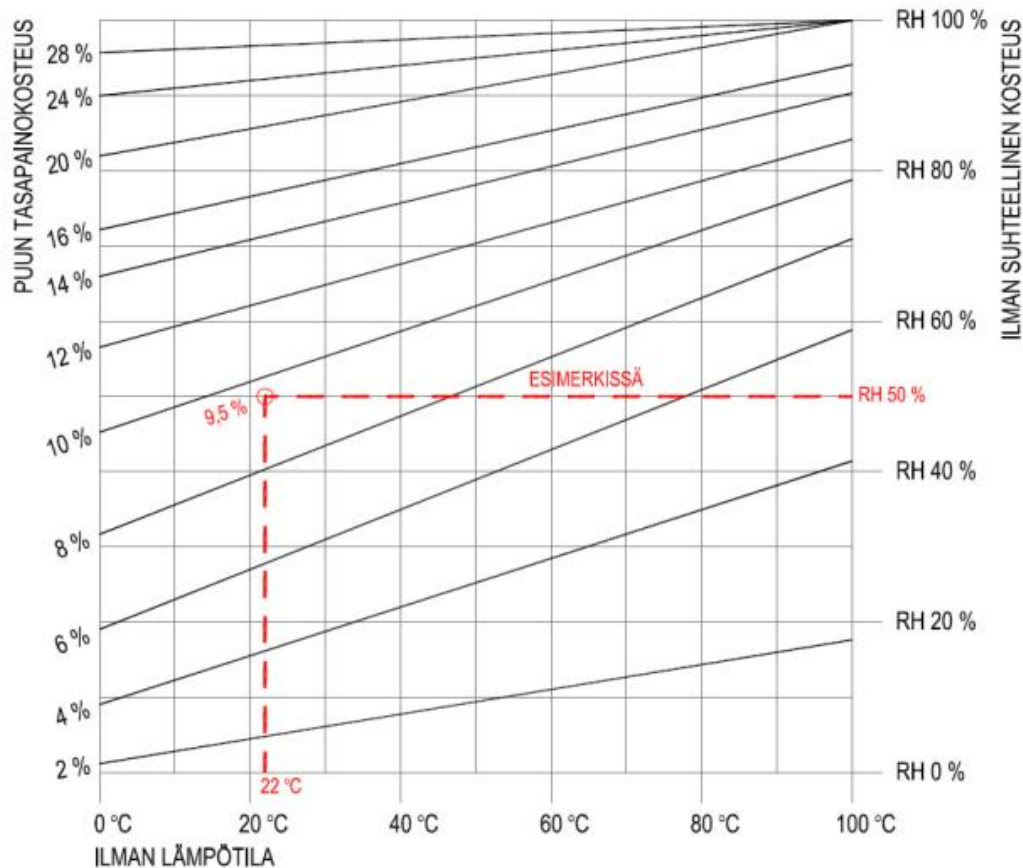
Ympäristöministeriö on tällä hetkellä uudistamassa ohjeistusta kosteuteen ja erityisesti kosteudenhallintaan liittyen. Asetusluonnoksen (Ympäristöministeriö 2016) mukaan rakennushankkeessa on – hankkeen laajuus ja laatu huomioon ottaen – tehtävä kosteudenhallinta-asiakirja ja nimetä kosteudenhallinnan valvonnasta vastaava henkilö. Asiakirjan perusteella laaditaan työmaan kosteudenhallintasuunnitelma, joka on yksityiskohtaisempi ja jossa nimetään kosteudenhallinnasta vastaava henkilö tarpeen mukaan. Menettely olisi paljolti nykyisten suositusten mukainen, mutta nykyisestä poiketen pakollinen tietyn kohteille ja laatuksille rakennushankkeille.

2.1 Puun kosteusominaisuudet

Puu on hygroskooppinen materiaali eli kuten kaikki huokoiset materiaalit, se imee ja luovuttaa kosteutta ympäröivästä ilmasta. Puu pyrkii tasaantumaa ympäröivän ilman suhteellisen kosteuden kanssa (Gamper et al. 2013). Puuhun kulkeutuu ympäristöstä vettä kolmella eri tavalla: nesteinä kapillaarisesti soluonteloiden kautta, höyrynä soluonteloiden kautta sekä molekylaarisena diffuusiona soluseinämän kautta.

Puun kosteuspitoisuudella tarkoitetaan siinä olevan veden massan ja vedettömän puun massan välistä suhdetta. Vastasahatun puun kosteuspitoisuus on yleensä 40 - 200

paino-%. Puun tasapainokosteus on ilman lämpötilaa ja suhteellista kosteutta vastaava tila, jossa puun kosteuspitoisuus pysyy vakiona. Tasapainokosteudessa on huomattavaa, että se määräytyy ilman suhteellisen kosteuden mukaan, eikä ilman vesihöyrypitoisuuden mukaan. Kuvan 2.1 taulukosta voidaan lukea puun tasapainokosteus eri lämpötilassa ja ilman suhteellisessa kosteudessa. Esimerkin 22 °C ja 50 % RH ovat käyttövaiheelle tyyppilliset olosuhteet. Esikuivattu puutavara asettuu tasapainokosteuteen yleensä parissa viikossa. (Puun kosteuskäyttäytyminen 2011)



Kuva 2.1 Puun tasapainokosteuskäyrä, kuvan esimerkissä kosteus 22 °C ja 50 % olosuhteissa (Puurakennuksen kosteustekninen hallinta 2011).

Puun syiden kyllästymispisteellä tarkoitetaan puun kosteuspitoisuutta silloin, kun soluseinämät ovat vedellä kyllästetyt, mutta soluonteloissa ei esiinny vapaata vettä. Suurimman osan suomalaisista puista kyllästymispiste +20 °C:ssa on 28-35 %. Puu alkaa kuivua kutistua, kun sen kosteuspitoisuus vähenee alle kyllästymispisteen ja vastaavasti puun kastuessa laajeneminen loppuu kyllästymispisteessä. (Kurkela et al. 1996)

2.1.1 Puun kosteusmuodonmuutokset

Puu kutistuu ja laajenee eri tavoin vuosirenkaiden säteen ja tangentin sekä syiden suunnassa. Ilmiöstä käytetään nimitystä anisotropia. Puu kutistuu kuivattaessa sitä täysin määstä absoluuttisen kuivaksi tangentin suunnassa keskimäärin 8 %, säteen suunnassa noin 4 % ja syiden suunnassa vain 0,2 - 0,4 %. Sydänpuu on aina kuivempaa kuin pintapuu, mikä tekee puun kuivatuksen haasteelliseksi. Anisotrooppisuudesta ja puun sisäisistä jännityksistä aiheutuu myös puun kieroutuminen kuivattaessa. Puun kosteuseläminen aiheuttaa esimerkiksi rakennuksen rungon painumista ja mittapoikkeamia. Lisäksi puun suuri kutistuminen tangentin suunnassa saattaa aiheuttaa suurikokoisen puutavaran halkeilua. (Puun kosteuskäyttäytyminen 2011)

Puun tiheyden kasvaessa kosteuden aiheuttama kutistuminen ja laajeneminen yleensä lisääntyvät. Puun kuivuessa sen lujuusominaisuudet paranevat. Esimerkiksi puun puristus- ja taivutuslujuus lisääntyvät noin kaksinkertaiseksi puun kuivuessa tuoreesta 12 - 15 paino-%:iin. Puun vetolujuus on suurimmillaan 6 - 12 paino-%:n kosteusilassa. Puuta kuivattaessa sen lujuusominaisuudet paranevat huomattavasti, kun kosteus alittaa syiden kyllästymispisteen. (Puun kosteuskäyttäytyminen 2011; Kurkela et al. 1996)

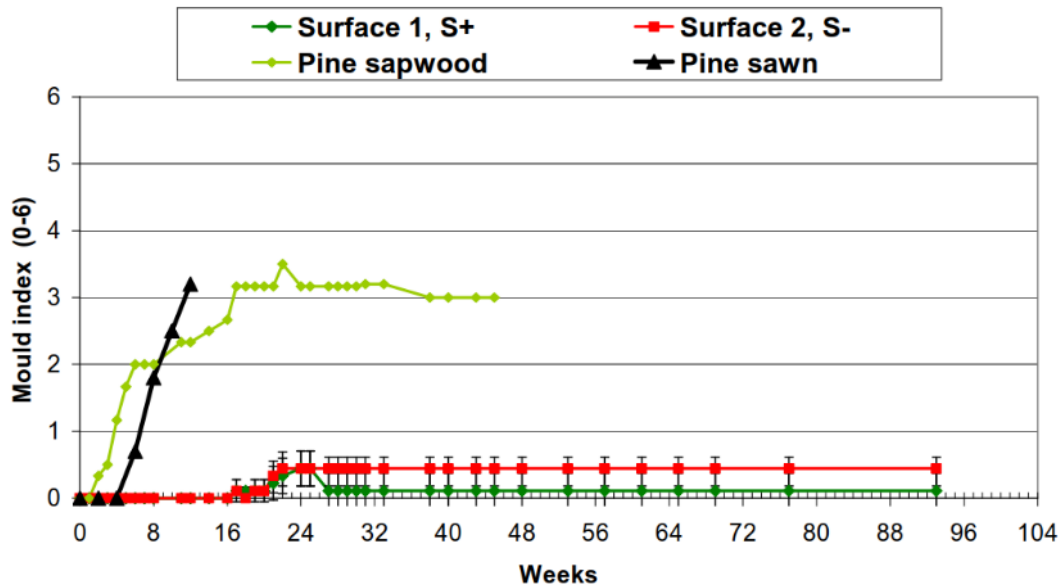
LVL:n säänkestävyys määräytyy pääosin puulajin mukaan. LVL on yhteen liimattujen lamellien ansiosta huomattavasti sahatavaraa tasalaatuisempaa ja lujempaa materiaalia. Viilupuun kosteuslaajeneminen on myös normaalia puutavaraa pienempää. Pituussuunnassa kosteuslaajeneminen tai -kutistuma on 0,01 % luokkaa kosteusprosenttia kohti ja paksuussuunnassa 0,24 % kosteusprosenttia kohti Kurkela et al. (1996) mukaan.

2.1.2 Puun vaurioituminen

Puun kosteudellisen vaurioitumisen kannalta kriittisenä rajana esitetään yleensä 20 paino-% kosteuspitoisuus (SFS-EN 335 2013; LVL Performance - Information sheet 2007). Ympäröivän ilman suhteellinen kosteus on tällöin yleensä yli 80 - 90 % RH. Tämän jälkeen puussa alkaa kehittyä hometta ja muita haitallisia kasvustoja. Puu alkaa homehtua puulajista riippuen muutamassa kuukaudessa, jos sitä ympäröivän ilman suhteellinen kosteus pysyy tänä aikana yli 80 % RH:ssa. Ilman 70 % RH:n suhteellista kosteutta voidaan pitää varman puolella olevana ohjearvona. Ilman suhteellisen kosteuden ylitettyä 90 % RH puu alkaa myös lahoata. Puun homehtumisen ja lahoamisen edellytyksenä on kuitenkin se, että lämpötila on + 0 - + 40 °C. Homeitiöt ja lahottajasienet vaativat toimiakseen lisäksi happea ja ravinteita, joita on yleensä riittävästi sekä puussa että ympäröivässä ilmassa.

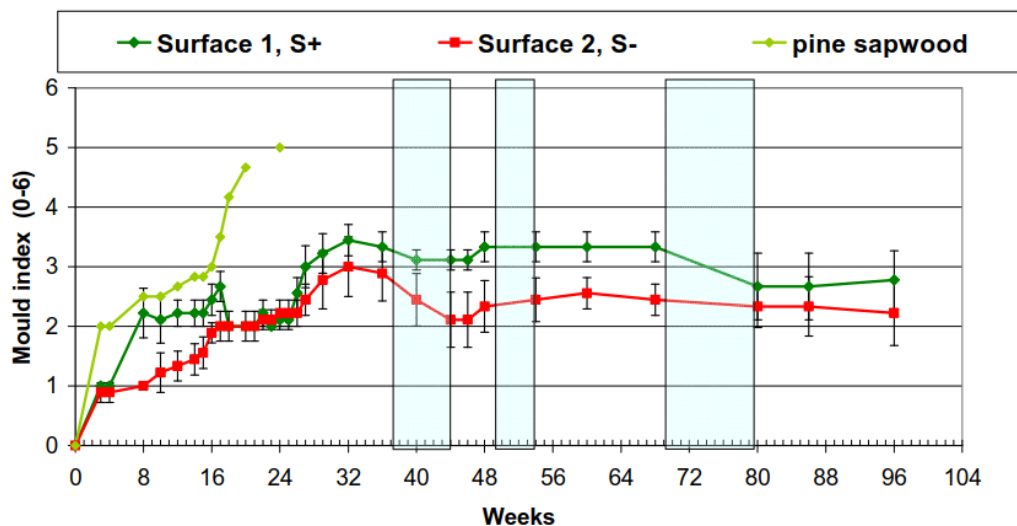
TTY ja VTT ovat suorittaneet laajan tutkimuksen, niin kutsutun Suomalaisen homemallin (Lähdesmäki et al. 2011), eri aineiden homehtumisherkyydestä. Tutkimuksesta voidaan ottaa kuusilevyn tulokset huomioon, sillä LVL on suurelta osin kuusta. Tutkimuksessa

kuusilevyn homeindeksi 89-90 % RH ilmankosteudessa ja 20-22 °C lämpötilassa (kuva 2.2) ei 93 viikon aikana noussut yli yhden, mikä on homeen kasvun alkamisen raja.



Kuva 2.2 Homeen kasvu 89-90 % RH ja 22 °C olosuhteissa, kuvan punainen käyrä on käsittelemätön kuusilevy (Lähdesmäki et al. 2011). Pystyakselilla on homeindeksi ja vaaka-akselilla aika viikkoina.

Kuitenkin olosuhteiden ollessa 97 % RH ja 22 °C, kuusilevy saavutti homeindeksin arvon 3 (näkyvä homeen kasvu, rihmasto kattaa alle 10 % pinta-alasta) noin 32 viikon aikana, kuten kuvassa 2.3. Näistä voidaan todeta, että kuusilevy kestää esimerkiksi mäntysahatarvaa enemmän homeen ja lahottajien kasvua. Kuitenkin kosteuspitoisuuden noustessa hyvin korkeaksi, materiaali alkaa homehtua.



Kuva 2.3 Homeen kasvu 97 % RH ja 22 °C olosuhteissa, kuvan punainen käyrä on käsittelemätön kuusilevy (Lähdesmäki et al. 2011). Pystyakselilla on homeindeksi ja vaaka-akselilla aika viikkoina.

Home pystyy tunkeutumaan jonkin verran puun pintaa syvemmälle, mutta se ei ole puun lujuuden kannalta haitallista. Homeen levittämät itiöt ovat sen sijaan haitallisia terveydelle, koska ne voivat aiheuttaa ihmisille erilaisia allergisia reaktioita ja lieviä myrkytysoireita, kuten esimerkiksi jatkuvaa nuhaa, huimausta ja päänsärkyä. Puu saattaa myös sinistyä, mikä on sinistäjäsiementen aiheuttamaa värjäntymistä eikä vaikuta oleellisesti puun lujuuteen tai terveydellisiin asioihin. (Puun kosteuskäyttäytyminen 2011)

2.2 Kosteudenhallinnan prosessi

Kosteudenhallinta.fi –sivusto (kosteudenhallinta.fi) esittää ohjeita rakennushankkeen kosteudenhallintaprosessiin erilaisin näkökulmin. Sivustolle on koottu tietoa mitä rakennushankkeen eri vaiheissa tulee huomioida kosteudenhallinnan kannalta, mitä kenenkin osapuolen tulee tehdä, mitä asioita eri rakenteissa tulee ottaa huomioon sekä mitä toimia kosteudenhallinnan eteen tulee tehdä. Kosteudenhallintaprosessia lähestytään neljän näkökulman kautta:

1. VAIHEET - Mitä asioita rakennushankkeen eri vaiheissa tulee huomioida kosteudenhallinnan kannalta
2. OSAPUOLET - Mitä kunkin osapuolen tulee vähintään tehdä omalta osaltaan
3. RAKENTEET - Miten tyypillisiä rakenteita toteutetaan kosteusturvallisesti ja mitkä ovat rakenteiden riskejä
4. TOIMET - Mitä suunnitelmia kosteudenhallinnan kannalta tulee tehdä

Myös alalla yleisesti käytössä oleva menetelmä Kuivaketju10 (Kuivaketju10.fi) lähestyy asiaa eri toteutusvaiheiden kautta. Eri vaiheisiin on ehdotettu toteutusohjeet ja suurimmat riskit, joiden ehkäisemiseen perustetaan koko hankkeen kosteudenhallinta.

Hometalkoot.fi –sivustolla (Hometalkoot.fi) kutsutaan kosteudenhallintaa ”rakennusten kuivanapidoksi”, mutta muuten ohjeessa on samoja periaatteita edellä mainittujen kanssa. Ohjeessa keskitytään muita enemmän myös työmaatoimintaan ja käytännön ohjeisiin. Sivuston muut julkaisut keskittyvät lähinnä kosteusvaurioiden ehkäisemiseen. Sivuston kosteudenhallintaohjeessa puhutaan ns. hallitusta kuivanapidosta.

RIL:n käsikirja kosteudenhallinnasta (RIL 250-2011) on yksi yleisimmin käytettyjä alan ohjeita aiheeseen liittyen. Ohje kuvaa seikkaperäisesti kosteudenhallinnan prosessia sekä esittää yleisiä teknisiä suunnittelu- ja toteutusperiaatteita kosteuden ja kosteusriskien hallintaan.

Suurin osa ohjeista esittää eri rakennushankkeen vaiheissa kosteudenhallinnan sisällyttämistä suunnitteluun ja toteutukseen hieman eri tavoin. Hankkeiden vaiheisiin esitetään vaihtelevia tehtäviä ja vastuita. Hankevaiheisiin jaottelun etuna on, että ohjetta lukeva saa

käsityksen tehtävistä toimista aikajärjestyksessä. Rakennushankkeen eri osapuolien työmäärät vaihtelevat rakennushankkeen edetessä ja usein sitä mukaa kosteudenhallinnan päävastuu siirtyy toimijalta toiselle.

2.2.1 Hankesuunnitteluvaihe ja tilaaminen

Rakennustuotannon kosteudenhallinta-ohjeen (Teriö et al. 2011) mukaan hankesuunnitteluvaiheessa kosteudenhallinnan toteuttaminen on rakennushankkeeseen ryhtyvän eli tilaajan tai rakennuttajan vastuulla. Tässä vaiheessa käsitellään kosteudenhallinnan yleisiä periaatteita, suuntalinjoja ja budjettivaruuksia. Tärkeintä on päättää kosteudenhallinnan tavoitetaso ja suunnittelun periaatteet. Hankesuunnitteluvaiheessa kiinnitetään huomio erityisesti rakennushankkeen erityispiirteisiin ja niiden vaikutukseen kosteuskäyttäytymiseen. Rakentamisen hankeaikataulu määrittelee paljolti suojaustarpeen ja säärasituksen määrän (Vinha et al. 2013).

Hankesuunnitteluvaiheessa esitetään, että hankkeeseen nimitetään erillinen kosteudenhallintakoordinaattori (Kosteudenhallinta – menettelytapaohje 2016) ja myös päätetään erillisten kosteudenhallinnasta tai kosteusmittauksista vastaavien henkilöiden nimittämisestä. Vaatimukset kosteudenhallinnan ja vastuuhenkilöiden pätevyksien suhteen esitetään urakka- ja suunnittelutarjouspyynnöissä (Teriö et al. 2011). Tässä vaiheessa on mahdollista laatia alustava kosteudenhallintasuunnitelma, jota kutsutaan kosteudenhallinta-asiakirjaksi (kosteudenhallinta.fi).

2.2.2 Suunnitteluvaihe

Suunnitteluvaiheessa pääsuunnittelija on vastaavassa roolissa ja johtaa suunnittelua. Tässä vaiheessa tehdään päätöksiä rakenteiden ominaisuuksista ja kosteudenhallinnan vaatimuksista. Vaiheen ensimmäisiin tehtäviin kuuluu kosteusriskien arviointi ja hallinta sekä itse suunnittelun kosteudenhallinta (RIL 250-2011).

Luonnossuunnitteluvaiheessa valitaan rakennuksen kosteusriskiluokka. Tämä vaikuttaa Kosteudenhallinnan menettelytasoon ja toimenpiteisiin. Kosteusriskiluokan määräävät kosteudenhallinnan nk. kriittiset tekijät kuvan 2.4 mukaan. Kosteusriskiluokan 1-3 perusteella valitaan joko normaali menettely tai tehostettu menettely rakennushankkeen kosteudenhallintaan.

Hankkeen vaativuus	Kosteus-riskiluokka	Esimerkkejä
Erittäin vaativa	3	Rakennukset, joissa on suuri kosteusrasitus (mm. uimahallit, kostutetut tilat, pakkasvarastot) tai ovat muuten kosteudenhallinnan suunnittelun, toteutuksen, ylläpidon tai käytön kannalta erittäin vaativia.
Normaalia vaativampi	2	Normaalia vaativammat asuin-, liike- ja toimistorakennukset. Koulut ja päiväkodit.
Normaali	1	Tavanomaiset asuin-, liike- ja toimistorakennuksia (normaalimenettely) Rakennukset, joissa on ihmisiä vain satunnaisesti tai rakennuksen suunniteltu käyttökä elinkaari on normaalia lyhyempi (kevennetty normaalimenettely).

Kuva 2.4 Hankkeen kosteusriskiluokat RIL 250-2011 (2011) mukaan.

Näiden jälkeen toteutussuunnitteluvaiheessa on vuorossa kosteusteknisesti toimivien ratkaisujen suunnittelu ja kosteudenhallintasuunnitelman laadinta. Kosteudenhallintasuunnitelman sisältöä käsitellään tarkemmin myöhemmin.

2.2.3 Toteutusvaihe ja viikkosuunnittelu

Kuten RIL:n ohjeessa (RIL 250-2011) asia ilmaistaan: ”Rakentamisen aikainen ja sen jälkeinen rakennuskosteus voi olla rakennuksen merkittävin kosteusrasitus”. Tämä tekee rakentamisvaiheesta kosteudenhallinnassa erityisen tärkeän osa-alueen. Vaiheen aikana pääurakoitsija on suurimmassa vastuussa. Työmaan kosteudenhallinnasta huolehtimaan voidaan nimittää erillinen vastaava henkilö.

Rakentamisvaiheen kosteudenhallinta tulisi olla kiinteä osa työsuunnittelua ja laadunhallintaa. Työsuunnitelmassa tulisi kuvata myös työhön liittyvät kosteustekniset toimenpiteet. Työmaalla olosuhteiden hallintaan kuuluu mm. rakenteiden suojaukset ja materiaalien varastointi. Olosuhteiden hallintaa käsitellään tarkemmin myöhempanä.

Kosteudenhallintasuunnitelman päivitys rakentamisen ja työsuunnittelun aikana kuuluu pääurakoitsijan tehtäviin. Suunnitelmien mukainen toteutus on urakoitsijoiden vastuulla ja tätä seuraamaan organisoidaan laadunvalvonta. Valvonta toteutetaan rakennuttajan ja viranomaisvalvonnan voimin.

Rakentamisvaiheen lopussa laaditaan huoltokirja, jossa siirretään muun muassa tiedot kosteudenhallinnasta ja sen toteumasta käyttäjälle. Hankkeelle voidaan myös määrittellä kosteuslaatuluokka (Kuivaketju10.fi) viiteen eri laatutekijään perustuen. Myös suunnittelu- ynnä muita asiakirjoja liittyy käyttövaiheen kosteudenhallinnan ohjaamiseen.

2.3 Kosteudenhallintasuunnitelma

Rakennuttajan laatimassa kosteudenhallinta-asiakirjassa eli alustavassa kosteudenhallintasuunnitelmassa määritetään hankkeen kosteudenhallintaan liittyvät tavoitteet ja toimintaperiaatteet jatkotyöskentelyyn. Alustava kosteudenhallintasuunnitelma täydentyy hankkeen edetessä, ja sitä päivitetään tiedon karttuessa. Rakennushankkeeseen ryhtyvä luopohjan hankkeen kosteustekniselle onnistumiselle. Hänen tulee huolehtia siitä, että hanke johdetaan, suunnitellaan ja rakennetaan siten, että kosteusongelmilta vältytään.

Rakennussuunnitteluvaiheessa tilaajan tekemää kosteudenhallinta-asiakirjaa täydennetään ja siitä muodostuu rakennussuunnitteluvaiheen kosteudenhallintasuunnitelma. Kosteudenhallinta-asiakirja sekä rakennussuunnitteluvaiheen kosteudenhallintasuunnitelma toimivat lähtötietoina työmaan kosteudenhallintasuunnitelmalle.

Suunnittelijan tulee huomioida rakenteissa myös rakennusaikainen kosteusrasitus ja suunnitella rakenteet siten, että rakennekosteus poistuu järkevässä ajassa. Toteuttaja suunnittelee kosteudenhallintatoimenpiteet rakennuttajan asettamien tavoitteiden pohjalta.

Rakentamisvaiheessa seurataan kosteudenhallintasuunnitelman toteutumista. Yksi kosteudenhallinnan tärkeimmistä dokumenteista on mittauksista saatavat mittausraportit. Mittausraportit tulee säilyttää huolellisesti esimerkiksi kosteudenhallintasuunnitelman yhteydessä. Kosteusmittauksilla voidaan ajatella olevan kolme tarkoitusta. Ensimmäinen on rakenteiden mittaaminen, jossa seurataan kosteuspitoisuutta ja varmistetaan, että materiaali on kunnossa. Toinen on työmaan olosuhteiden mittaaminen, jossa tarkistetaan, että mitään ei pilaannu ja kuivuminen on mahdollista. Kolmantena on varmistaa riittävän alhaiset kosteuspitoisuudet ennen materiaalin pinnoitusta, mikä pysäyttää kuivumisen.

Rakentamisvaiheen lopussa rakennuksen toteumatiedot siirretään omistajalle ja ylläpidosta vastaavalle osana huoltokirjaa, jolla hallitaan rakennuksen kunnan arviointia ja seuranta. Omistajalle ja ylläpidosta vastaavalle luovutetaan mm. kosteusmittauspöytäkirjat. (kosteudenhallinta.fi; RIL 250-2011)

Esimerkki työmaan kosteudenhallintasuunnitelman sisällöstä:

1. Yleistiedot
2. Laatutavoitteet
3. Kosteusriskit
4. Kuivumisajat
5. Olosuhdehallinta

6. Erityisohjeet

7. Valvonta ja mittaus

2.3.1 Kuivumisajat

Rakennuskosteuden poistumisen varmistamiseksi kosteudenhallintasuunnitelmaan kirjataan kuivumisaika-arviot. Rakennuskosteuden lähteitä ovat materiaalin sisältämä liika vesi, rakennusmateriaalin valmistamiseen käytetty vesi, rakennusaikainen sade ja työmaan vedenkäyttö. Kuivumisaikoihin vaikuttavat materiaalin kosteudensietokyky ja rakenteiden päällystettävyyys sekä työmaan olosuhteet. Tärkeintä kuivumisajat ovat betoni- ja kipsirakenteiden sekä muiden päällystettävien rakenteiden kannalta. Osiossa arvioidaan myös rakenteiden mahdollisuutta kuivua rakentamisvaiheen jälkeen. Työmaan olosuhteille voidaan esittää tarvittavat raja-arvot. (Suomen rakennusinsinöörien liitto 2011)

Kuivumista voidaan tehostaa lämmittämällä rakennetta, aiheuttamalla ilmavirtauksia kuivattavan rakenteen ympärille tai alentamalla rakennetta ympäröivän ilman suhteellista kosteutta (Ratu S-1232, 2013). Vuodenajasta ja rakennuksen ominaisuuksista riippuen valitaan tarvittavat kuivatustoimenpiteet.

2.3.2 Olosuhdehallinta

Olosuhdehallinnalla käsitetään toimenpiteet, joilla pyritään estämään rakenteiden ja rakennusmateriaalien työmaa-aikainen kastuminen sekä luomaan olosuhteet rakenteiden kuivattamiseksi (RIL 250-2011). Nämä olosuhteet tarkoittavat lähinnä oikeaa lämpötilaa ja suhteellista kosteutta. Yksi olosuhdehallinnan pääperiaatteista on myös kosteusriskien minimointi (Merikallio 2005).

Hankesuunnitteluvaiheessa tulisi päättää, suojataanko rakennus kokonaan, vai otetaanko hallittuja riskejä (Ratu S-1232, 2013). Suojausmenetelmien valintaan vaikuttavat rakennuksen ja rakennuspaikan ominaisuudet, erityisesti rakenteiden vaurioitumisherkkyys. Periaatteena on myös mahdollista pitää täysin kuivaa rakentamista, missä kosteutta ei päästetä sääsuojauksen sisään tai rakennusmateriaaleihin (Teriö et al. 2011).

Pääosin rakenteiden katsovan kuivuvan, mikäli lisäkosteuden pääsy rakenteisiin estetään, sisälämpötila on vähintään 10 °C ja suhteellinen kosteus on alle 40-50 % RH (Merikallio 2005). Kuitenkin vielä alle 60 % RH suhteellisen kosteuden arvoilla rakenteet kuivuvat kohtalaisesti ja mikäli kosteus on yli tämän arvon, kuivuminen hidastuu merkittävästi. Tuuletuksella luodaan rakenteita kuivattava ilmavirta ja poistetaan ilmaan sitoutunutta kosteutta. Tuuletus on toteutettava hallitusti, tiivistettyyn rakenteeseen järjestetystä raosta.

2.3.3 Materiaalien suojaaminen

Kosteudenhallintaan voi liittyä myös purku- ja suojaussuunnitelma, jossa esitetään rakennusosien ja rakenteiden suojaaminen (Ratu S-1232, 2013). Tämä voidaan myös esittää aluesuunnitelman tai muiden suunnitelmien yhteydessä.

Materiaalien vaurioitumisriski alenee, mikäli työmaa pidetään siistinä (Ratu S-1232, 2013). On mahdollista lähteä periaatteesta, jonka mukaan materiaalit tai rakenteet pidetään suojassa sateelta mahdollisuuksien mukaan aina asentamiseen asti (Kuivaketju10.fi). Kuivanapidon periaate (Teriö et al. 2011) esittää täysin kuivia oloja rakentamiseen, mikä on ideaalutilanne, mutta ei aina käytännössä mahdollista.

Norjan kosteudenhallintaohjeissa (SINTEF Byggforsk 2006) neuvotaan puumateriaalit suojaamaan sateelta, ja pitämään niiden kosteuspitoisuus alle 20 paino-%:ssa. Puutuotteet pitää kuivata ennen eristeiden asentamista. Mahdollisesti kastuneet elementit pitää kuivata asentamisen jälkeen. Materiaalit pitää suojata kastumista ja liian nopeaa kuivumista vastaan. Ohjeessa myös suositellaan säänsuojatelttaa herkästi vaurioituville materiaaleille.

Itävallan ohjetiedosto koskien CLT- elementtien kosteudensuojausta (Wichtige Hinweise 2012) kertoo samoista periaatteista. Elementit on toimitettava säältä suojattuna ja varastoitava suorassa ja suojattuna kosteudelta. Asennusvaiheessa elementit on suojattava säältä, kunnes riittävä säänsuojaus, kuten katto valmistuu. Kastuneet osat on kuivattava nopeasti. Ohjeessa mainitaan myös riittävän ilmanvaihdon järjestämisestä.

2.4 Kosteusriskit

Riskienhallinta on oleellisessa asemassa kosteudenhallintaa suunniteltaessa. Riskien todennäköisyyksien ja vaikutusten pienentäminen, sekä ideaalitulanteessa niiden poistaminen, ovat merkittävässä roolissa (Toivari 2011). Kosteudenhallinnan riskejä kerätään jo suunnitteluvaiheessa rakennuksen erityispiirteisiin liittyen. Apuna toimivat esimerkiksi riskilistat (Kuivaketju10.fi). Kosteusriskeinä arvioidaan rakennedetaljeja paitsi niiden kosteusteknisen toiminnan, mutta myös työmaatoteutuksen näkökulmasta (Ratu S-1232, 2013).

Alan ohjeessa (kosteudenhallinta.fi) esitetään, että kosteusriskien hallinta koostuu kolmesta vaiheesta: riskien tunnistaminen, arviointi sekä torjunta ja varautuminen. Ensiksi määritellään hankkeelle ominaiset kosteusriskit, riskien syyt ja niistä aiheutuvat seuraukset. Riskit luokitellaan niiden seurausten vakavuuden ja todennäköisyyden mukaan. Apuna voi käyttää esimerkiksi riskimatriisia (kuva 2.5). Lopuksi määritellään, kuinka kosteusriskejä hallitaan. Toteutuneista riskeistä ja toimenpiteistä niiden suhteen on hyvä pitää kirjaa.

Todennäköisyys	Seuraukset		
	Vähäiset	Haitalliset	Vakavat
Epätodennäköinen	1 Merkityksetön riski	2 Vähäinen riski	3 Kohtalainen riski
Mahdollinen	2 Vähäinen riski	3 Kohtalainen riski	4 Merkittävä riski
Todennäköinen	3 Kohtalainen riski	4 Merkittävä riski	5 Sietämätön riski

Kuva 2.5 Riskimatriisi (Työturvallisuuskeskus).

2.5 Puukerrostalojen kosteudenhallinta

Puukerrostalojen nopeampi rakentaminen perustuu teollisesti esivalmistettuihin ja huomattavan mittatarkkoihin elementteihin. Tästä syystä työmaalla käytetty aika on lyhyempi, kuin perinteisessä rakentamisessa. Suunnittelun tulee vastaavasti olla valmiimpaa elementtejä tuottaessa, kuin esimerkiksi paikalla valetuissa rakenteissa, joten suunnitteluvaihe pitenee. Puurakentamisen etuna nähdään materiaalin keveys (suhteessa lujuuteen), rakentamisen nopeus ja korkea esivalmistusaste. Nämä kolme ominaisuutta ovat toisiaan tukevia, sillä keveys mahdollistaa suuremman esivalmistusasteen verrattuna betonirakentamiseen, mikä taas vähentää työmaalla tarvittavaa aikaa. (Riala & Ilola 2014) Elementtien ja erityisesti julkisivujen mahdollisimman korkea esivalmistusaste lisää kustannustehokkuutta, vähentää rakennusajan kestoa ja säärasituksia (Gasparri et al. 2015).

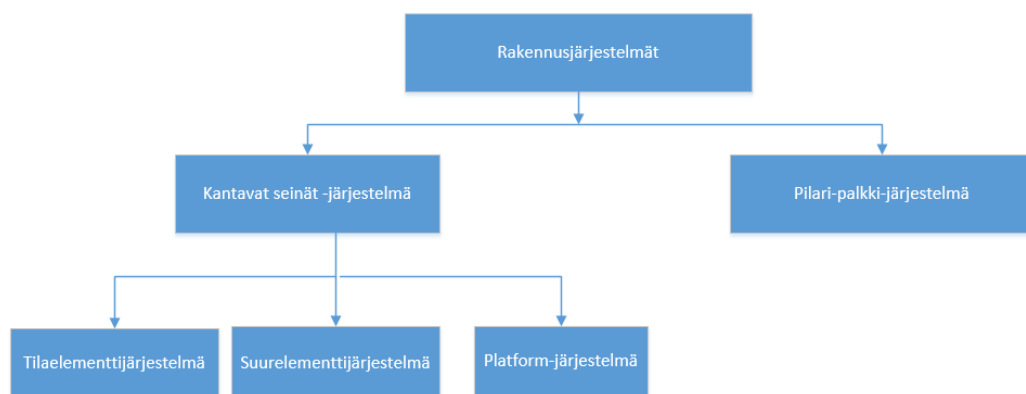
Puukerrostalojen rakentaminen on Suomessa verrattain uusi asia (Kryssi 2014). Rakentajilla ei tästä syystä ole riittävästi kokemusta puurakentamisesta (Riala & Ilola 2014). Prosessit eivät ole hioutuneet ja tarkkaa tietoa ei ole tarpeeksi. Tästä syystä puukerrostalo-kohteet ovat monella tapaa prototyyppisiä.

Puun etuna on, että betonin kuivumista ei tarvitse odottaa (Riala & Ilola 2014), mikä mahdollistaa nopeamman rungon kasaamisen. Lisäksi ei tarvitse huolehtia esimerkiksi betonivalun onnistumisesta jälkihoidolla. Betonivalujen poistuminen saa aikaan sen, ettei betonin valmistuksessa käytettyä huomattavaa vesimäärää tarvitse poistaa rakennuksesta, eli kosteuskuorma ja siten kuivaustarve pienenevät huomattavasti.

Suuri ero betonirakentamiseen on kuitenkin rungon kosteudenkestävyys. Puukerrostalon rungon asennuksen aikana tulee varmistua hyvien olosuhteiden toteutumisesta, sillä toisin kuin betoni, puu vaurioituu herkemmin kosteuden vaikutuksesta. Puumateriaali silti kastuttuaan kuivuu kohtalaisen nopeasti, joten lyhyistä ja määrältään pienistä kastumisista ei ole suurta haittaa.

2.5.1 Puukerrostalojen rakennusjärjestelmät

Puukerrostalojen rakennusjärjestelmät jaetaan yleensä kantavien rakenteiden esivalmistuksen mukaan, kuten kuvassa 2.6 on havainnollistettu. Kuvassa kantavien rakenteiden esivalmistusaste kasvaa oikealta vasemmalle siirryttäessä. Myös käytetyn puutavaran perusteella voidaan tehdä jaottelua. Nykyään käytetään lähinnä kolmea eri järjestelmää: tilaelementti-, suurelementti ja pilari-palkki-järjestelmää sekä Suomessa jonkun verran on kokeiltu myös Platform-järjestelmää (Kryssi 2014; Uudet puurakennusjärjestelmät - loppuraportti, 2012). Puukerrostalon kantava runko tulee olla puuta, mutta muut rakennusosat on tehty vaihtelevista materiaaleista.



Kuva 2.6 Puukerrostalojen rakennusjärjestelmien jaottelu. Kantavien rakenteiden esivalmistusaste kasvaa oikealta vasemmalle.

Pilari-palkkijärjestelmässä rakennuksen runko koostuu liima- tai kertopuisista palkeista ja pilareista, jotka toimivat kantavana rakenteena. Niiden varaan rakennetaan väli- ja yläpohjat sekä kevyet ulkoseinät yleensä suurelementeistä (Heikinheimo 2012). Platform on puutalojen rakennusjärjestelmä, joissa työmaalla kootaan runko yleensä määrämittaan esikatkaistuista osista. Järjestelmä on kehitetty Pohjois-Amerikassa, eikä ole kovinkaan laajassa käytössä Suomessa (Uudet puurakennusjärjestelmät - loppuraportti, 2012). Suurelementtijärjestelmä tarkoittaa, että rakennuksen kantavat rakenteet tehdään joko massiivipuuisista tai rankarakenteisista elementeistä, jotka valmistetaan teollisesti ja asennetaan työmaalla. Massiivipuuraaka-aineena on yleensä jokin niin kutsutuista insinööripuutuotteista niiden korkean lujuuden ja pienien muodonmuutosten takia. Tällaisia insinööripuutuotteita ovat esimerkiksi CLT, LVL ja MHM (=Massivholzmauer). Myös hirsirakentaminen kuuluu massiivipuuhun, mutta suurten painumien takia hirsistä ei ole juurikaan valmistettu kerrostaloja (Kryssi 2014). Tilaelementtijärjestelmässä rakennus kootaan erikseen tehtailla valmistetuista tilayksiköistä (Puukerrostalo 2012). Näihin asennetaan tehtaalla ikkunat, LVIS-varustus ja kalusteet. Tilaelementin kantava runko rakennetaan yleensä CLT- tai LVL-levyistä tai rankarunkoisena. Teolliseen rakentamiseen on kehitetty avoin puuelementtistandardi eli RunkoPES, jonka tarkoituksena on tehdä eri mitoitus- ja liitosjärjestelmät yhteensopiviksi keskenään.

2.5.2 Puukerrostalojen rakentamisolosuhteet

Puukerrostalojen rakentaminen eroaa betonirakenteisista kerrostaloista monilla tavoin. Materiaalit ovat kevyempiä ja helpommin käsiteltäviä. Puukerrostaloissa elementit joudutaan kiinnittämään. Kiinnitysten ja muokkausten tekeminen on usein helpompaa kuin betoniin, johtuen puun paremmasta työstettävyydestä. Puukerrostalojen kosteudenhallintaan on käytännön ohjeita (Puurakennuksen kosteustekninen hallinta 2011) ja myös kansainvälisiä, jo valmistuneita projekteja on tutkittu (Serrano 2009; Rosenkilde et al. 2008) asiaan liittyen.

Puisten elementtien kosteuspitoisuus tulee jo tehtaalla todentaa ja dokumentoida. Valmiit elementit suojataan kauttaaltaan peittein ja kuljetetaan työmaalle katetuissa rekoissa. Tuotteet tulee tarkastaa kunnon ja kosteuspitoisuuden osalta vastaanottaessa. Työmaalla puun varastointiaika tulisi olla mahdollisimman lyhyt ja siirtoja mahdollisimman vähän. Jos välivarastointia joudutaan tekemään, tulisi elementit säilyttää kuivalla paikalla, maasta irti, suoralla alustalla ja sateelta suojassa. Myös työmaalla pidempään varastoitavien rakennustarvikkeiden tulisi olla säältä suojassa esimerkiksi katoksen alla.

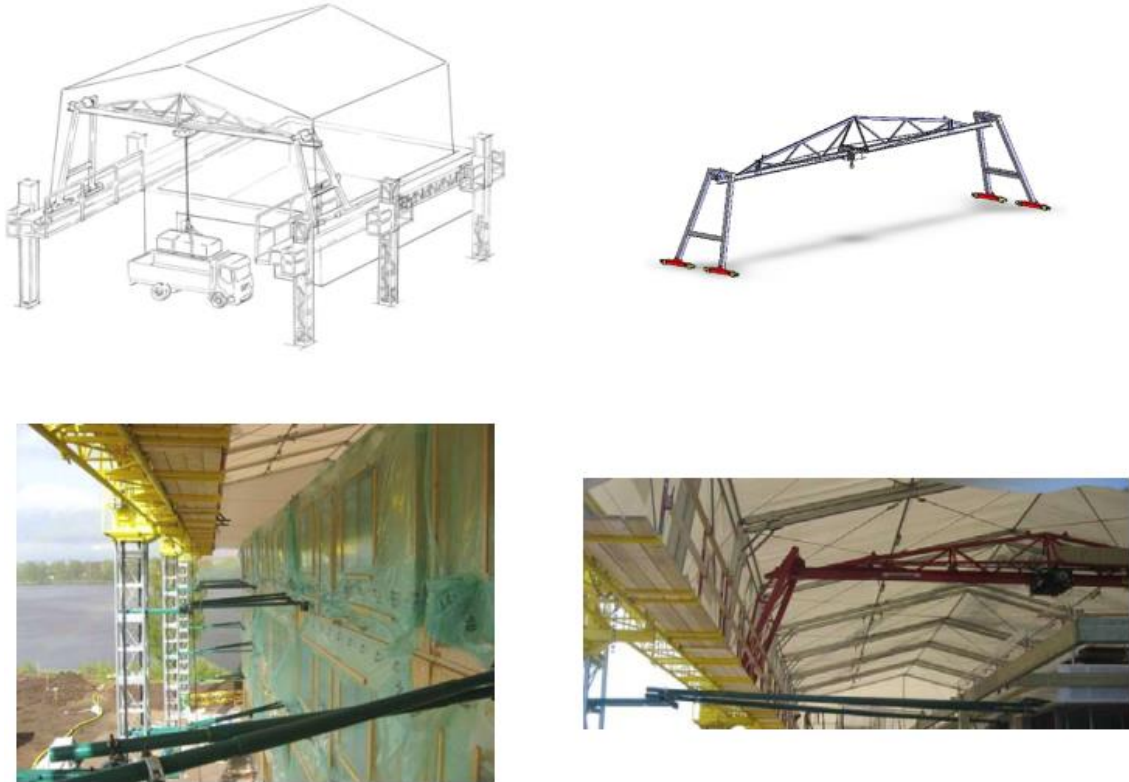
Asennustyö suositellaan useassa lähteessä (SFS 5978; Heikinheimo 2012) tehtäväksi säältä suojassa. Tällä tarkoitetaan yleensä sääsuojatelttaa tai sadekatetta. Jos telttaa ei ole, on asennetut tuotteet ja liitokset suojattava kosteudelta. Suosituksena on tällöin, että elementtien sääsuojia ei poisteta kuin juuri ennen asennusta tarvittavilta osin. Tämä saattaa tosin asennuksen kannalta olla vaikeaa ja hidastaa työtahtia. Sääsuojaukset kokonaisuudessaan tulisi poistaa vasta kun rakennus on valmis kestämään käytön aikaisen saderasituksen. Asennustyön nopeus on kuitenkin tärkein kosteutta vähentävä tekijä. Periaatteena on, että mahdollisuus rakenteiden kastumiseen tulee minimoida. Myös työntekijät on syytä perehdyttää riittävästi kosteudenhallinnan menettelyihin (Puurakennuksen kosteustekninen hallinta 2011).

Norjassa vuonna 2016 valmistunut Moholt 50|50 (Vatne 2016) on projekti, jossa Trondheimiin rakennettiin viisi 9-kerroksista puukerrostaloa. Kerrostalojen kantava runko rakennettiin CLT-massiivielementeistä ja projekti on voittanut muun muassa Norjan vuoden 2016 puurakentamisen palkinnon. Projekti on Euroopan suurin massiivipuuprojekti. Rakennus toteutettiin ilman sääsuojatelttaa taivasalla (kuva 2.7).



Kuva 2.7 Puukerrostalon rungon asennusta taivasalla Moholt 50/50 -projektissa (Kunø 2016).

Ruotsissa on rakennettu Limnologen –niminen projekti (Serrano 2009), jossa rakennettiin neljä kahdeksankerroksista puukerrostaloa, joiden kerroksista seitsemän oli puuta. Rakennuksen runko valmistettiin pääosin CLT-massiivielementeistä. Sääsuojausena työmaalla oli kuvan 2.8 mukainen sääsuojelaitteisto, jota oli mahdollista nostaa aina kerroksittain. Katoksessa oli integroituna hallinosturi. Lisäksi elementit oli suojattu erillisillä suoja-uovoilla.



Kuva 2.8 Limnologenin kerrostalojen sääsuojausmenetelmät ja integroitu hallinosturi (Serrano 2009).

Limnologen –projektista saadut kokemukset voidaan tiivistää asennusten osalta siten, että keskimäärin asennusajat lyhenivät kerroksittain ja rakentamisen edetessä. Keskimäärin yhden kerroksen elementtien asentamiseen oli kulunut 10 päivää. Kosteudenhallintaan kiinnitettiin erityishuomiota, ja sääsuojateltan ansiosta rakentaminen toteutui ilman kosteusongelmia. Elementtien toimitus, erityisesti puutteet toimituksissa ja laadussa (eli mitapoikkeamat ja vauriot) olivat tärkeimmät asennuksen hidastuksia aiheuttavat tekijät. Myös sääsuojaus ja sen nostaminen kahden viikon välein vaikutti asennusnopeuteen.

Toinen ruotsalainen kohde Rydebäck (Rosenkilde et al. 2008) Helsingborgissa on vuosina 2006 - 2007 rakennettu viisikerroksinen pääosin kertopuisista rankaelementeistä rakennettu puukerrostalo. Sääsuojana Rydebäckin työmaalla käytettiin telttä, joka myös nostettiin kahden kerroksen välein. Tästä huolimatta työmaalla oli joitakin kosteusongelmia, joissa kertopuisten elementtien puunkosteudet olivat yli 20 painoprosenttia. Rakennusprosessi viivästyi odottamattomien kosteusolosuhteiden pidentämien kuivumisaikojen vuoksi.

3. TUTKIMUSMENETELMÄT JA TUTKIMUKSEN SUORITUS

Tässä tutkimuksessa tärkeimmäksi tutkimusmenetelmäksi valittiin työmaahavainnointi tutkittavan aiheen monimutkaisuuden vuoksi. Kyseessä on kvalitatiivinen tutkimus ja tutkimuksen lähestymistapana on tapaustutkimus (Aaltola et al. 2010; Gillham 2010). Havainnoinnin tukena on projektin osapuolien haastattelua. Toisena menetelmänä on kirjallisuuskatsaus. Työssä case-kohteena on Wood City –hankkeen puuelementtirunkoisen kerrostalon rakentaminen Helsingin Jätkäsaareen. Työssä seurattiin myös samaan aikaan tehtävien kosteusmittaustutkimuksen tuloksia.

3.1 Työmaahavainnointi

Työmaakäyntejä suoritettiin Helsinkiin kevään 2017 aikana yhteensä yhdeksän. Ensimmäinen käynti oli 26.1., jolloin asennettiin viidennen kerroksen seinäelementtejä ja viimeinen 5.5., jolloin runko oli jo valmiina ja sisätyöt sekä julkisivuelementtien asennus olivat käynnissä. Huolimatta viivästyksistä asennuksen aikataulussa, työssä saatiin siis kattava kuva runkovaiheen töistä ja julkisivujen asennuksesta.

Työmaalla havainnointi käsitti työmaan olosuhteiden aistinvaraisen seurannan ja mittauksen, valokuvaamisen ja havainnoinnin sekä työntekijöiden haastattelun. Näin selvitetiin käytännössä tapahtunut kosteudenhallinnan taso, organisaation käsitys tilanteesta ja olosuhdehallinnan toteutuminen. Projektin piirustuksia ja suunnitelmia tutkittiin sekä kosteusmittausten tuloksia seurattiin.

Työmaakäynnillä tarkkailtiin työn edistymistä ja työmaan tilannetta. Rakennuksen sisällä kirjattiin kosteus- ja lämpöolosuhteet sekä tutkittiin rakennusta kosteuden kannalta. Eri-tyisesti tuuletuksen, lämmityksen ja suojauksen järjestelyt sekä selkeästi kosteat kohdat tutkittiin tarkemmin ja kirjattiin ylös. Eri-tyisistä paikoista otettiin valokuvia. Suunnitelmia tutkittaessa ja tutkimusryhmän kesken keskustellessa esille nousseita asioita haasteltiin työntekijöiltä.

3.2 Kosteusmittaukset kohteessa

Rakennuksessa tehtiin kosteusmittauksia usean eri tahon toimesta. RF-SensIT Oy oli palkattu suorittamaan puurungon kosteusmittaukset kerroksittain. Yhtiö teki seuranta-mittauksia porareikiin tehtävinä suhteellisen kosteuden mittauksina, jotka mittaavat elementin sisässä olevan kosteuspuiteisuuden tietyllä syvyydellä sekä olosuhdemittauksia, jotka mittaavat työmaan sisäilman suhteellista kosteutta ja lämpötilaa. RF-SensIT:n mittaukset olivat 3. kerroksesta ylöspäin kerroksittain ja sijaitsivat samoissa kohdissa.

SRV:llä oli omat olosuhdemittaukset useassa paikassa. Näitä mittauksia asennettiin seinille seuraamaan lähinnä sisätilojen lämpötilaa, kuten kuvassa 3.1. SRV:n mittarit olivat mallia Controlant CO 03.02 Humidity & Temperature Logger.



Kuva 3.1 SRV:n käyttämä mittari rakennuksen 5. kerroksen huoneen seinässä.

TTY suoritti kattavan kosteusmittaustutkimuksen porareikätekniikalla. Mittaustutkimuksessa seurattiin enimmäkseen puuelementtien kosteuspitoisuuksia dataloggereiden avulla paikoissa, missä ei ollut muita mittauksia, tai mitkä muuten katsottiin kriittisiksi vaurioitumisen kannalta.

Kohteessa mitattiin myös piikkimittauksia, ilmeisesti testausmielessä ja myös kohdentamaan tarkemmat porareikämittaukset tai näytepalat. Näitä teki lähinnä Sweco.

Tämän työn havainnointiin kuului työmaan ilman olosuhdemittauksia Testo 605-H1 –mallisella ilman kosteus- ja lämpötilamittarilla (kuva 3.2). Työssä arvioitiin myös erilaisien rikkomattomien mittausmenetelmien käyttöä kohteeseen. Tällaisia olivat kaksi erimallista resistiivistä piikkimittaria ja kapasitiivinen pintakosteusmittari. Kosteusmittarien toimintaa tarkasteltiin lähinnä kuivatuksen ja kosteudenhallinnan seurannan sekä laadunvalvonnan näkökulmasta.



Kuva 3.2 Testo 605-H1 ilman kosteus- ja lämpötilamittari, jolla tehtiin diplomityön mittauksia työmaalla.

Piikkimittauksia tehtiin ensin Mastech MHM-6900 piikkikosteusmittarilla. Mittaustulosten vertailuksi mittauksia tehtiin myös erilaisella, kuvan 3.3 mukaisella piikkikosteusmittarilla, joka oli mallia Gann Hydromette HT 95. Kosteusmittareiden ohjeiden mukaan kosteus tulisi mitata puussa vähintään noin 5 mm syvyydeltä. LVL-levyjen viilut ovat kuitenkin vain 3 mm paksuja, joten mittarin piikin lävistävät liimasauman, joka saattaa vääristää mittauksia. Mittauksia suoritettiin samasta kohtaa useita, jotta nähtäisiin tulosten luotettavuus. Mastech-mittari antoi LVL-seinäelementin syrjäpinnalta hieman vaihtelevia tuloksia. Gann-mittarin tulokset samasta kohtaa vaihtelivat jopa 4,0 paino-% mittauksien välillä. Samasta viilusta mitattuna mittarit antoivat enemmän samansuuntaisia tuloksia, mutta muutama selvästi virheellinen (jälleen noin 4 paino-% ero) erottui joukosta. Myös tulokset eri mittarien välillä vaihtelivat yleensä 2-5 paino-% molempiin suuntiin, vaikka molemmat oli säädetty mittaamaan kuusen kosteuspitoisuutta.



Kuva 3.3 Piikkimittari Gann toiminnassa.

Kapasitiivinen pintakosteusmittari antoi myös hyvin vaihtelevia tuloksia riippuen hieman mittauskulmasta, mittaussuunnasta ja muista seikoista. Samalta kohtaa mitattuna samalla tiheysasetuksella vaihtelu oli yleensä $\pm 1,0$ paino-% suuruusluokkaa, mutta myös muutama selvästi eroava tulos mitattiin. Näiden kokeiden perusteella LVL-levyjen kosteuspiitoisuuden mittaus piikki- ja pintakosteusmittauksilla oli kovin epäluotettavaa. Joitain eroja kosteuspiitoisuuksissa (erityisesti leikkauspinoilla) on ehkä mahdollista kartoittaa, mutta saatuihin kosteusprosenttien arvoihin on syytä suhtautua varauksella. CLT:n mittaaminen sen sijaan onnistuu, johtuen puun suuremmasta osuudesta ja liimakerrosten vähäisyydestä. Tästä esimerkki Mastech-piikkimittarilla mitattuna kuvassa 3.4.



***Kuva 3.4** Mastech-piikkimittari ja mittaus CLT-pilarista, josta saatiin oikean suuntainen tulos.*

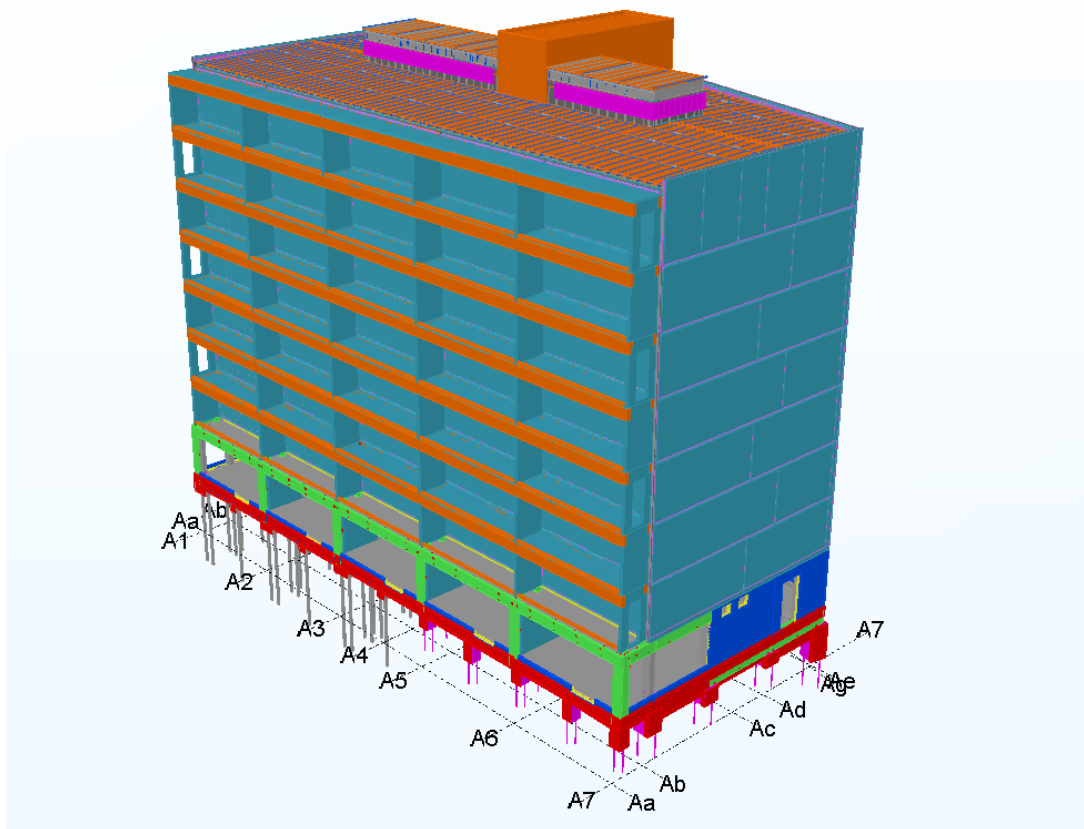
Puun kosteuspitoisuuden varmistamiseksi ja vertaamiseksi porareikämittausten tuloksiin työmaalla otettiin elementeistä poraamalla näytepaloja. Nämä näytepalat otettiin Swecon toimesta ja niiden kosteuspitoisuus mitattiin punnitus-kuivatus-menetelmällä. Myös TTY:n tutkimuksissa suoritettiin punnitus-kuivatus-mittauksia.

4. AINEISTO JA TULOKSET

4.1 Yleistä Wood City –projektista

Wood City on Helsingin Jätkäsaaren rakennettava puurakennuskortteli, jolla on muun muassa oma internetsivu www.woodcity.fi ja oma Facebook-sivu. Tässä työssä keskitytään hankkeen ensimmäiseen vaiheeseen, puurunkoiseen asuinkerrostaloon. Kerrostalon tilaajana on Helsingin kaupungin asuntotuotantotoimisto ATT ja kokonaisvastuuraikennus- eli KVR-urakoitsijana SRV Rakennus Oy. Puurungon toimittaa Stora Enso Oy, jolla asennusurakoitsijana on norjalainen yritys Woodcon AS. Projektin rakennesuunnittelusta vastaa Sweco.

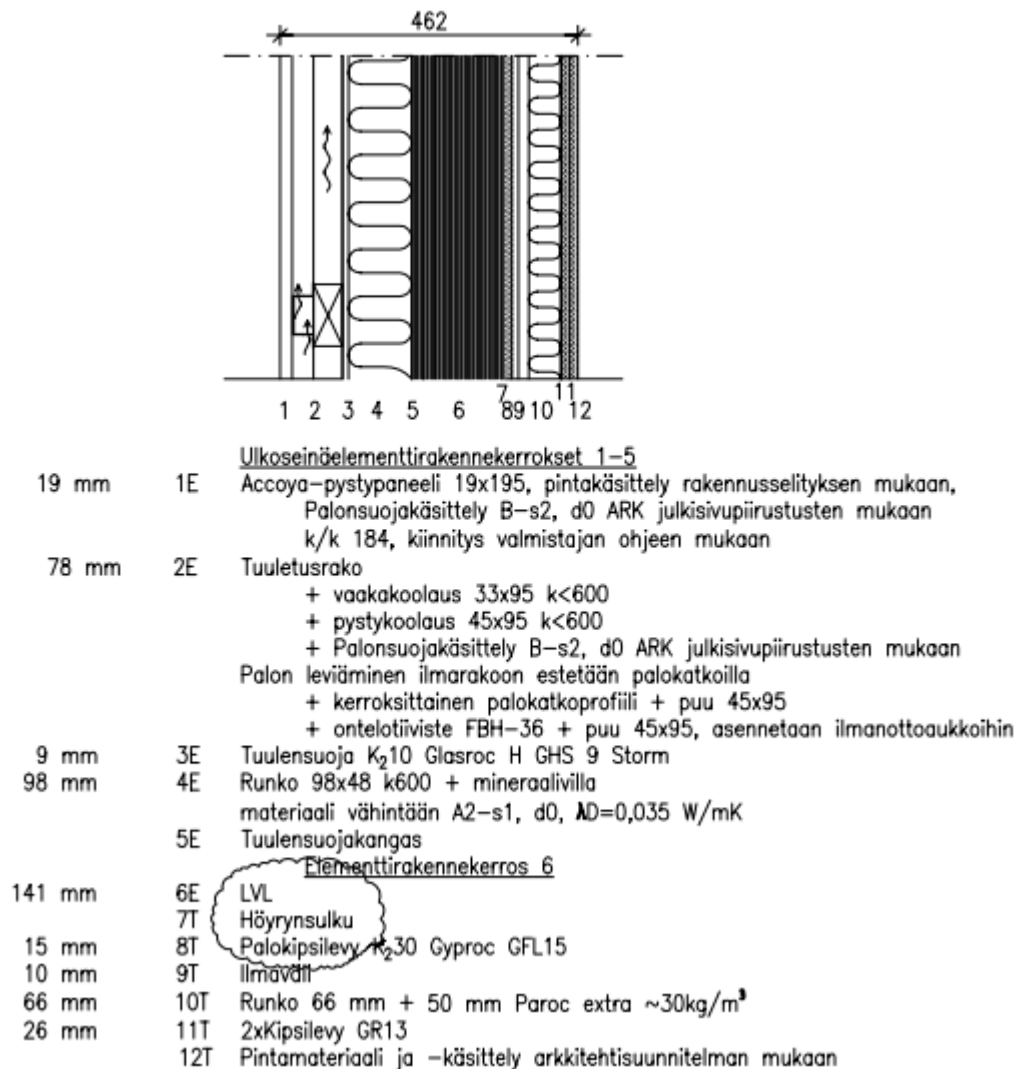
Työn seurantaosuuden aikana ensimmäisen puurungon kerrostalon, B-talon puurungon asennustyöt oli jo aloitettu ja ne saatiin myös päätökseen. Kuvassa 4.1 näkyy havainnollistava kuva rakennuksen tietomallista. Suunnitelmiltaan identtisen A-talon asennukset aloitettiin myös diplomityön seurannan aikana. Tässä työssä keskitytään tarkemmin B-talon ominaisuuksiin ja kokemuksiin rakennusvaiheesta.



Kuva 4.1 Puukerrostalon tietomalli Tekla BIMsight –ohjelmassa.

Kuten puukerrostaloissa yleensä, rakennuksen kellarikerros ja ensimmäinen kerros on valettu betonista. Puisen rungon kantavat seinät ovat Stora Enso LVL X-generation -massiivipuu-elementeistä valmistettuja. Myös välipohjat ovat LVL:stä rakennettuja ripalattaelementtejä. Rakennuksen rungossa on käytetty CLT-palkkeja ja pilareita osana jäykistävää runkoa esimerkiksi porrashuoneiden kohdalla. Massiivielementit työmaalle tulevat Stora Enson tehtaalta Varkaudesta.

Julkisivuelementit ovat puurankarakenteisia massiivielementtejä, joissa eristykset ovat valmiina. Ne kiinnitetään päädyssä kantavien LVL-elementtien ulkopintaan ja pitkällä sivuilla kevyet LVL-levyt poistetaan ennen julkisivuelementin asennusta. Seinien sisäpuolelle rakennetaan työmaalla höyrynsulku, puinen rankarunko ja kipsilevyrakenne. Kuvassa 4.2 kantavan seinän rakenne valmiina.



Kuva 4.2 Kantavan ulkoseinän leikkaus valmiina, julkisivuelementin ja sisäpinnan rakenteiden asennuksen jälkeen.

Stora Enso on suorittanut omassa laboratoriossaan kuivumis-kastumiskokeen LVL-elementeille (Stora Enso Wood Products Oy). Tässä kokeessa LVL:n eri pintojen päälle kohdistettiin erilaista kosteusrasitusta ja tulokset osoittivat, että leikatuilta syrjäpinnoilta elementti imee nopeasti vettä ja sivujen lapepinnalta kastuminen on hidasta. Tosin jos vettä pääsee paksun elementin sisään, kuivuminen kestää pitkän aikaa. Tästä syystä leikkauksipinnat käsitellään hydrofobisella pinnoitteella veden imeytymisen hidastamiseksi. Testissä todettiin myös, että porareikämittaukset eivät korreloineet kuivausmenetelmän kanssa ja että piikkikosteusmittauksista ei saa luotettavia tuloksia.

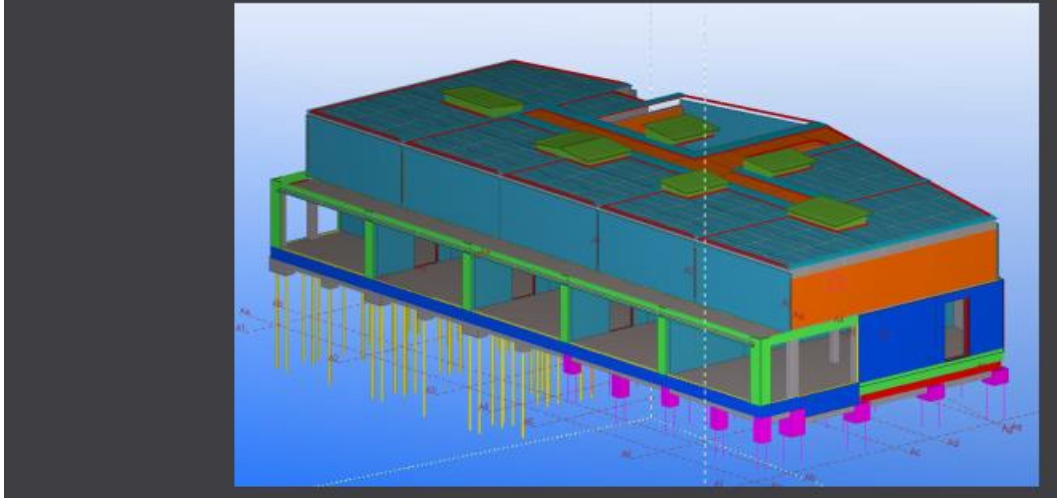
4.2 Kosteudenhallintasuunnitelma

Kerrostalojen kosteudenhallintasuunnitelman laati pääsuunnittelijaosapuoli Sweco SRV:n tilauksesta. Ensimmäinen varsinainen kosteudenhallintasuunnitelma on tehty jo ennen rakentamisen aloittamista. Tämä suunnitelma on esitetty liitteessä A. Myös kosteusmittausuunnitelma raja-arvoineen tehtiin samalla kertaa. Suunnitelmia täydennetään ja kehitetään rakentamisen edetessä kaikkien osapuolien (Sweco, Stora Enso ja SRV) toimesta. Kosteudenhallintasuunnitelmasta tehtiin uusi versio B-talon kokemusten perusteella A-talon kosteudenhallintaa silmällä pitäen.

Hankkeessa ei ole nimetty kosteudenhallintakoordinaattoria, mutta Jarkko Liikkanen on pääurakoitsija SRV:n toimesta työmaan kosteudenhallinnasta vastaava henkilö ja Magnus Andersen Woodcon AS:stä vastaa puurungon osalta kosteudenhallinnasta. Kosteudenhallintasuunnitelman mukaan kuivatus ja suojaus sekä muiden, kuin puuosien kuivausketju kuuluivat SRV:n vastuulle.

Ensimmäisessä kosteudenhallintasuunnitelmassa on mainittu työmaan runkovaiheen aikaiseksi ilman kosteuden tavoitearvoksi alle 75 % RH. Lisäksi mainitaan, että alempia kerroksia tulee lämmittää, jotta ne eivät kastu liikaa. Myöhemmin suunnitelmassa kerrotaan, että kuivatuksen aikana, lämmöneristysten valmistuttua, sisäilman lämpötila tulisi olla yli 10 °C ja ilman suhteellisen kosteuden 45-55 % RH. Suunnitelmassa kuvataan rakennuksen suojausmenetelmiä, kuten kumikaistojen ja suojakatosten käyttöä kuvan 4.3 mukaisesti ja varastoinnin periaatteita sekä toimintaa vesivahinkotilanteessa.

3. KRS PADOTUSPUUT, KEVYTKATOKSET, EPDM1



Kuva 4.3 Ensimmäisen kosteudenhallintasuunnitelman mukaisia suojausmenetelmiä. Punaiset kaistat ovat EPDM-kumisia suoja liitoksille.

ATT:lla on myös oma konsultti kosteudenhallintaan ja rakennusfysiikkaan liittyvissä asioissa (=rakennuttajan kosteustekninen asiantuntija). Hän on tehnyt tarkastuskierroksia ja antanut arvioita työmaan kosteudenhallinnasta. Helsingin kaupungin rakennusvalvonta on koko projektin ajan ollut aktiivinen, heille lähetetään viikoittain raportti kosteudenhallinnan onnistumisesta SRV:n toimesta.

4.3 Työmaan aikainen kosteudenhallinta

Ensimmäinen kosteudenhallintasuunnitelma oli hieman ylimalkainen, eikä sisältänyt varsinaisesti paljoa konkreettista tietoa työmaalla ilmenevistä kosteudenhallinnan toimenpiteistä. Myös kerroskohtaisesti suunnitellut holvin suojaustoimenpiteet olivat melko työteliäitä ja olisivat toteutettuna hidastaneet jo myöhästyneitä elementtiasennuksia merkittävästi. Woodcon työnjohtajansa Magnus Andersenin johdolla luotti omiin, vakiintuneihin toimintatapoihinsa ja suurelta osin sivuutti kosteudenhallintasuunnitelman ehdottamat suojaustavat. Näistä toimintatavoista ei ollut kirjallista suunnitelmaa, mutta työtavat selvitettiin haastattelemalla ja havainnoimalla.

Woodcon:n työnjohtaja Magnus Andersen kertoi haastattelussa olleensa Norjassa mukana useissa puukerrostaloprojekteissa, jotka tosin olivat pääsääntöisesti CLT:stä tehtyjä. Hänen mukaansa Norjassa on tapana rakentaa ilman sääsuojausta nopealla tahdilla puurunkoisia rakennuksia, joissa muutamaa kerrosta runkoasennuksia alempana voidaan jo asentaa julkisivuja eristeineen ja saada rakennus lämmitykseen ja kuivumaan nopeasti. Asennusvauhdiksi hän mainitsi keskimäärin kerroksen viikkoa kohden.

Työmaalla asennukset etenivät pääsääntöisesti niin, että elementit tuotiin mahdollisimman myöhään työmaalle ja nostettiin kuljetuksesta pihalle odottamaan asennusta niin, että

varastointiaika olisi mahdollisimman lyhyt. Elementit olivat suojattuna kosteudelta muoveissa ja ne asetettiin irti maasta puiden päälle tasaiselle pihalle kuvan 4.4 mukaisesti. Elementtien suojaukset avattiin jonkin aikaa ennen paikalle nostoa ja asennusta. Pääsääntönä oli, että elementit eivät ole yli päivää avoimena työmaalla, vaan jos asennukset viivästyvät, ne on suojattava. Kun kantavat seinät saatiin asennettua, tavoitteena työmaalla oli asentaa seuraavan kerroksen lattia mahdollisimman nopeasti, jotta sade saataisiin ohjattua edes osittain pois rakennuksen sisältä.



Kuva 4.4 Puuelementtien varastointia työmaalla suojattuna.

Asennustyön tekijöillä vaikutti olevan selkeä käsitys kosteudenhallinnan tilanteesta ja vaatimuksista haastattelujen perusteella.

4.3.1 Säsuojaukset

Työmaan säsuojaus hoidettiin pääosin rakenteellisen suojauksen keinoin. Tämä tarkoittaa, että kantavat seinät ja laatat suojaavat sisempiä osia kosteudelta. Kantavien rakenteiden aukot suojattiin vanerilevyillä jo asennusvaiheessa. Vanerilevyjen tarkoitus on lähinnä peittää aukot, jotta niistä ei sada sisään ja toimia myöhemmin putoamissuojina. Kiinnitykset vanereissa eivät aina olleet kovin tiiviitä, vaan käytävälle tihkui usein vettä. Kuvassa 4.5 näkyy aukkojen levyillä suojauksen periaatteita.



Kuva 4.5 Käytävän ja kylpyhuone-elementtien aukot on peitetty vanerilevyillä sadeveden valumisen ehkäisemiseksi.

Myös avonaiset pitkät julkisivut suojattiin kevyillä LVL-levyillä, jotka kiinnitettiin laudoilla ja kulmarauodoilla kuvan 4.6 mukaisesti. Levyjen alareunat tiivistettiin vaahtomuovikaistalla, mikä ei joka kerroksessa ollut aina täysin tiivis. LVL-levyt oli alun perin suunniteltu jätettäväksi seinärakenteen sisään, mutta kosteusriskien vähentämiseksi ne kuitenkin irrotettiin ennen julkisivuelementin asennusta. Tämä johtui siitä, että levyjen kuivuminen julkisivun asennuksen jälkeen olisi hankala varmistaa.



Kuva 4.6 Julkisivun kevyiden LVL-levyjen asennusta.

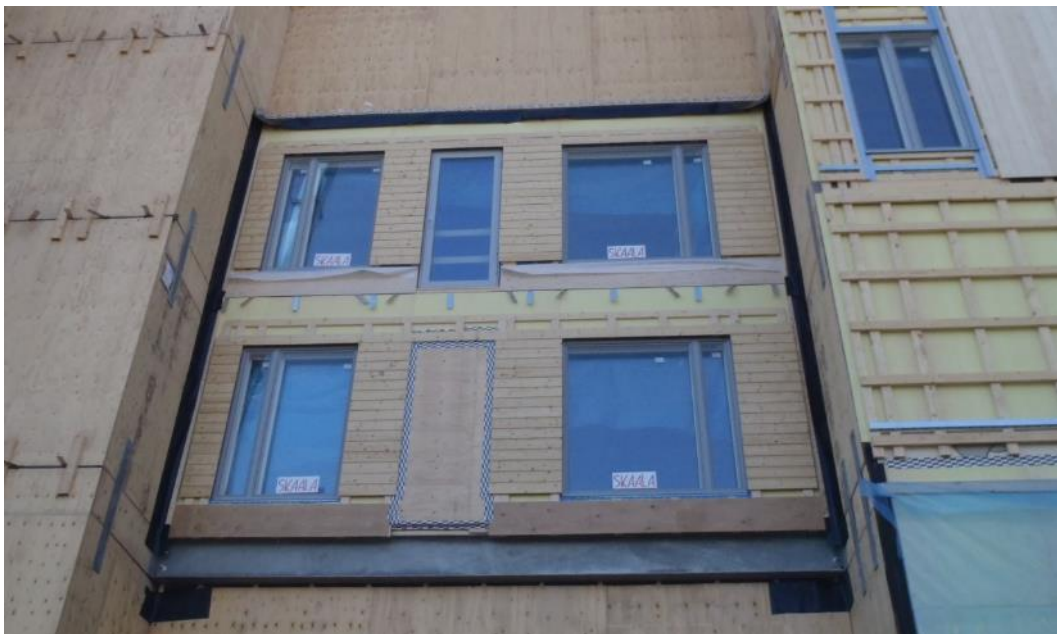
Työmaalle oli varattu myös pressuja, asennuksissa tulevien pidempien taukojen tai äkillisten sateiden varalta. Alkuvaiheessa, kun julkisivujen kevyiden LVL-levyjen asennukset olivat myöhässä, osa sivuista oli suojattu pressuilla. Helmi-maaliskuun vaihteessa oli

pidempi tauko rungon asennuksissa, tällöin 8. kerroksen lattia oli suojattu pressuilla kauttaaltaan, kuten kuvassa 4.7.



Kuva 4.7 Katon pressutusta laudoilla kiinnitettynä. Osa pressuista on jo poistettu etualalta.

Julkisivujen asennukset aloitettiin vasta kattorakenteiden valmistuttua ja asennuksia ei lisäksi toteutettu sateen sattuessa, sillä julkisivujen kastuminen olisi vaikeammin hallittavissa, kuin rungon. Tämä johtuu pitkälti siitä, että julkisivut sisälsivät jo lämmöneristeet ja ei-kantavilla seinillä höyrynsulun. Julkisivuelementtien suojaus hoidettiin asentamalla julkisivut jonossa päällekkäin ja suojaamalla keskeneräinen elementtijono päältä ja sivuilta - kosteudenhallintasuunnitelman mukaisesti – kumikaistalla, kuten kuvassa 4.8.



Kuva 4.8 Julkisivuelementtien väliaikainen suojaus mustilla kumikaistoilla.

4.3.2 Kuivatus

Työmaan kuivatus ja lämmitys järjestettiin SRV:n toimesta. Helmikuussa muutaman puukerroksen oltua valmiina, työmaalle tuotiin kuvan 4.9 mukaiset polttoöljytoimiset Polarmerkkiset lämpökontit rakennuksen ulkopuolelle. Ne oli tarkoitettu enimmäkseen lämmittämään betonisia kerroksia, mutta lämmitysputket vedettiin myöhemmin myös puurakenteisiin kerroksiin. Yhden lämmittimen nimellisteho on 195 kW ja se kykenee lämmittämään 7 000 m³ tilan. Näin työmaa kuivui huomattavan nopeasti.

Helmikuun lopulla lämmitykset siirrettiin A-talon teltaan betonivalujen lämmittämiseksi. B-talon lämmitykset keskeytettiin. Tämä aiheutti rakennuksen viilenemisen ja lopulta kuivumisen pysähtymisen. Maaliskuun puolivälissä lämmitykset kytkettiin uudelleen ja lämmitysputket vedettiin tällä kertaa myös alempiin puurakenteisiin kerroksiin.



Kuva 4.9 Toinen polttoöljytoimisista lämpökonteista.

Maaliskuun lopulla työmaalle tuotiin kaukolämpöön kytketyt lämmittimet eri kerroksiin, jotka lämmittivät rakennusta hyvin nopeasti. Lämmittämiä oli yhdestä kolmeen kerroksesta riippuen ja usean pienen lämmittimen käyttö oli tehokasta. Tässä vaiheessa rakennuksen vesikattoelementit olivat jo paikallaan ja rakennuksen vaippa joka puolelta ummessa, mutta ei eristettynä. Työmaan kuivattamiseen käytettiin myös muutamaa muuta pientä lämmitintä ja kuivainta, lähinnä betonikerroksissa, mutta näiden teho ei koko rakennuksen kannalta ollut merkittävä.

Työmaan tuuletus hoitui pääasiassa vaipassa olevien pienten aukkojen, kuten hissien tukien kiinnitysaukkojen ja ovien rakojen kautta. Kerrosten päissä ikkuna-aukoissa olevien vanerisuojiin välistä järjestettiin tarvittaessa lisätuuletusta kuvan 4.10 mukaisesti.

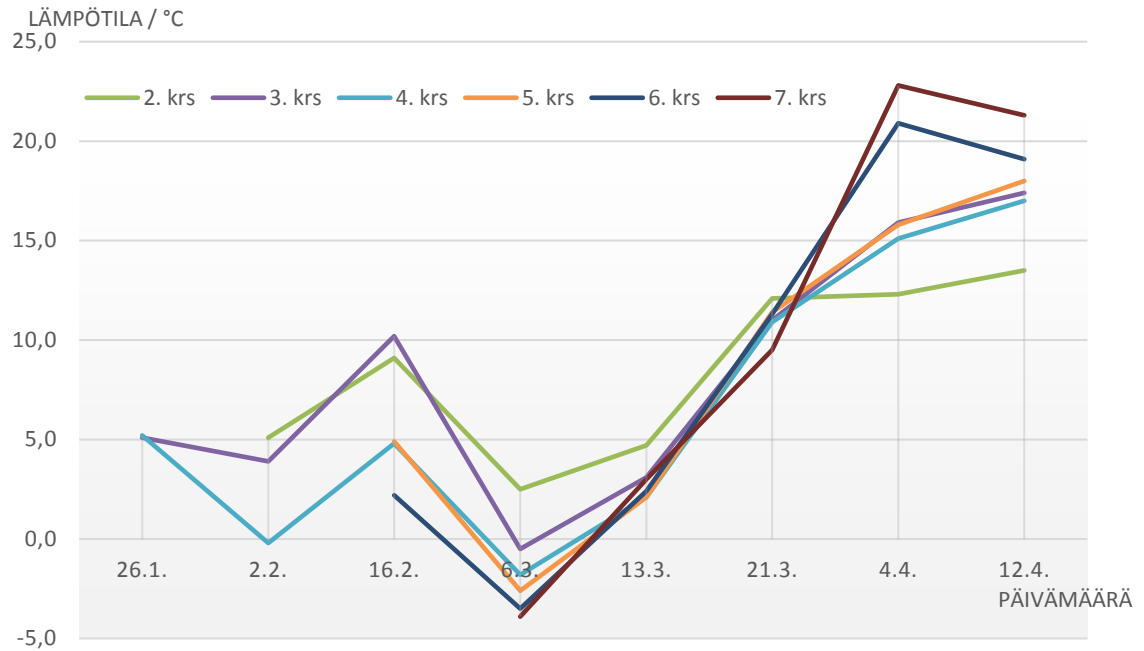


Kuva 4.10 Tuuletusrako järjestettynä rakennuksen päädyn vanerisuojaan.

Pääosin työmaan kuivatus toimi kohtalaisen hyvin ja rakenteet kuivuivat pinnoiltaan nopeasti lämmitettäessä. Kuitenkin rakennukseen tuli kosteutta lisää koko runkovaiheen ajan, ja lämmitysten katkaisu helmikuussa aiheutti olosuhteiden muuttumisen sellaiseksi, että rakenteet eivät enää kuivuneet. Olosuhteiden muutoksia on tarkasteltu tarkemmin seuraavassa luvussa. SRV:n mielestä rakennuksen lämmittäminen pitkäksi venyneen runkovaiheen aikana ilman lämmöneristyksiä oli kannattamatonta. Tämä kuitenkin aiheutti puulle epäsuotuisat olosuhteet. Lämmityksen uudelleen aloittaminen kuivatti pintoihin kerääntyneen kosteuden taas nopeasti, noin viikossa suurin osa käytävaelementtien pintaosista oli kuivana. Kosteusvuotoja estämällä ja rakennuksen vaippaa paremmin tiivistämällä myös kuivatus olisi ollut energiatehokkaampaa.

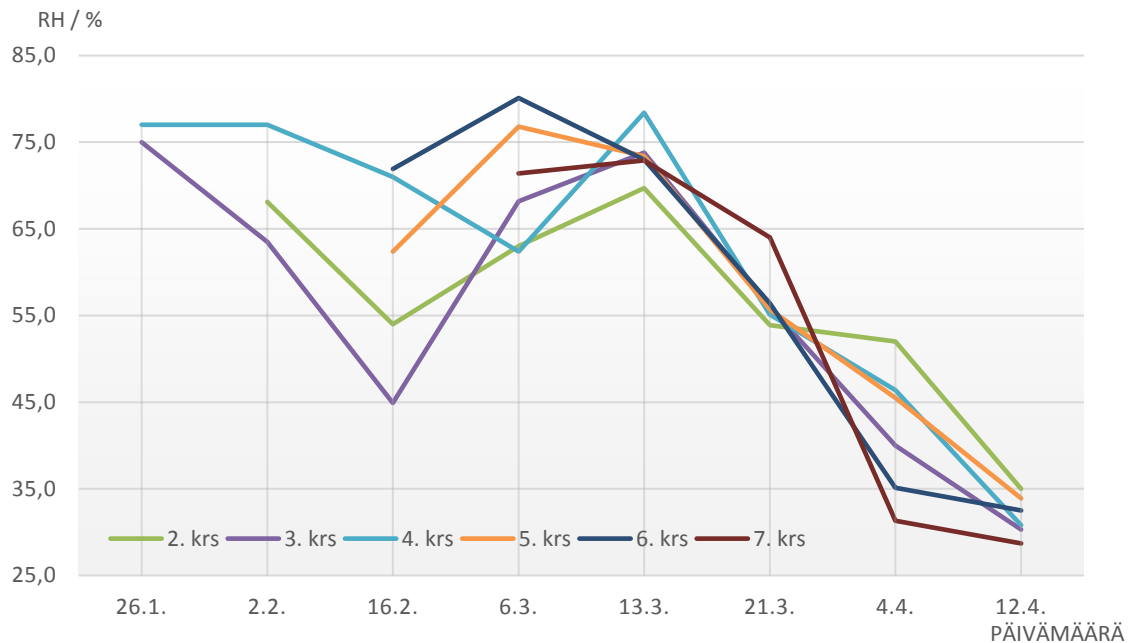
4.4 Työmaan lämpö- ja kosteusolosuhteet

Työmaan olosuhteita seurattiin mittauksina ehkä määrällisesti vähemmän kuin puun sisäistä kosteuspitoisuutta. Kuitenkin SRV:n työnjohto seurasi aktiivisesti työmaan olosuhteiden kehitystä. Eri mittauksen tietoja vaihdettiin TTY:n ja SRV:n välillä ja tämän perusteella SRV suunnitteli muun muassa työmaan kuivatusta. Työmaan sääsuojauksen ja lämmityksen toteutumista ja vaikutusta olosuhteisiin seurattiin tämän työn tekijän toimesta myös mittaamalla työmaakäynneillä ilman suhteellista kosteutta ja lämpötilaa Testo-kosteusmittarilla. Näistä mittauksista saatuja tuloksia on esitetty kuvassa 4.11, jossa on lämpötiloja eri päivinä kerroksittain ja kuvassa 4.12, jossa on puolestaan suhteellisen kosteuden arvoja.



Kuva 4.11 Työmaan lämpötilamittauksia mitattuna käytävältä työmaavierailuiden aikana. Lämmityksen uudelleen aloitus n. 13.3. näkyy selvästi.

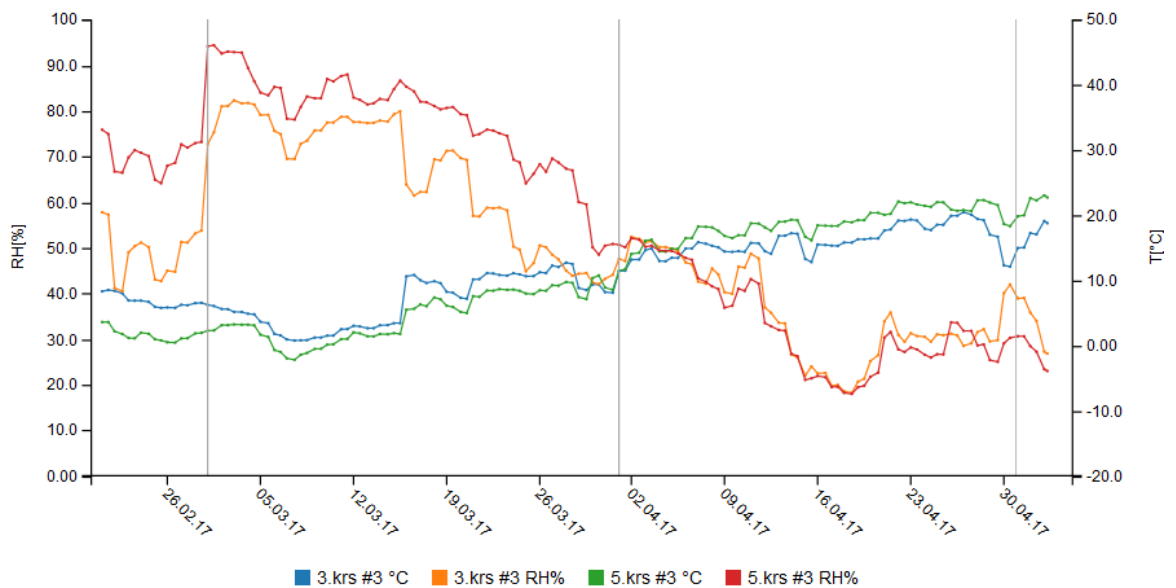
Mittaukset tehtiin rakennuksen keskikäytävällä, jotta saataisiin yleiskuva kerroksen olosuhteista. Kuvaajista voi myös huomata, että kerrosten lämpötilat ja ilman suhteelliset kosteudet seuraavat suurin piirtein toisiaan, mutta myös eroavaisuuksia löytyy. Esimerkiksi 4.4. mitatuissa arvoissa toisen ja seitsemännen kerroksen lämpötilan välillä on noin 10 °C ero.



Kuva 4.12 Työmaan ilmankosteusmittauksia mitattuna käytävältä työmaavierailuiden aikana. Lämmityksen uudelleen aloitus n. 13.3. näkyy selvästi.

Yleensäkin ylempät kerrokset ovat ainakin rakennuksen katon valmistuttua (maaliskuun loppuun) lämpimämpiä, kun lämmin ilma nousee ylös. Kuvaajista on helppo huomata hetki (16.2. jälkeen), jolloin lämmitys työmaalla lopetettiin ja noin 13.3., jolloin se aloitetaan uudestaan. Tämän jälkeen ilman suhteelliset kosteudet putoavat nopeasti ja lämpötilat nousevat.

RF-SensIT mittasi myös joka kerroksessa 2. kerroksesta ylöspäin ilman olosuhteita vähintään yhdessä kohtaa. Kuvan 4.13 mittauspisteet sijaitsivat kylpyhuone-elementin vierisessä pilarissa alemman kerroksen puolella, keskellä rakennusta olevassa huoneessa. Tosin anturi on niin lähellä rakennetta, että tuloksia ei voida pitää täysin puhtaana olosuhdemittauksena, mutta mittaus kohdistui kuitenkin sisäilmaan. RF-SensIT:llä oli myös varsinaisia olosuhdemittauksia tukiasemassa eri kerroksissa hieman vaihdellen (ainakin toisessa, neljännessä ja seitsemännessä). Kuvassa on vertailtu 2. kerroksen ja 4. kerroksen puolella olevien mittausten tuloksia. Mittaukset on otettu 3. ja 5. kerroksen mittayksikön liittyvistä mittareista, minkä vuoksi kuvaajan numerot eivät vastaa kerrosta.



Kuva 4.13 RF-SensIT:n olosuhdemittauksia 2. kerroksen (kuvassa 3. krs) ja 4. kerroksen (5. krs) katosta.

Mittauspisteiden sijainti aina samassa kohtaa kerroksittain aiheutti sen, että tulokset olivat yleisesti ottaen hyvin samansuuntaisia. Näin on mahdollista vertailla eri kerrosten eroja. Esimerkiksi neljännen kerroksen suhteelliset kosteudet olivat alkuun huomattavasti korkeampia, koska piste sijaitsee lähempänä rakennuksen holvilta valuvia vesiä. Rakennuksen kuivuttua riittävästi, huhtikuun alkuun mennessä, toisen kerroksen ilman suhteelliset kosteudet olivat hieman korkeampia. Tämä saattoi johtua betonikerroksen kuivumisen tuomasta kosteuslisästä. Mittauspisteet sijaitsivat kuitenkin yleisesti ottaen kosteassa kohdassa ja koko rakennuksen olosuhteet olivat yleisesti ottaen hieman kuivemmat.



Kuva 4.14 SRV:n lämpötilamittaukset 2. kerroksen päätyhuoneesta. Pystyakselin asteikko on °C ja vaaka-akselilla on päivämäärä.

Tulokset SRV:n mittauksista (Kuvassa 4.14 on kuvattu yhden huoneen lämpötiloja ja kuvassa 4.15 saman huoneen ilman suhteellisia kosteuksia) ovat jo vaihtelevampia. Mittauspisteitä oli sijoitettu vaihtelevammin ympäri rakennusta ja suurin osa niistä sijaisi huoneistoissa.



Kuva 4.15 SRV:n kosteuspitoisuusmittaukset 2. kerroksen päätyhuoneesta. Pystyakselin asteikko on % ja vaaka-akselilla on päivämäärä.

Tuloksista on huomattavaa, että vertailtaessa arvoja esimerkiksi RF-SensIT:n mittauksiin samasta kerroksesta, lämpötilat ovat yleisesti ottaen hieman matalampia ja ilman suhteelliset kosteudet hieman korkeampia. Tämä johtuu todennäköisesti siitä, että mittauspisteet sijaitsevat päätyhuoneessa. Päätyhuoneet olivat alttiimpina sään vaikutuksille, kuin keskihuoneessa käytävän vieressä sijaitsevat kohdat.

4.5 Rakenteiden kosteuspitoisuus ja vaurioituminen

Porareikämittauksilla seurattiin pääasiassa puun sisällä olevan huokosilman suhteellista kosteutta eri syvyyksillä. Nämä tulokset kertovat siis suoraan puun kosteuspitoisuudesta.

RF-SensIT:n mittauspisteet sijaitsivat kylpyhuone-elementin ympäristössä rakennuksen keskellä. Mittaukset kohdistuivat pisteisiin, joita pitkin veden valuminen ylemmistä kerroksista on mahdollista. Esimerkiksi tällainen oli piste #2, joka sijaitsi suoraan kylpyhuone-elementin alla olevassa tilassa. Yksi pisteistä sijaitsi kahden kohtaavan elementin välissä kohdassa, jonka kuivuminen on oletetusti hidasta. Kolmas puun kosteutta mittaava piste sijaitsi käytävän ja kylpyhuone-elementin välillä olevassa viemäriputken aukossa.

RF-SensIT raportti esittelee 10.4. asti mittauksien tulokset rakenteiden kosteuspitoisuudesta. Heidän raportissaan rakenteissa katsotaan olevan mahdollisesti ylimääräistä kosteutta, kun suhteellinen kosteus on arvossa 78-88 % RH. Vastaavasti rakenteen katsotaan olevan (mahdollisesti) märkä, kun suhteellinen kosteus on yli 88 % RH. Raportin perusteella lähes kaikkien kerroksien kylpyhuoneiden ympäristössä osa kohdista on ollut kosteana tai märkinä. Raportin yhteenvetotaulukko on kuvassa 4.16.

Kiinteistön osa	Huomiota vaativat kohteet suhteellinen kosteus RH	Huomiota vaativat kohteet Akun/Pariston varaus	Keltainen Rakenteessa on mahdollisesti lievää kosteutta	Punainen Rakenne on mahdollisesti märkä
2.krs käytävä, alaslaskettu katto	Katto (2.krs), Kylpyhuoneiden välissä		Katto (2.krs), Kylpyhuoneiden välissä	
3.krs käytävä, alaslaskettu katto	Katto (3.krs)		Katto (3.krs)	
tukiasemasalkussa	sisäilma			sisäilma
4.krs käytävä, alaslaskettu katto	Katto (4.krs), Kannatinrima		Kannatinrima	Katto (4.krs)
5.krs käytävä, alaslaskettu katto	Katto (5.krs), Kylpyhuoneiden välissä, Viemäriputken alla		Kylpyhuoneiden välissä, Katto (5.krs) Viemäriputken alla	
6.krs käytävän alaslaskettu katto	Katto (6.krs)			Katto (6.krs)
7.krs käytävä, alaslaskettu katto	Kylpyhuoneiden välissä, Viemäriputken alla, Katto(7.krs)			Kylpyhuoneiden välissä, Viemäriputken alla, Katto(7.krs)
sisäilma	sisäilma			sisäilma
Käytävällä hissien vieressä	IV-Konehuoneen alla ilmatilassa		IV-Konehuoneen alla ilmatilassa	

Kuva 4.16 RF-SensIT:n raportin mukaiset riskipaikat. Kohdat sijaitsevat kylpyhuone-elementin ympäristössä useammassa kerroksessa.

Tämä tukee visuaalisia havaintoja, joiden mukaan raportissa mainitut kohdat ympäristöineen ovat olleet kosteina.

Punnitus-kuivatuskokeella saadaan varmimmat tulokset puurakenteiden kosteuspitoisuudesta. Swecon 25.4. ottamien näytepalojen mukaan elementtien kosteuspitoisuudet vaihtelivat 9,0 – 16,5 painoprosentin välillä. Tässä vaiheessa rakennus on kuivunut jo hyvän aikaa ja pintaosat olivat kuivempia, kuin elementtien sisäosat, joista korkeimmat kosteuspitoisuudet mitattiin. Raportin mukaan kosteudet eivät kuitenkaan olleet haitallisia. Tosin elementtien sisäosien yli 12 painoprosentin kosteuspitoisuudet todistavat, että työmaalla on ollut vettä, joka on päässyt imeytymään elementin sisään.

4.6 Kosteusriskit

Puuelementtejä koskevat kosteusriskit voidaan jakaa seuraavasti: elementtien kastuminen ja turmeltuminen ennen asentamista, ja kastuminen tai turmeltuminen asentamisen jälkeen. Kosteudelle altistumisen aste ja sen kesto määräävät kosteusriskin vakavuuden. Toituneen kosteusriskin seurauksia hallitaan kuivaamalla tai poistamalla vaurioitunut osa. Massiivielementtien poistaminen on kuitenkin hankalaa, joten niitä ei tulisi päästää vaurioitumisen tilaan asti. Liittyvät rakenteet ovat sen sijaan helpompaa vaihtaa.

Kosteusriskeistä osa oli rakenteellisista detaljeista eli rakennuksen muodoista ja rakenteellisista ratkaisuista johtuvia, osa taas aiheutui työmaan käytännöistä. Kaikki kosteusriskit eivät olleet kovin vakavia ja osa ei edes realisoitunut tässä rakennuksessa.

4.6.1 Rakenteelliset riskit

Työmaalla havaittiin hometta 13.3. työmaakäynnillä. Kohta oli 2. kerroksen käytävän päällä olevassa koivuvaneriassa ja näkyy kuvassa 4.17. Kohdan huoneen puolella sijaitsee kylpyhuone-elementin syvennys. Rakennuksesta oli 6.3. työmaavierailulla lämmitykset irrotettuna ja rakennus oli kastunut viikon ajan runsaissa sateissa. Ilman suhteellinen kosteus oli 77,2 % RH huoneen puolella verrattuna 68,3 % RH käytävän keskiosaan ja lämpötila tarkasteltavassa tilassa 3,3 °C verrattuna 4,7 °C käytävän keskiosassa. Nämä arvot eivät rakenteelle ole vielä kovin haitallisia, mutta kuivumisen kannalta heikkoja. Kun lämmitys aloitettiin uudestaan, noin viikon kuluttua lämpötila oli 11,5 °C huoneessa ja 12,1 °C käytävällä sekä suhteellinen kosteus 59,5 % RH huoneessa ja 53,9 % RH käytävällä, missä olosuhteissa rakenne kuivuu.

Hometta havaittiin ainoastaan koivuvanerissa 2. kerroksen käytävällä. Osapuolia haastateltaessa koivuvaneri todettiin erittäin herkäksi kosteudelle. Homeen poistoa varten on ehdotettu mekaanista poistoa harjaamalla tai kemiallista käsittelyä, kuten vetyperoksidi- tai alkoholikäsitteilyä. Koivuvaneri oli valittu rakenteeseen sen riittävän syysuuntaan nähden poikittaisen puristuslujuuden takia.



Kuva 4.17 Vaurioitunut kohta koivuvanerissa toisen kerroksen käytävällä. Havaittavissa pieniä valkoisia pilkkuja ja himmeämpiä tummia pilkkuja poikittaisessa koivuvanerissa.

Myös organisaatiolla oli tiedossa, että suurin riski kosteuden kannalta on kylpyhuone-elementin alla. Kylpyhuone-elementit oli asennettu puisen syvennyksen päälle, joten veden valumisen kannalta tämä oli riski, joka realisoitui. Lisäksi kylpyhuoneen alla oleva syvennys oli suljettu lähes joka puolelta, joten sinne päässyt kosteus ei juurikaan pääse kuivumaan, eikä kosteutta havaita silmämääräisesti työmaalla. Rakenteen vieressä oli vielä CLT-pilareita, jotka olivat aina auki ylempään lattiatasoon ennen seuraavan kerroksen asentamista, ja joita pitkin saattoi valua kosteutta alempiin kerroksiin. Useilla työmaavierailuilla suurin silmämääräisesti havaittu kosteus keskittyi kylpyhuone-elementin ympäristöön.

Käytävän kohdalla havaittiin aistinvaraisesti enemmän kosteutta kuin huoneissa. Aukot välipohjassa eivät olleet kovin tiiviitä, mikä lisää sisäosien kosteutta. Tämä näkyi erityisesti käytävien putkikanavien aukkojen kohdalla. Kuvasta 4.18 nähdään, että käytävän kohta on huomattavan kosteana asennusten ollessa tauolla. Kuitenkin lämmityksen ja ilmanvaihdon ansiosta kosteuspitoisuudet eivät käytävällä yleensä olleet mainittavasti huoneita korkeammat – pikemminkin päinvastoin.



Kuva 4.18 Kosteutta 6. kerroksen käytävällä helmikuussa, jolloin asennukset olivat tauolla.

Suuri riski on, että vesi pääsee valumaan elementtien väleihin tai muihin riskipaikkoihin, missä kuivuminen on hitaampaa tai kosteutta ei havaita. Tällaisia paikkoja saattaa olla myös elementtien väleissä. Eräs työmaalla havaittu tällainen kohta oli katon ripalaatta-elementtien välit. Nämä kohdat olivat usein kosteita kuvan 4.19 mukaisesti. Erityisesti leikkauspinnat olivat kriittisiä, sillä paksujen rakenteiden sisälle pääsevä kosteus on suurin riski juuri kuivumisen hitauden vuoksi.



Kuva 4.19 Kohtaavien ripalaattaelementtien välissä olleita jälkiä kosteudesta.

4.6.2 Toteutuksen riskit

Työmaan työnjohdon ja työntekijöiden toiminnassa rakennusaikana on monia asioita, jotka määrittävät kosteusrasituksen tason. Myös projektin aikataulut ja edistyminen vaikuttavat kosteusriskeihin. Toimintatavat saattavat tuntua merkitykseltään pieniltä asioilta, mutta omalta osaltaan vaikuttavat lopputulokseen. Kosteusriskien ymmärrys ja niihin varautuminen sekä työntekijöiden perehdyttäminen näihin asioihin antavat valmiuden kosteusturvalliseen rakentamiseen.

LVL-levyjen asennukset alkoivat myöhässä, mikä mahdollisti viistosateen kertymisen avonaisiin kerroksiin kuvan 4.20 mukaisesti. Tosin levyt eivät varsinaisesti olleet tarkoitettu kosteussuojaukseksi, vaan toteuttamaan rakennuksen tiiveys ja täten mahdollistamaan lämmitys. Kuitenkin, kun levyt saatiin asennettua, betonikerroksen lämmitykset kuivattivat toisen kerroksen jo viikossa hyvin maltillisiin (45-55 % RH) ilman suhteellisiin kosteuksiin.



Kuva 4.20 LVL-levyjen asennuksen viivästyttyä runko oli säälle alttiina.

Elementtiasennusten viivästyminen yleensä lisää kosteusriskien vakavuutta, koska se altistaa rungon säälle pidemmäksi aikaa ja lisää elementtien sisäosien kosteutta. Asennusten viivästyminen aiheuttaa aikataulupaineita ja lykkää lämmitysten aloitusta. Tämä saattaa lyhentää kuivatukseen varattuja aikoja, vaikka kuivumistarve kasvaa sääaltistuksen pidennyttyä. Näin kävi helmi- maaliskuun vaihteessa, jolloin 8. kerroksen elementit eivät olleet valmiit ja asennukset olivat yli viikon tauolla.

Yksi mahdollinen kosteusriski oli massiivielementtien pakettien aukominen työmaalla ennen asennusta. Usein elementtien suojauksia oli avattu, vaikka asennus ei ollut vielä vähään aikaan edessä. Tämä altistaa turhaan elementin sään vaikutuksille, eikä juurikaan nopeuta asennuksia. Tämä voi johtaa tilanteeseen, jossa asennusten yllättäen keskeydyttyä joudutaan joko suojaamaan elementit uudestaan tai niiden säälle altistumisen aika ja kosteusrasitus kasvavat. Tämä näkyy esimerkiksi kuvassa 4.21, jossa elementtien päältä puhdistettiin petkeleellä jäätä.



Kuva 4.21 Elementtien liian aikaisin aukominen aiheuttaa kosteusriskejä, mikäli asennukset viivästyvät.

Rakennuksen kosteuskuormaa lisättiin varastoimalla sisälle tuotava materiaali säälle alttiina. Työmaalla oli jatkuvasti rakennusmateriaalia taivasalla, eikä materiaalien sijoittelu ollut kovin hallittua, vaan tavaraa oli ympäriinsä kuten kuvassa 4.22.



Kuva 4.22 Työmaan varastointi ei ollut kovin organisoitua ja materiaalit eivät aina olleet suojattuna.

Osa tästä johtui tosin työmaan ahtaudesta. Tämä kostunut materiaali pitää kuitenkin sisälle tuomisen jälkeen kuivattaa ja tämä tuo lisää kosteutta sisätiloihin sekä siten lisää energiankulutusta. Myös materiaalien pilaantumiseriski kasvaa, vaikka tällä kertaa ulkona varastoitavat materiaalit olivat kosteutta hyvin kestäviä. Selkeät ja mahdollisuuksien mukaan katetut varastoalueet vähentävät ylimääräisen kosteuden määrää rakennusosissa sekä parantavat työtehoa ja turvallisuutta. Työmaan yleinen siisteys ei ollut kovin korkealla tasolla. Kerrosten lattioilla varastoitiin hieman rakennusmateriaaleja, tosin vasta töiden edettyä siihen vaiheeseen, jossa materiaaleja tarvitaan pian, kuten putkitöiden vaatimat materiaalit. Lattioilla oli toisinaan purua ja muita roskia työvaiheiden jäljiltä. Elementin pinnalla olevat epäpuhtaudet ja tavarat hidastavat puuelementtien kuivumista ja keräävät kosteutta.

Betoniosien pitkä kuivumisaika lisäsi hieman etenkin alempien puurakenteisten kerrosten kosteusrasitusta. Betonikerroksen yksityiskohdat keräsivät hieman sadetta rakennukseen, mikä näkyy erityisesti kuvassa 4.23. Kosteudesta ei ollut välitöntä vaaraa toisen kerroksen puuelementtien alaosan epoksikäsittelyn ansiosta, mutta kosteuden kertymisen betonitasoille olisi myös voitu estää.



Kuva 4.23 Betoniosien keräämä kosteus lisäsi myös puukerrosten kosteutta.

Yksi kosteusriski on puuelementtien ulkopuolen turmeltuminen. Osa kantavista LVL-elementeistä oli ulkopinnastaan säälle alttiina lähes viisi kuukautta. Julkisivuelementtien asennus kantavan rakenteen päälle estää paksun elementin ulospäin kuivumisen ja pidentää kuivumisaikoja. Ennen julkisivuelementtien asuennusta puuelementtien ulkopuolet

ovat suurimman osan ajasta kuivumisolosuhteissa, joten turmeltumisen riski ei ole kuitenkaan suuri. Työmaalla ei havaittu ongelmia elementtien ulko-osien suhteen.

Pressujen käyttäminen sääsuojana ei ole kovin varma tekniikka, ainakaan suuren rakennuksen ollessa kyseessä. Suojauksen tiiviys kasattaessa monista pienemmistä peitteistä ja nopeasti ei ole kovin hyvä. Rakennuksen suojaukset pressuilla eivät ole aina toteutuneet onnistuneesti. Rakenteiden sivut eivät olleet täysin vesitiiviitä ja pidemmän asennustauon aikana myös rakennuksen holvilta tuli kosteutta sisään.

Kuivatuksen mahdollinen epäonnistuminen on suurimpia kosteusriskejä. Tähän vaikuttaa rakennuksen tiiviys ja lämmityslaitteiden riittävyys. Jos energiaa kuluu liikaa, sitä voi vähentää tiivistämällä ja estämällä kosteuden pääsy rakennukseen. Olosuhteiden reaaliaikainen seuranta auttaa säätelemään oikein lämmitystä ja tuuletusta, toisin kuin myöhemmin seuraminen. Kuivumisolosuhteet olisi syytä pitää mahdollisimman pitkään rakennuksessa, jotta paksujen elementtien sisäosien ylimääräinen kosteus ehtii kuivumaan.

Kosteusriskinä voidaan pitää myös äkillistä sään muutosta. Sateita saattaa esiintyä kesken kriittisempien vaiheiden, kuten seinien asennuksen. Myös lumen kertyminen holville ja sateet rakennuksen sisälle voivat näin lisääntyä. Työmaalla seurattiin sääennusteita ja käytössä oli jonkun verran esimerkiksi vesi-imureita ja lumikolia sadekosteuden poistoon sekä pressuja väliaikaisesti suojauksiin. Tärkeintä kosteusriskin vakavuuden kannalta on kuinka aktiivista ja nopeaa jään ja lumen poisto on ollut.

Toteutunut kosteusriski työmaalla oli julkisivuelementin kastuminen. Tämä oli tapahtunut rakennuksen nurkasta huhtikuun lopulla. Vesivahinko johtui haastattelujen mukaan vesikaton kautta tulleesta pienestä vuodosta julkisivuelementin eristetilaan. Kosteus huomattiin nopeasti, kostuneet eristeet poistettiin ja rakenne kuivattiin laajasti.

4.6.3 Työmaan riskienhallinta

Työmaalla ehkäistiin veden kertyminen tiedettyihin riskikohtiin, kuten suljettujen rakenteiden tai paksujen elementtien väliin. Vedenpoistoreiät porattiin ripalaattojen alaosiin ja kylpyhuoneiden alle, jotta kohtiin kasaantuva vesi pääsisi paremmin poistumaan ja kuivumaan.

Kaikki LVL:n leikkauspinnat oli käsitelty hydrofobisella pinnoitteella, joka hidastaa kosteuden imeytymistä rakenteiden leikkauspinoilta. Tällä pyrittiin rajoittamaan elementtien imemän kosteuden määrää ja paksujen elementtien sisäosien hitaasti kuivuvaa kosteutta.

Työmaalla seurattiin sääennusteita ja varauduttiin tuleviin sateisiin suojaamalla rakenteita ja rakennustarvikkeita sekä aikatauluttamalla asennuksia. Esimerkiksi julkisivuelementtejä ei asennettu sateen ollessa tiedossa. Lunta ja vettä poistettiin mekaanisesti esimerkiksi lumikolilla ja lastoilla. Työmaan lämpö- ja kosteusolosuhteita seurattiin työnjohdon

toimesta ja kuivatusta säädettiin sen mukaan. Seuranta oli ehkä enemmänkin reaktiivista, mutta silti kattavaa.

Kosteusriskien ehkäisemiseksi puuelementteihin tehtiin kosteudenhallintasuunnitelman mukaiset kattavat mittaukset ennen kriittisten rakenneosien asentamista, jotta voitiin todeta rakenteiden kuivuneen riittävästi. Päälle tulevien rakenteiden asentamisen jälkeen rakenteiden kuivuminen olisi vaarantunut ja tämä olisi aiheuttanut turmeltumisriskin.

5. POHDINTA

5.1 Tulosten tarkastelu

Tutkimuksen tuloksina saatiin kattava kuva rakennuksen suunnitelmista ja työmaan toimintatavoista. Projektin laajuudesta johtuen kaikkia työmaan toimintaan vaikuttavia asioita ei ollut mahdollista selvittää. Kuitenkin seurannan kokemuksia on mahdollista hyödyntää tulevilla puukerrostaloprojekteissa.

Eri osapuolien haastattelu oli silmiä avaavaa; kaikki osapuolet olivat tietoisia työmaalla esiintyneistä käytännöistä ja esimerkiksi kosteusmittauksien tuloksista, mutta mielipiteet ja tulkinnat erosivat paljon. Myöskään selkeää käsitystä kosteuden haitallisista määristä ei ollut.

Mittaustuloksien, mittaavien osapuolien ja mittaustapojen lukumäärä varmistivat, että tarvittavaa tietoa oli varmasti riittävästi. Tulokset kertoivat rakenteisiin päässeestä kosteudesta ja kuivumisen edistymisestä riittävän kattavasti. Eri mittausten kirjava dokumentointi asetti tosin omat haasteensa tulosten seurantaan.

Kirjallisuuskatsaus, työmaahavainnointi, haastattelut ja kosteusmittauksien seuranta olivat menetelminä toisiansa tukevia. Tulkintoja pystyi varmistamaan usealla menetelmällä.

5.2 Tutkimuksen tarkastelu

Työmaahavainnointi on selvästi oikea tapa selvittää, mitä työmaalla oikeasti tapahtuu. Suunnitelmat ovat usein vain suunnitelmia. Työmaahavainnointi menetelmänä on kuitenkin kvalitatiivinen, mikä johtaa siihen, että tulokset ovat joskus osittain tulkinnanvaraisia. Työmaahavainnoinnin heikkoutena voidaan pitää sitä, että työmaalla ollaan rajattu aika, eikä kaikkea ole mahdollista tarkastaa. Paljon riippuu siis havainnoitsijan kokemuksesta ja valmistautumisesta.

Haastattelu menetelmänä ei ole aina yksiselitteinen. Vastaus saattaa toisinaan riippua kysymyksen asetelusta ja vastaajan asemasta. Haastattelut olisivat voineet olla strukturoituja, tämä olisi tosin saattanut johtaa varovaisempiin lausuntoihin. Tässä työssä avoimet ja epämuodolliset haastattelutilanteet aiheuttivat, että työntekijät vastasivat suoraan ja totuudenmukaisesti kysymyksiin. Haastattelut olivat kuitenkin verrattain suppeita. Haastattelun tarkoituksena oli lähinnä tukea muuta tutkimusta, minkä tarkoituksen se täytti tyydyttävästi.

Kosteusmittausten suorittaminen vaatii ammattitaitoa. Mittauspaikkojen kohdistaminen, mittauksen suorittaminen ja tulosten tulkinta vaikuttavat huomattavasti johtopäätöksiin.

Myös kosteuden raja-arvojen asettamisesta on eriäviä mielipiteitä – tähän tosin löytyi kirjallisuudesta ainakin suuntaa antavia arvoja.

5.3 Jatkotutkimusehdotukset

Runkovaiheen pystytysnopeus on tärkeää puukerrostalojen rakentamisen kannalta. Vaiheen nopeuttaminen, asennusprosessien kehittäminen ja tehostaminen ovat kiinnostavia jatkotutkimuksen kohteita.

Kosteudenhallinnan tehostamiseksi kevyiden suojausratkaisujen käyttö on tärkeää sadejaksoina. Nopeasti asennettavien ja purettavien suojausten kehittäminen hyödyttäisi erityisesti puurakentamista, sillä työn kokemusten mukaan pressut eivät ole ideaaleja suojauksia pidemmäksi aikaa.

Lämpimänä vuodenaikana, erityisesti loppukesällä ja syksyllä, ilman suuri suhteellinen kosteus ja lisääntyneet sateet vaikeuttavat rakennuksen kuivatusta. Myös homehtumisen riski kasvaa. Puukerrostalorakentaminen näissä haastavissa olosuhteissa vaatii tarkempaa tutkimusta.

Home rakennuksissa on asia, joka jakaa mielipiteitä. Aiheen lisätutkimuksen tarve on varmasti yleisesti tunnustettu. Erityisesti homeen todellinen vaarallisuus ja eri puulajien tai puutuotteiden homehtuminen edellyttävät lisätutkimusta. Myös homeen poistoon soveltuvat menetelmät kaipaavat ohjeistusta.

6. JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET

Kosteudenhallintaprosessin onnistumista voidaan arvioida vertaamalla ohjeistuksen suosituksia ja tuloksia projektin osalta. Kosteudenhallintaprosessi hankkeessa oli pääosin suositusten mukainen ja siihen oli selvästi panostettu. Prosessi ei kuitenkaan lähtenyt keskitetysti liikkeelle alusta saakka ja hankkeen eri osapuolet eivät täysin ymmärtäneet toisiaan. Tiedon puute puukerrostalojen ominaisuuksista eli osapuolien rajattu kokemus rakentamistavasta hankaloitti asiaa.

Kosteudenhallintasuunnitelma suunnitteluvaiheessa tehtiin alussa pääosin Swecon toimista ohjeiden mukaisesti, mutta työmaan omaa kosteudenhallintasuunnitelmaa ei kuitenkaan tehty. Asennusurakoitsija ei ollut mukana kosteudenhallinnan suunnittelussa, mikä aiheutti sen, että suunnitelmat erosivat asennustavoista. Kosteudenhallintasuunnitelmassa oli nimetty kaksi eri kosteudenhallinnasta vastaavaa henkilöä (SRV:n ja Woodconin työnjohtajat), mikä aiheutti, että lopulliset vastuut olivat epäselvät. Rakennuttajan ulkopuolisen kosteusasiantuntijan käyttäminen oli hyvä asia ja antoi neuvoja ja varmuutta työmaan menettelyihin.

Rakentamisvaiheen käytännön onnistuminen perustuu lähinnä työmaahavaintoihin ja kosteusmittausten tuloksiin. Rakennukseen pääsi liikaa ylimääräistä kosteutta erinäisistä syistä, kuten rungon epätiiviydestä ja lattiataason epäjatkuvuuskohdista johtuen. Työmaan aikataulun ja asennusten viivästyminen on lisännyt rungon sääältistystä ja kasvattanut riskejä. Lämmityksen pysäyttäminen helmikuussa aiheutti olosuhteiden muuttumisen haitalliseksi ja oli selkeä virhe myös kosteudenhallintasuunnitelman kannalta. Muina aikoina kuivatus on ollut tehokasta. Kiireestä ja uudesta rakennustavasta johtuen asennus- ja kuivausprosessit sekä suojausten toteutus eivät aina onnistuneet täysin.

Lopputulokset ja kosteusriskien arviointi perustuvat kosteusriskien ja teoriaosuuden vertaamiseen. Puu kosteutta tasaavana materiaalina kuivuu pinnoiltaan kohtuullisen hyvin ja pienet paikalliset vesivuodot eivät ole vaarallisia. LVL-elementit on rakennettu suomalaisesta kuusesta, mikä kestää hometta kohtalaisen hyvin mäntyyn verrattuna. Sen sijaan rakenteessa käytetty paikallisesti homehtunut koivuvaneri todettiin erittäin herkäksi kosteudelle ja siinä esiintyi näkyvää homekasvua. Tämä aiheuttaa työtä ja home tulee poistaa pinnallisesti mahdollisesti kemikaaleilla. Homeen vaarallisuudesta ja poistotekniikoista on monia vaihtelevia mielipiteitä.

Suosituksina tulevaisuuden puukerrostalohankkeisiin olisi todellinen yhteistyö kosteudenhallintasuunnitelmassa. Jo projektin alusta alkaen on hyvä ottaa mukaan lopullisen asennustyön tekijä osapuoli, jolla on todennäköisesti paljon kokemusta käytännön toteutuksesta. Eri osapuolten vastuut kosteudenhallinnan osa-alueista on syytä kirjata selkeästi ja niin, että vastualueet eivät limity. Tässä asiassa kosteudenhallintakoordinaattorin

käyttö selkeyttäisi yhteistyötä ja vastuukysymyksiä. Kuivumisen tärkeys on syytä huomioida työmaan olosuhteiden hallinnassa. Paksujen elementtien sisäosat kuivuvat pitkään kerran kastuttuaan. Siksi puurakentamisessa detaljeihin on kiinnitettävä erityistä huomiota, vettä keräävät kohdat tai ontelorakenteet ovat riskipaikkoja.

Sääsuojauksena yksinkertaisinta kosteudenhallinnan kannalta on sääsuojateltta. Jos kuitenkin teltaa ei hankita, rakenteellinen suojaus on tutkimuksen kokemusten perusteella mahdollista tietyn ehdoin. Tiivis välipohja ja nopea asennustahti pitävät kosteusrasituksen kurissa. Kuivumisolosuhteet rakennuksessa on pidettävä (<60 % RH, >10 °C) ja estetävä vesivuodot sekä viistosade rakenteisiin. Pressut soveltuvat vain lyhytaikaisiin suojauksiin ja esimerkiksi yli viikon seisokkia varten on hankittava kattavampia suoja, tai tehtävä pressusuojaus tiiviiksi ja irrotettava puupinnasta kuivumisen mahdollistamiseksi.

Kosteusmittaukset eivät ole ideaali tapa työnjohdolle työmaan olosuhteiden seurantaan, vaan tulokset tulevat myöhässä. Enemmän ne sopivat vaiheisiin, jolloin pitää todentaa puuelementtien päällystyksen mahdollisuus. Eli niillä voidaan vahvistaa kuivuminen jälkikäteen. Työssä toteutetun kaltainen lämpötilan ja kosteuden käsin mittaaminen yhdistettynä vesivuotojen havainnointiin on tarkkuudeltaan riittävä ja nopea menetelmä. Yleensäkin ennakoiva ote työmaan olosuhteiden hallintaan ja sään seurantaan on suositeltavaa.

LÄHTEET

Aaltola, J., Aaltola, J. & Valli, R. (2010). Ikkunoita tutkimusmetodeihin. 1, Metodien valinta ja aineiston keruu: virikkeitä aloittelevalle tutkijalle, 3. uud. ja tyd. p. ed. PS-Kustannus, Jyväskylä, 261 p.

Gamper, A., Dietsch, P., Merk, M. & Winter, S. (2013). Gebäudeklima – Langzeitmessung zur Bestimmung der Auswirkungen auf Feuchtegradienten in Holzbauteilen, Bautechnik, Vol. 90(8), pp. 508-519.

Gasparri, E., Lucchini, A., Mantegazza, G. & Mazzucchelli, E.S. (2015). Construction management for tall CLT buildings: From partial to total prefabrication of façade elements, Wood Material Science & Engineering, Vol. 10(3), pp. 256-275.

Gillham, B. (2010). Continuum Research Methods: Case Study Research Methods (1), Continuum, London, GB, 112 p.

Heikinheimo, A. (2012). Puukerrostalo, Aalto-yliopisto, 6 p. Available: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK120501.pdf>.

Kosteudenhallinta – menettelytapaohje, (2016). Helsingin kaupungin rakennusvalvonta Helsinki, 7 p.

Hometalkoot.fi, Hengitysliitto, web page. Available (accessed 30.03.2017): <http://hometalkoot.fi/guides>.

Hurmekoski, E., Jonsson, R. & Nord, T. (2015). Context, drivers, and future potential for wood-frame multi-story construction in Europe, Technological Forecasting and Social Change, Vol. 99 pp. 181-196.

kosteudenhallinta.fi, Kosteudenhallinta.fi, web page. Available (accessed 20.2.2017): <http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/>.

Kryssi, E. (2014). Puukerrostalo, Tampereen teknillinen yliopisto, 109 p. Available: <https://dspace.cc.tut.fi/dpub/handle/123456789/21966>.

Kuivaketju10, Oulun kaupunki Rakennusvalvonta, 2015, web page. Available (accessed 20.2.2017): <http://kuivaketju10.fi/>.

Kunøe, C. (2016). Til topps i Trondheims tretårn, Byggmesteren, Vol. 03 pp. 22-26.

Kurkela, J., Lahtinen, R., Muilu, J. & Mäki-Ketelä, L. (1996). Step. 1, Puurakenteet: suunnitteluperusteet, materiaaliominaisuudet, rakenneosat, liitokset, Rakennustieto, Helsinki, 481 s. p.

LVL Performance - Information sheet (2007). in: Structural materials Information sheet, NZ Wood.

Lähdesmäki, K., Salminen, K., Vinha, J., Viitanen, H., Ojanen, T. & Peuhkuri, R. (2011). Mould growth on building materials in laboratory and field experiments, Proceedings 9th Nordic Symposium on Building Physics NSB 2011, Tampere.

Merikallio, T. (2005). Rakennustyömaan kosteudenhallinta, in: Anonymous (ed.), Raken-tajain kalenteri 2005, Rakennustieto, Helsinki, pp. 6.

Puukerrostalo, Puuinfo, Helsinki, pp. 12 Available (accessed 24.5.2017): <http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/info/puukerrostalot/puukerrostalo.pdf>.

Puun kosteuskäyttäytyminen (2011). in: Suunnitteluohjeet, Puuinfo Oy, Helsinki Available (accessed 24.5.2017): <http://www.puuinfo.fi/suunnitteluohjeet/puun-kosteusk%C3%A4ytt%C3%A4ytyminen>.

Puurakennuksen kosteustekninen hallinta (2011), Puuinfo Oy, Helsinki, Available (ac-cessed 24.5.2017): <http://www.puuinfo.fi/suunnitteluohjeet/puurakennuksen-kosteustek-ninen-hallinta>.

Ratu S-1232, (2013). Rakennustieto, 14 p. Available: <https://www.rakennustieto.fi/kor-tistot/tuotteet/109926.html.stx>.

Riala, M. & Ilola, L. (2014). Multi-storey timber construction and bioeconomy – barriers and opportunities, Scandinavian Journal of Forest Research, Vol. 29(4), pp. 367-377.

RIL 250-2011, (2011). Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen, Suomen Raken-nusinsinöörien Liitto RY, Helsinki, RIL 239 p.

Rosenkilde, A., Axelson, M. & Jarnerö, K. (2008). Flervåningshus med trästomme – Upp-följning av Kv Limnologen och Kv Rya, Rydebäck, Sveriges Provnings- och Forskning-sinstitut, SP Rapport 82 p. Available: <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ri:diva-4818>.

Serrano, E. (2009). Documentation of the Limnologen project: overview and summaries of sub projects results, Reports: School of Technology and Design 56, Växjö University, Växjö, 94 p. Available: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:234455/FULLTEXT01.pdf>.

SFS-EN 335, (2013). Suomen Standardisoimisliitto SFS, Helsinki, pp. 14.

Stora Enso Wood Products Oy: Kuivumis-kastumiskoe LVL-X (ei yleisesti saatavilla).

Teriö, O., Koskenvesa, A. & Palolahti, T. (2011). Rakennustuotannon kosteudenhallinta ja kuiva rakentaminen, in: Koskenvesa, A., Heloma, T. & Laine, S. (ed.), Rakentajain kalenteri 2012, Rakennustieto, Helsinki.

Toivari, O. (2011). Kosteudenhallinnan ja sääsuojauksen taloudellinen tarkastelu, Tampereen teknillinen yliopisto, 50 p.

Työturvallisuuskeskus. Riskimatriisi, Available (accessed 24.5.2017): https://ttk.fi/files/375/414/riski_matriisi.jpg.

Uttørking og forebyggende tiltak (2006). in: Byggforskserien, SINTEF Byggforsk, Trondheim.

Uudet puurakennejärjestelmät - loppuraportti, (2012). Kemin Digipolis, Kemi, 62 p. Available: <https://www.tornio.fi/filewrap.php?c=&f=PuuRakeLoppuRaportti31.12.2012.pdf>.

Vatne, M.E. (2016). Taktplanlegging og-gjennomfring ved Moholt 50| 50-Case-studie, NTNU, 41 p.

Vinha, J., Laamanen, P., Laukkarinen, A., Pentti, M., Åström, G. & Suonketo, J. (2014). Rakennusfysiikka: 1, Rakennusfysikaalinen suunnittelu ja tutkimukset, RIL 255-1-2014, Suomen Rakennusinsinöörien liitto, Helsinki, 500 p.

Vinha, J., Laukkarinen, A. & Mäkitalo, M. (2013). Ilmastonmuutoksen ja lämmöneristyksen lisäyksen vaikutukset vaipparakenteiden kosteusteknisessä toiminnassa ja rakennusten energiankulutuksessa, 159, Tampere University of Technology, Tampere, Tutkimusraportti / Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennustekniikan laitos, Rakennetekniikka, 47 p. Available (accessed 24.5.2017): <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-15-2949-8>

Wichtige Hinweise für den Umgang mit Brettsper Holz (2012). Studiengemeinschaft Holzleimbau e.V, Wuppertal, Itävalta.

Ympäristöministeriö (2016). Luonnos asetukseksi rakennuksen kosteusteknisestä toimivuudesta 21.12.2016 Available (accessed 24.5.2017): [http://www.ymparisto.fi/FI/Ajankohdista/Lausuntopyynnot_ja_lausuntoyhteenvedot/Lausuntopyynto_luonnoksesta_ymparistomin\(41550\)](http://www.ymparisto.fi/FI/Ajankohdista/Lausuntopyynnot_ja_lausuntoyhteenvedot/Lausuntopyynto_luonnoksesta_ymparistomin(41550)).

LIITE A: WOOD CITY –PROJEKTIN KOSTEUDENHALLINTA- SUUNNITELMA (VERSIO 3.1.2017)



KOSTEUDENHALLINTASUUNNITELMA

WOOD CITY, JÄTKÄSAARI



20.10.2015
PÄIVITETTY 3.1.2017

Sisällys:

1	KOHTeen KUVaus	2
2	YHTEENVETO TYÖMAAN TOTEUTUSVaiHEEN Kosteudenhallinnasta	2
3	Kosteudenhallinnan organisaatio ja tehtävät	4
4	Henkilöstön sitouttaminen ja perehdyttäminen	5
5	Kosteudenhallinnan tavoitetaso ja riskit	5
5.1	Tavoitetaso	5
5.2	Riskit	6
5.2.1	Materiaalien homehtuminen	6
5.2.2	Työmaan olosuhteiden hallinta	6
6	SÄÄSUOJAUS	6
6.1	Kuljetukset ja varastointi	6
6.2	Holvien sääsuojaus	7
6.3	Vedenpoisto holvilta	8
6.4	Runkorakenteen sääsuojaus	8
6.4.1	Kantava ulkoseinärakenne	8
6.4.2	Kevyet ulkoseinärakenteet	8
7	TOIMENPITEET VESIVAHINKO TILANTEESSA	8
7.1	Toimenpidekuvaus vahingon sattuessA	8
7.2	Ensitoimenpiteet	8
7.3	LAAJUUDEN KARTOITTAMINEN	9
7.4	PURKUTYÖT	9
7.5	KUIVATUS	9
7.6	JÄLLEEN RAKENTAMINEN	9
7.7	DOKUMENTOINTI	10

1 KOHTEEN KUVAUS

Tämän kosteudenhallintasuunnitelman kokonaisuus käsittää kaksi 8 kerroksista puukerrostaloa. Rakennukset rakennetaan Helsingin Jätkäsaareen. Rakennuspaikka sijaitsee meren rannassa, joten rakennuspaikka asettaa kosteustekniset vaatimukset rakentamiselle aikana sekä valmiin käytössä olevan rakennuksen ulkovaipparakenteelle.

Rakennusten perustukset tehdään teräsbetonirakenteisina. B- talon kellarin seinät tehdään vesitiiviistä betonista paikallavalettuna rakenteena. B- ja A- talon 1. kerroksen seinärakenteet tehdään betonielementti rakenteisina. Rakennuksen alapohjarakenteena on 100 mm paksu maanvarainen betonilaatta sekä paalutettavalla alueella 150 mm paksu kantava alapohjalaatta. 1 –ja 2. kerroksen välinen välipohjarakenne on kantava 265 mm vahva kuori-laatta.

Rakennuksen kantavana runkona on LVL- elementeistä paikalla rakennettu puurunko, jonka ulkopuolelle asennetaan puurakenteiset suurelementit. Kantavan runkorakenteen sisäpuolelle asennetaan GF 15 kipsilevy, jonka päälle tehdään paikallarakennettu rankarakenteinen koolaus, mineraalivilla ja 2 x kipsilevy. Rakennuksen pitkille sivuille asennetaan runkovaiheessa 25 mm paksut LVL – levyt, jotka helpottaa rakennuksen runkovaiheessa työmaan olosuhteiden hallintaa. LVL- levyjen ulkopuolelle rakennetaan puurakenteista suurelementeistä ulkoseinät. Suurelementeissä on paikallaan lämmöneristeet, tuulensuojat, ulkoverhousmateriaalit sekä ikkunat.

2 YHTEENVETO TYÖMAAN TOTEUTUSVAIHEEN KOSTEUDENHALLINNASTA

Kosteudenhallintaan liittyvät toimenpiteet ja asiat tarkentuvat rakennushankkeen aikana. Tähän kuvaukseen on kirjattu tämän hetken suunnitelma ja toteutustietojen mukaiset asiat. Kosteudenhallintaan liittyvät detaljit on esitetty rakennepiirustuksessa R D9095.

Toteutussuunnittelu

Suunnitteluperiaatteena on välttää umpinaisia kotelorakenteita, joita ei voida tarkastaa. Detalji suunnittelussa otetaan huomioon rakennusaikaisen kosteudenhallinnan asettamat vaatimukset. Rakennesuunnitelmiin tehdään ulkopuolinen rakennusfysikaalinen suunnitelmien tarkastus. Tarkastajana toimii Jukka Lahdensivu, Ramboll Oy.

Elementtien tarkastus ennen asennustyötä

Elementtien kosteustekninen kunto tarkastetaan silmämääräisesti ennen asennustyön aloittamista. Elementtien tarkastuksesta vastaa puuosatoimittajan kosteudenhallinnasta vastaava henkilö. Vastuuhenkilö nimetään ennen puuosatoimituksen aloittamista. Kuljetuksen ja varastoinnin aikana mahdollisesti tapahtuneet kastumiset dokumentoidaan ja kuivatus/korjaus toimenpiteet aloitetaan välittömästi, lisävaurioiden välttämiseksi. Mahdollisten kastuneiden rakenteiden ja rakennusosien tehostetusta kuivatuksesta laaditaan erillinen työohje. Elementtien tarkastuksesta vastaa puuosatoimittajan kosteudenhallinnasta vastaava henkilö.

Rungon pystyrakenteiden sääsuojaus

Suurelementit asennetaan kaistoittain alhaalta ylös.

Runkorakenteiden pystytysurakoitsija laatii ennen asennustyön aloittamista suunnitelman, jossa otetaan huomioon kosteudenhallintaan liittyvät asiat.

Elementiasennuksen asennustyösuunnitelmassa tulee huomioida myös kosteusturvallisen asentamisen vaatimat asiat. Suunnitelman laatimisesta vastaa puuosatoimittajan kosteudenhallinnasta vastaava henkilö.

Rungon vaakarakenteiden sääsuojaus

Kosteuden nousu betonirakenteesta puuosiin estetään vedeneristein ja/tai eristekaistalla.

Elementtirakenteiden syrjäpinnat pinnoitetaan tehtaalla hydrofobisella pinnoitteella. Pinnoitteiden toimivuudesta ja toiminnasta on tehty erillinen testaus, jonka perusteella vaakarakenteen yläpintaa ei pinnoiteta.

Seuraamalla sääennusteita arvioidaan sääsuojauksen tulevaa tarvetta ja resurssien varauksen varten. EPDM-kumisuojaus tehdään aina seisokin ajaksi. Lisäksi voidaan käyttää täydentäviä keinoja.

Ulkoseinien ja huoneistojen välisten seinien viereen asennetaan korokepuut. Korokepuilla muodostetaan kaukalo, joka estää veden valumisen tasojen päältä elementtien ja kevyiden seinäelementtien rakenneliittymiin. Kaukaloon asennetaan sadevesiviemäri, jolla tasoilta poistetaan vesi kaupungin sadevesiviemäriin. Pinnalle lammikoitua vesi poistetaan lasaamalla vesi sadevesiviemäriin. Elementtikylpyhuoneen kohdalle tuleva välipohjan tasolla oleva syvennys suojataan kevytkatolla. Seinän ja tason liitoskohdat suojataan seinäelementin alareunaan asennettavan EPDM kumikaistan avulla. EPDM kumikaistan asennuksen detaljisuunnittelussa huomioidaan nurkka ja liittymäkohtien saumaton asennus. Vaakarakenteiden sääsuojauksesta vastaa pääurakoitsijan sekä puuosatoimittajan kosteudenhallinnasta vastaavat henkilöt yhdessä.

Kevyet ulkoseinärakenteet

Rakennuksen pitkillä sivuilla kevyiden ulkoseinärakenteiden kohdalla ulkoseinälinjoille asennetaan 25 mm paksut LVL- levyt. Levyt asennetaan ulkoseinärakenteen pystyrunkoon, joka toimii levyjen tuulijäkistykseenä. Levyt asennetaan elementtiriveinä alhaalta ylöspäin. LVL- levyt on sääsuojana ulkoseinälinjoilla siihen asti kunnes rakennus on harjankorkeudessa ja vesikatto on rakennettu vedenpitäväksi.

Vesikaton valmistumisen jälkeen LVL- levyjen päälle asennetaan suurelementit, joissa on paikallaan lämmöneristys, tuulensuoja, ulkoverhous sekä ikkunat. Suurelementit asennetaan elementtiriveinä alhaalta ylöspäin. Jos yhden elementtirivin asennus jää työvuoron jälkeen kesken, suojataan ylimmän elementin yläpää yön ajaksi riittävän pituisella EPDM kumikaistalla.

Pintarakenteiden asennus

Kevyen ulkoseinärakenteen sisäpinnassa olevan LVL- levyn kosteus mitataan ennen kipsilevyjen ja pintarakenteiden asentamista. Myös kantavien LVL- levyjen kosteuspitäisyys selvitetään sekä mikrobiologinen kunto tutkitaan silmämääräisesti ennen sisäpuolisten kipsilevyjen asennustyötä. Pintarakenteiden asennuksen kosteusturvallisesta asentamisesta vastaa pääurakoitsijan kosteudenhallinnasta vastaava henkilö. Kosteudenhallinnasta vastaava työnjohtaja on eri henkilö kuin vastaava työnjohtaja.

Vesikatteen asennus

Välittömästi rungon asennustyön jälkeen asennetaan rakennuksen vesikate ja vesikaton väliaikainen vedenpoistojärjestelmä. Vesikaton rakentamisen aikaisesta kosteusturvallisesta rakentamisesta vastaa pääurakoitsijan kosteudenhallinnasta vastaava henkilö.

Olosuhdeseuranta

Rakenteiden kuivumisen ja kuivana pysymisen varmistamiseksi jokaiseen erilliseen tilaan asennetaan vähintään kaksi tallentavaa olosuhteidenseurantamittalaitetta (mittaa ilman suhteellista kosteutta ja lämpötilaa). Olosuhteiden seurantalaitteiden tallentama mittaus-

tieto puretaan tietokoneella viikon välein. Seurantamittaustiedon perusteella ohjataan tilojen olosuhteiden hallintaa. Rakenteiden tehokkaan kuivumisen kannalta tilan ilman suhteellisen kosteuden tulee olla 45 – 55 RH% ja lämpötilan yli +10 °C. Mahdollisten kotelarakenteiden kastumista seurataan työmaan aikaisella olosuhdeseurantamittauksella. Mittaustapahtumien toteuttaminen on suunniteltu kosteudenmittaussuunnitelmassa. Työmaanaikaisesta työmaan olosuhteiden seurannasta vastaa pääurakoitsijan kosteudenhallinnasta vastaava henkilö.

Ennen pintarakenteiden asennusta tehtävät kosteusmittaukset

Rakenteiden ulkopinnan sekä kaikkien sisätilojen puisten pintarakenteiden kunto tarkastetaan aistinvaraisesti ennen sisäpuolisten pintarakenteiden asennustyötä. Pinnoitettavuutta arvioitaessa otetaan huomioon tulevien pintamateriaalin laatu. Rakenteiden pinnoitettavuuskriteerit ja tehtävien kosteusmittausten määrä on kirjattu rakennetyypeittäin kosteusmittaussuunnitelmaan. Vaurioituneet materiaalit uusitaan ennen sisäpuolisten materiaalien asennusta.

3 KOSTEUDENHALLINNAN ORGANISAATIO JA TEHTÄVÄT

Pääurakoitsija on vastuussa työmaan kosteudenhallinnasta. Työmaapäällikkö vastaa aina ensisijaisesti kosteudenhallinnan käytännön toteutuksesta. Työmaan kosteudenhallintaorganisaatioon tulee nimetä pääurakoitsijan puolelta yksi henkilö. Puuosatoimittaja nimeää työmaalle yhden kosteudenhallinnan asiantuntija, joka hoitaa rakennuksen runkotyön aikaista kosteudenhallinnan valvontaa. Lisäksi työn tilaaja (ATT) nimeää oman kosteudenhallinnan asiantuntijan.

Projektinjohdosta vastaavat henkilöt ja organisaatiot:

- Pääurakoitsija SRV Rakennus; Antti Aaltonen, Projektipäällikkö
- Pääurakoitsija SRV Rakennus; Robert Holmström, Suunnittelupäällikkö
- Pääurakoitsija SRV Rakennus; Ari Patolahti, Työmaapäällikkö
- Puuosatoimittaja StoraEnso; Juha Ahtiainen, Projektipäällikkö

Projektin kosteudenhallinnasta vastaavat henkilöt ja organisaatiot:

- Pääurakoitsija SRV Rakennus: Daniel Karlsson
 - o Perehdyttämisestä kosteudenhallintaan työmaalla
 - o Muiden kuin puurakenteiden kuivaketjusta ja rakentamisen aikaisen sääsuojauksen toteuttamisesta tuotteiden varastoinnin, asennusten ja rakentamisen aikana
 - o Puukerrosten suojauksen ja kuivumisen menettelytavoista
 - o Rakennuksen suojauksen ja kuivattamisen menettelytavoista
 - o Betonirakenteiden kosteusmittaus rakenteiden kelpoisuuden varmistamiseksi
- Puuosatoimittaja StoraEnso: Magnus Andersen / Woodcon
 - o Puutuotteiden kosteudenhallinnan kuivaketjun toteutuminen valmistuksesta työmaalle ja asentamiseen
 - o Puutuotteiden kosteudenhallinnan opastus työmaatoimijoille
 - o Puurakenteiden kosteusmittaus rakenteiden kelpoisuuden varmistamiseksi

- Pääurakoitsija/puuosatoimittaja; ilmoitetaan myöhemmin, kosteudenhallinnan asiantuntija/valvoja, työmaan ulkopuolinen henkilö
 - o Tekee työmaakierroksia ja tarkastaa, että työt etenee työmaalla yhteisesti sovittujen pelisääntöjen mukaisesti sekä kosteusturvallisesti. Raportoi havaitsemistaan epäkohdista työmaan kosteudenhallinnasta päävastuussa olevalle henkilölle.
- Rakennuttaja ATT:n kosteudenhallinnan valvojana toimii Petri Mannonen / Vahnen Rakennusfysiikka Oy
 - o Toimii tilaajan edustajana työmaakokouksissa ja valvoo tilaajan etuja työmaan kosteudenhallinnan näkökulmasta. Raportoi viikoittain havainnoitua tilaajan edustajille.

Kosteudenhallinta on heti työturvallisuuden jälkeen tärkein asia työmaalla ja tämän johdosta jokainen työmaakokous alkaa työturvallisuudella ja sitä seuraa kosteudenhallintaan liittyvien asioiden käsittely.

4 HENKILÖSTÖN SITOUTTAMINEN JA PEREHDYTTÄMINEN

Kosteudenhallinta tapahtuu puutuotetoimittajan ja pääurakoitsijan yhteistyönä. Molemmat tahot nimeävät kosteudenhallinnasta vastaavat henkilöt.

Koko työmaan toteutusorganisaation sitouttamiseksi kosteudenhallintaan tehdään seuraavia toimenpiteitä:

Pääurakoitsijan edustaja perehdyttää työmaahenkilöstön (SRV:n ja StroraEnson henkilöstö, alihankkijat) kosteudenhallintaan ja siihen liittyviin tarkastuksiin, tämän asiakirjan ja kosteusmittaussuunnitelman mukaisesti.

- Työmaan kosteusriskit ja toteutukseen liittyvät kosteudenhallinnan vaatimukset selvitetään kaikille työmaatoimijoille
- Työmaatoimijoiden näkemykset otetaan huomioon kosteudenhallinnan organisoinnissa mahdollisimman sujuvan työprosessin turvaamiseksi
- Palautejärjestelmä ja yhteinen läpikäynti ensimmäisen puukerroksen noston jälkeen, jotta onnistumiset ja ongelmat saadaan selvitettyä ja miten toimintaa ja suunnitelmaa voidaan parantaa.
- Työntekijöiden / työryhmien tekemään TRA-arviointiin lisätään kosteusriskit, jolloin jokainen työntekijä voi tuoda parannusehdotuksia kosteudenhallinnan toteuttamiseen.

5 KOSTEUDENHALLINNAN TAVOITETASO JA RISKIT

5.1 TAVOITETASO

Kosteudenhallinnan tavoitteena on tuottaa terveellinen ja turvallinen rakennus

- Kosteusriskien tunnistamisella ja niihin reagoimalla
- Kosteudenhallinnan selkeällä vastuun jakamisella
- Rakennustarvikkeiden ja rakenteiden riittävällä suojauksella prosessin eri vaiheissa
- Rakennejärjestelmien suunnittelulla siten, että kotelorakenteita vältetään
- Työpäivän päätteeksi sekä tarvittaessa sateiden aikaan työajan ulkopuolella tarkastetaan, että suojaukset ja vedenpoisto on kunnossa.

Kosteudenhallinta perustuu:

- Rakentamisen aikaisen kosteudenhallinnan menettelytapaohje. Helsingin kaupunki, Rakennusvalvontavirasto. Rakennusvalvontaviraston ohje, marraskuu 2014
- RIL 250-2011 Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen
- Hometalkoot-projektin ohjeet, <http://www.hometalkoot.fi/>

Kosteudenhallinnassa noudatetaan RIL 250 – 2011mukaista tehostettua menettelyä:

- Toimijoiden pätevyyden varmistaminen (selvitetään että toimijoilla on sertifikaatit mittauksen suorittamiseen ja riittävästi kokemusta kyseisestä työstä)
- Teknisten ratkaisujen kosteusteknisen toimivuuden varmistaminen (mittaukset, simuloinnit ja asiantuntija-arviot)
- Suunnitelmien ulkopuolinen rakennusfysikaalinen tarkastus
- Työmaan ulkopuolinen valvonta sekä laadunvarmistus
- Tiedonkulun varmistaminen eri toimijoiden välillä

5.2 RISKIT

5.2.1 MATERIAALIEN HOMEHTUMINEN

Materiaalien homehtuminen riippuu materiaalin homehtumisherkkyydestä ja homeenkasvun kannalta kriittisten olosuhteiden vaikutusajasta. Rakenne voi kostua ilman, että homehtumiselle herkkien materiaalien pinnoille muodostuu hometta tai mikrobin kasvua, jos rakenteen kostumiseen reagoidaan riittävän ajoissa. Kosteuden vaikutusajan lyhentäminen kuivatustoimenpiteillä on oleellisin keino vaikuttaa rakenteen kelpoisuuteen.

5.2.2 TYÖMAAN OLOSUHTEIDEN HALLINTA

Rakennuksen runkovaiheen jälkeen tulee huolehtia siitä, että rakenteet saadaan säältä suojaan mahdollisimman nopeasti. Rakennuksen ulkovaippa tulee asentaa umpeen välittömästi kun runko nousee. Alempien kerrosten sisäilmaa lämmitetään ja kuivataan ylempien kerrosten runkotyön aikana. Tällä estetään puurakenteiden kastuminen haitallisessa määrin ulkoilman vesihöyryn vaikutuksesta. Tämän työvaiheen tavoiteltavat olosuhteet ovat sisäilman suhteellisen kosteuden osalta $RH < 75 \%$.

Varsinainen rakenteiden kuivatus alkaa kun koko tilan ulkovaippa on ummessa ja lämmöneristetty. Tämän työvaiheen tavoiteltavat olosuhteet ovat huoneilman suhteellinen kosteus osalta $RH 45 - 55 \%$ ja lämpötilan yli $+10 \text{ }^\circ\text{C}$. Kuivumisen kannalta on tärkeää, että sisäilman olosuhteita seurataan olosuhdeseurantamittalaitteilla. Kun sisäilman olosuhteissa havaitaan muutoksia, mittalaitteiden mittamien tulosten perusteella muutos huomataan riittävän ajoissa ja siihen voidaan puuttua.

Mikäli sisäilman olosuhteissa havaitaan puutteita (kosteus nousee ja lämpötila laskee), olosuhteita parannetaan lisälämmitimillä ja kondenssikuivaimilla.

6 SÄÄSUOJAUS

6.1 KULJETUKSET JA VARASTOINTI

Rakentamisen aikaisen kosteudenhallinnan lähtökohtaisena tavoitetasona on, että lämmöneristetyt rakenteet ja rakennuslevyt eivät pääse kastumaan missään vaiheessa rakentamisen aikana. Rakennus toteutetaan pääosin ilman varsinaista rakennuksen kattavaa sääsuojaa.

Suojauksessa noudatetaan seuraavia periaatteita:

- Kantavat puuelementit (LVL- elementit) suojataan lisäksi kuljetuksen aikana 3 – 4 elementin yhteissuojauksella kutistemuovilla. Elementtejä säilytetään tehtaassa ja työmaan varastointialueella riittävän korkeiden aluspuiden päällä roiskevesivaurioiden välttämiseksi.
- Betonielementit suojataan kuljetuksen aikana siten, että elementtien reunoista tai ikkuna- ja ovi liitoksista ei pääse kosteutta elementtien lämmöneristyskerrokseen. Kuljetuksessa käytetään vähintään korkealaitaista rekkaa.
- Keskeneräiset ja valmiit rakennus- ja laiteosat suojataan työmaalla siten, etteivät ne vahingoitu tai kastu asennustyön taukojen ja keskeytysten aikana.
- Rakennuselementtien suojaus
 - Runkorakenteiden suojaukset poistetaan asentamisen yhteydessä
 - Elementtien suojaukset poistetaan, kun julkisivut on suojattu julkisivurakenteiden asentamista varten
 - Betonielementtien suojaukset poistetaan asennusvaiheessa
- Ulkona peitettynä varastoitavat rakennustuotteet
 - Muut betonituotteet
 - Metallituotteet
 - Muovipohjaiset lämmöneristeet
- Kosteudelta ja auringolta suojattavat:
 - Muuraustuotteet
 - Runkopuutavara
 - Julkisivutuotteet
 - Talotekniikan putket
 - Mineraalivillaeristeet
- Kylmävarastossa (kontissa) varastoitavat:
 - Arvokas talotekniikka, laitteet, valaisimet, kaapelit
- Lämpimässä ja kuivassa varastoitavat:
 - Pintatuotteet kuten parketit, tapetit, maalit, tasoitteet
 - Kalusteet, varusteet, hanat, kodinkoneet
- Varastointi rakennuksessa rakennustöiden aikana:
 - Rakennustarvikkeet varastoidaan pääsääntöisesti holveille.

Holveille varastoitaessa huolehditaan, että materiaaliniput eivät hidasta rakenteiden kuivumista. Kosteudelle herkimät pintojen – puupintojen – suojauksessa sekä ei-kantavien seinien suojauksessa käytetään hydrofobisia pinnoitteita, jotka vähentävät merkittävästi veden imeytymistä puuhun.

Yhden kerroksen ulkoseinien ja välipohjan arvioitu rakentamisaika on 5 työpäivää.

6.2 HOLVIEN SÄÄSUOJAUS

Rakennuksen tasojen sääsuojaus toteutetaan elementtien syrjäpintoihin ruiskutettavalla hydrofobisella aineella.

Lisäksi huoneistojen ympärille asennetaan padotuskaukaloksi puut, jotka estävät veden pääsyn tasojen päältä kantavien LVL- elementtien ja kevyiden seinäelementtien rakenne-liittymiin.

Elementtikylpyhuoneiden kohdalla tasopinnalla oleva syvennys suojataan työmaalla tehtävällä kevytkatoksella. Katokset siirretään kerroksesta toiseen kun ylemmän kerroksen elementtikylpyhuoneet on asennettu paikoilleen. Lisäksi porrashuoneen porraskatko suojataan työmaalla tehtävällä kevyellä katoksella.

6.3 VEDENPOISTO HOLVILTA

Tasolle pääsevä vesi ohjataan sadeveden poistojärjestelmällä ulos rakennuksen kerrosta-soilta. Rakennuksen tasojen vedenpoistojärjestelmä toteutetaan niin, että jokaisen huoneiston lattiaan asennetaan vedenpoistoreikä, josta vesi johdetaan umpiputkella porrashuoneen nousukuilun kautta kunnan sadevesijärjestelmään. Vedenpoisto järjestetään usean syöksytorven avulla siten, että vedenpoistojärjestelmää nostetaan rakentamisen edetessä. Pinnalle lammikoituva vesi poistetaan lastaamalla vesi sadevesikaivoon. Rakenteiden kuivatus aloitetaan heti, kun ylemmän kerroksen välipohja on yhtenäinen ja sisäilman olosuhteita voidaan lämmittää.

Asennusvaiheessa runkorakenteiden liitokset suojataan, jotta vesi ei pääse imeytymään saumarakenteisiin. Huoneiston ympärille asennetaan padotuspuut, jotta tasopinnoille satava vesi ei kulkeudu tasopinnoilta runkorakenteiden liitoksiin. Runkorakenteiden liitosten suojaus yläpuolelta tulevaa vettä vastaan, toteutetaan LVL- elementin alareunaan asennettavan EPDM kumikaistan avulla.

6.4 RUNKORAKENTEEN SÄÄSUOJAUS

6.4.1 KANTAVA ULKOSEINÄRAKENNE

Kantavien seinälinjojen sääsuojana toimii kantavat LVL- elementit. Elementtien päälle asennetaan puurakenteiset suurelementit, joissa on pystyrunko+ lämmöneristeet, tuulensuojalevyt, ikkunat ja ulkuvuorilaudoitukset paikallaan.

6.4.2 KEVYET ULKOSEINÄRAKENTEET

Rakennuksen pitkillä sivuilla kevyiden ulkoseinärakenteiden kohdalla ulkoseinälinjoille asennetaan LVL-levyt (27 mm), jotka toimii sääsuojana. LVL-elementin päälle asennetaan puurakenteiset suurelementit joissa on lämmöneristeet, ikkunat ja ulkuvuorilaudat paikallaan.

7 TOIMENPITEET VESIVAHINKO TILANTEESSA

7.1 TOIMENPIDEKUVAUS VAHINGON SATTUESSA

1. Poikkeamisraportti (SRV)
2. Kuivatussuunnitelma (Kuivausfirma) -> Lähetys rakennuttajalle, joka hyväksyy suunnitelman.
3. Loppuraportti tapahtumasta -> lähetys rakennuttajalle.

7.2 ENSITOIMENPITEET

Vesivahingon sattuessa tapahtumasta tulee ilmoittaa ATT:n omalle sekä kosteustekniselle valvojalle. Vesivahingon sattuessa on erittäin tärkeää katkaista vesivuoto välittömästi ja poistaa irtovesi lastaamalla sekä vesi-imuria käyttämällä. Onnistuneet ensitoimenpiteet lyhentävät selkeästi vahingoittuneiden rakenteiden kuivumisaikaa. Irtoveden nopealla poistamisella estetään lisävahinkojen syntyminen. Irtoveden tehokkaalla poistamisella lisävahingot jäävät mahdollisimman pieneksi.

8(10)

7.3 LAAJUUDEN KARTOITTAMINEN

Kastuneiden rakenteiden laajuus kartoitetaan ja dokumentoidaan aina ennen purkutöiden aloittamista. Kastuneiden rakenteiden kosteuskartoitus tehdään pintakosteudenilmaisimella ja puun piikkikosteusmittarilla. Lisäksi tarkempia kosteusmittauksia suoritetaan porareikä – tai näytepalamenetelmällä. Kaikki kosteuskartoituksessa tehtävät havainnot ja kosteusmittaustulokset dokumentoidaan (muistio). Muistiossa tulee esittää vahinko päivä, sääolosuhteet ennen vahinkoa, arvio vesivuodon suuruudesta, vaurion laajuus, mittausten menetelmät, purkulaajuus sekä kuivatusmenetelmät. Lisäksi tarvittaessa vaurion korjaustyöstä laaditaan erillinen työohje/korjaussuunnitelma.

7.4 PURKUTYÖT

Lähtökohtaisesti kastuneesta rakenteesta puretaan kaikki kastuneet villa, kipsilevy materiaalit (hydroskooppiset /vettyvät materiaalit). Puu – ja betonirakenteita ei tarvitse purkaa. Ennen rakenteiden korjaamista/rakentamista tulee huolehtia kastuneiden rakenteiden riittävästä kuivuksesta. Mikäli puupinnoille syntyy mustaa homeetta/mikrobikasvustoa, tulee se poistaa mekaanisesti ja pinnat pyyhitään nihkeäpyyhinnällä. Pintojen pudistuksessa ei tule käyttää desinfiointiaineita. Kaikkien rakenteiden sisään jäävien materiaalien kosteuspitoisuus mitataan ennen jälleen rakentamista.

7.5 KUIVATUS

Rakenteiden tehokkaalla kuivaamisella vähennetään huomattavasti rakenteiden homeutumisriskiä. Puurakenteiden kastuessa, kastuneen rakenteen ympärille rakennetaan osastointi, jonka sisäilmaa kuivatetaan kondenssi –tai absorptiokuivaimella. Osastoitavan tilan ilmaa tuuletetaan. Lisäksi tilan sisäilmaa tulee lämmittää lisälämmittimen avulla. Osastoitavan tilan sisäilman olosuhteilla on erittäin suuri merkitys rakenteiden kuivumisen kannalta. Rakenteiden tehokkaan kuivumisen kannalta on oleellista hyvät sisäilman olosuhteet (suhteellinen kosteus ja lämpötila). Sisäilman olosuhteet tulisi olla RH = 50 – 65% ja lämpötila 18 – 22 °C.

Betonirakenteiden kuivumista voidaan tehostaa myös levykuivaimin. Levykuivaimet ovat levyn mallisia kuivaimia, joiden toiminta perustuu infrapuna- eli lämpösäteilyyn. Ne asetetaan esimerkiksi kiinni kostuneeseen betoni seinään tai lattiaan ja levykuivaimesta tulevat lämpösäteet kuivattavat rakenteen. Levykuivaimia on joko siirreltävä sitä mukaan kun betonilaattaa saadaan kuivattua tai sitten niitä on oltava niin paljon että koko kastunut ala saadaan peitettyä.

Jokaisen vesivahingon kuivatus suunnitellaan erikseen tapauskohtaisesti. Kuivatukselta laaditaan erillinen kuivatussuunnitelma, joka lähetetään ATT:lle tarkastettavaksi

7.6 JÄLLEEN RAKENTAMINEN

Puretut rakenteet rakennetaan vanhan mallin mukaisesti takaisin. Ennen jälleen rakentamisen aloittamista tulee rakenteeseen jäävien kastuneiden rakenteiden kosteuspitoisuus todentaa mittaamalla.

7.7 DOKUMENTOINTI

Jokaisesta vesivahinkotapahtuman vaiheista ja etenemisestä laaditaan loppuraportti, johon kasataan kaikki vesivahinkoon liittyvä aineisto. Loppuraportti toimitetaan rakennuttajalle.

Helsingissä 3. päivä tammikuuta 2017
Sweco Asiantuntijapalvelut Oy

Tarkastanut:



Miika Virtanen
Laadunvarmistuspäällikkö



Ilkka Jerkku
Yksikön johtaja