

# Puukerrostalorakentamisen kosteudenhallinta

Olli Teriö, Olavi Penttilä, Anssi Laukkarinen, Sami Musakka ja Juha Vinha  
Tampereen teknillinen yliopisto, rakennustekniikka

## Tiivistelmä

Artikkelissa tarkastellaan puukerrostalorakentamisen kosteudenhallintaa kylmänä vuodenaikana ilman sääsuojateltan käyttöä. Tarkastelu perustuu Jätkäsaarella rakennetun kahden puuviiluelementeistä (LVL) rakennetun puukerrostalon kosteudenhallinnan havainnointiin ja kosteusmittauksiin. Kohteissa huomatiin, että yhteistyön ja asenteen merkitys korostuvat puukerrostalorakentamisen kosteudenhallinnassa. Tarvitaan selkeät suunnitelmat, sopimukset ja vastuutahot kosteudenhallinnan toteuttamiseen ja valvontaan. Teknisesti kosteudenhallinta kylmänä vuodenaikana sisältää vain vähäisiä riskejä, kunhan kosteudenhallinta otetaan huomioon sekä rakenne- että tuotannosuunnittelussa. Hyvien rakennedetaljien, asennusjärjestysten, aikataulujen sekä suojaus- ja kuivatusmenetelmien avulla LVL-puukerrostalo on mahdollista rakentaa kosteusturvallisesti ilman sääsuojateltaakin kylmänä vuodenaikana.

## 1. Johdanto

Puukerrostalorakentaminen on lisääntynyt merkittävästi viime vuosina [1]. Samaan aikaan on huoli rakennusten terveellisyydestä ja hyvästä sisäilmasta kasvanut. Työmaa-aikaisella kosteudenhallinnalla on oma merkityksensä terveellisten rakennusten aikaan saamisessa. Tässä artikkelissa tarkastellaan puukerrostalotyömaan rakenteellista sääsuojausta ja kosteudenhallintaprosesseja. Tarkastelu pohjautuu pääosin Olavi Penttilän diplomityöhön ”Puukerrostalojen kosteudenhallintaprosessi ja sen kehittäminen” [2]. Työssä dokumentoitiin ja arvioitiin Jätkäsaarella talvella 2016-2017 rakennettujen LVL-puukerrostalojen kosteudenhallinnan toteutusta. Tarkastelu ja esitettävät suositukset koskevat vain kylmänä vuodenaikana toteutettavia kohteita.

## 2. Rakennustyömaan kosteudenhallinnan menetelmiä

Työmaalla kosteudenhallinnan ytimessä on rakennuksen olosuhdehallinta eli rakennuksen suojaus, lämmitys ja kuivatus. Sääsuojatelta helpottaisi olosuhdehallintaa huomattavasti ja pienentää rakenteiden säärasitusta ja siten turmeltumisen riskiä. Mikäli sääsuojateltaa ei käytetä, on kosteudenhallinnan suunnittelu huomattavasti haasteellisempaa ja työläämpää.

### 2.1 Rakenteellinen sääsuojaus

Pääperiaate ilman sääsuojatelta rakennettaessa on hyödyntää lopullisia vaippa- ja välipohjarakenteita sadevesien aiheuttamien haittojen ehkäisyyn. Täydellistä sateen estämistä välipohjille ei tarvita, kun rakenteet suunnitellaan kestävänsä niihin kohdistuvat kosteusrasitukset ja esimerkiksi lumi- tai sadevedet poistetaan holveilta ja rakenteista nopeasti. Sadevesien tai lumen pääsyä rakennukseen ja rakenteiden sisään voidaan tehokkaasti rajoittaa, kun asia huomioidaan jo rakennesuunnittelun yhteydessä.

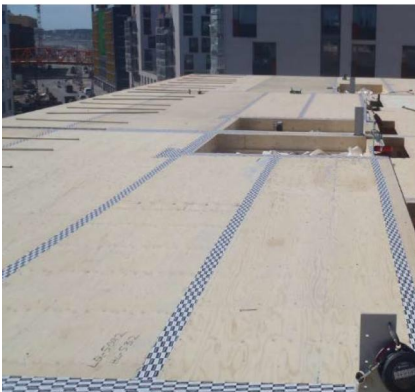
Elementit on toisaalta suunniteltava kestävänsä asennusaikaista säärasitusta ja toisaalta niillä on voitava suojata muita rakennuksen rakenteita. Esimerkiksi case-kohteen runko- ja

välipohjajaelementeissä ei pehmeitä lämmöneristeitä ollut lainkaan valmiiksi asennettuina. Vasta vesikattotöiden jälkeen ulkoseiniin asennettiin lämmöneristeet kevyiden US- tai verhoiluelementtien mukana (Kuva 1). Samoin ääneneristykseen käytetyt mineraalivillaeristeet asennettiin vesikattotöiden jälkeen, kun rakenteet olivat kuivuneet riittävästi.



Kuva 1. Lämmöneristeitä ei asenneta ennen kuin vesikatto on vedenpitävä.

Rakenteiden suunnittelussa on huomioitava, että rakenteisiin ei saa jäädä vesipesiä. Kotelomaisissa rakenteissa niitä voidaan ehkäistä poraamalla runsaasti reikiä sopiviin kohtiin. Erityisesti on huomioitava mahdollisten kylpyhuone-elementtien ylä- ja alapuoliset rakenteet. Elementin alla on usein syvennys, johon vesi kerääntyy, ellei sitä johdeta hallitusti viemäriin tai välipohjille näkyville. Välipohjilta vesi voidaan poistaa esimerkiksi lastoilla tai vesi-imureilla. Lisäksi kylpyhuone-elementin pohjarakenteiden tulisi olla sellaisia, jotka mahdollistavat kosteuden mittaamisen ja tehokkaan tuuletuksen. Ainakin näköyhteys elementin alle pitäisi järjestää silmämääräistä laadunvarmistamista varten. Sadeveden kulkeutumista välipohjilta rakenteiden sisälle voidaan estää teippaamalla välipohjajaelementtien saumat (Kuva 2).



Kuva 2. Välipohjan teippaus. Välipohjien teippauksella estetään sadeveden kulkurakenteisiin ja alempiin kerroksiin.

Käytetyt puulajit määräävät kosteuden hallinnan vaatimustasoa. Kuusesta valmistetut LVL-levyt kestivät case-kohteessa talvikaudella esiintyneitä kosteusrasituksia selvästi paremmin, kuin korkeamman puristuslujuuden omaava koivuvaneri. Yleisesti puun homehtumiselle kriittisenä kosteuspitoisuutena on esitetty 20 paino-% [3], mutta case-kohteessa käytettiin raja-arvona 17 paino-%. Mittausten perusteella rakenteet pysyivät pääsääntöisesti tämän raja-arvon alla, mutta hetkittäin ja paikoitellen se ylitettiin. LVL-elementtien osalta ei kuitenkaan havaittu hetkellisten ylitysten aiheuttaneen vahinkoa.

Case-kohteen seinäelementtien leikkauspintoissa (päädyt, oviaukot, jne.) käytettiin suojaukseen hydrofobista suoja-ainetta, mutta viilupintoja ei käsitelty, koska se suojaamisen lisäksi myös

hidastaa kuivumista. Seinien alaosissa käytettiin epoksipohjaista suojakäsittelyä, vaikka tavoite on pitää ne kuivina.

## 2.2 Suojapeitteet

Case-kohteessa hyödynnettiin myös suojapeitteitä. Ensin rakennetussa talossa pitkähkön asennustauon aikana holvi suojattiin kevytpeitteillä. Peitteiden poiston jälkeen kuitenkin havaittiin, että peiton alle oli tiivistynyt vesihöyryä ja se oli myös jäänyt. Peittämisen hyöty jäi siten olemattomaksi. Pakkaskauden aikana välipohjien hyödyntäminen rakenteellisena sääsuojana on riittävää. Yli +5 asteen lämpötilassa, kun homeen synnyn edellytykset paranevat, tulee pitkäaikaisissa suojauksissa varmistaa suojauksen alle toimiva tuuletus. Ilman suhteellinen kosteus ei saa nousta haitalliselle tasolle suojapeitteiden alla. Alle 60% suhteellista ilman kosteutta voidaan pitää sopivana raja-arvona. Myöhemmin rakennetussa talossa julkisivut suojattiin kauttaaltaan suojapeitteillä viistosateen aiheuttaman kosteusrasituksen ehkäisemiseksi.

## 2.3 Kuivatus ja lämmitys

Rakennuksen kuivumisolosuhteiden perusta luodaan lämmityksellä ja tuuletuksella (kuva 3). Rakennuksen ilmanvaihdolle tulisi järjestää reittejä työmaavaiheessa esimerkiksi väliaikaisten ovien raoista, talotekniikan varauksista ja tuuletusikkunoista, joita avaamalla tai sulkemalla voidaan säätää kuivumisolosuhteet hyväksi energiaa kuitenkin tuhlaamatta. Talvella rakennettaessa ulkoilma on kuivaa ja kuivumisen järjestäminen on helppoa. Kuivumista voidaan tarvittaessa tehostaa myös puhaltimilla koneellisilla kuivureilla.



*Kuva 3. Riittäväällä lämmityksellä ja ilmanvaihdolla nopeutetaan rakenteiden kuivumista. Ilmanvaihdon riittävyys varmistetaan ilman suhteellisen kosteuden mittaamisella, jonka tulisi olla 40-60% välillä.*

Sisäilman suhteellisen kosteuden mittaamisella voidaan varmistaa sopiva tuuletus kohteessa. Alle 40 % suhteellisessa kosteudessa voidaan tuuletusta vähentää ja yli 60 % kosteudessa lisätä. Kun työmaalla sisäilman ilman lämpötila on yli 10 astetta ja ilman suhteellista kosteus alle 60%, rakenteet alkavat kuivua nopeasti. Mikäli rakenteet ovat kastuneet paljon, saattaa liian nopea kuivuminen olla jopa haitallista. Epätasainen elementin pinnan ja sisäosan kosteusmuodonmuutos saattaa aiheuttaa halkeamia elementteihin.

### 3. Kosteudenhallinnan suunnittelu ja laadunvarmistus

#### 3.1 Hankeprosessi ja hankkeen organisointi

Case-kohteessa käydyissä keskusteluissa kävi ilmi, että kosteudenhallinnan suunnittelussa, toteutuksessa ja sen valvonnassa vastuukysymykset ovat tärkeitä. Esimerkiksi tilaajan kosteudenhallintaa koskevien vaatimusten toteuttamisessa esiintyi puutteita. Joidenkin sääsuojaustoimenpiteiden suorittaminen jäi niin sanotusti ei-kenenkään maalle. Vuoden 2018 alussa voimaa astuva asetus rakennuksen kosteusteknisestä toimivuudesta [4] tuonee asiaan jämäkkyyttä. Pääsuunnittelijan on huolehdittava siitä, että hankkeessa laaditaan kosteudenhallintaselvitys ja vastaavan työnjohtajan on huolehdittava työmaan kosteudenhallintasuunnitelman laadinnasta.

Kosteudenhallinnan prosessissa tärkeää on saada kaikki rakennushankkeen osapuolet sitoutumaan yhteisiin kosteudenhallinnan tavoitteisiin. Parhaiten se onnistuu ottamalla kaikki toimijat varhaisessa vaiheessa kosteudenhallinnan suunnitteluun mukaan. Kosteudenhallinnan vaatimukset eli kosteudenhallintaselvitys on ehdottomasti liitettävä pääurakan tarjouspyyntöön.

#### 3.2 Rakennushankkeen kosteudenhallintaselvitys ja työmaan kosteudenhallintasuunnitelma

Edellä mainitun asetusluonnoksen [3] mukaan pääsuunnittelijan on huolehdittava rakennushankkeen kosteudenhallintaselvityksen laatimisesta. Siinä esitetään kosteudenhallinnan vaatimuksia kaikkiin hankkeen vaiheisiin sekä toimintatavat vaatimusten toteutuksen varmentamiseen. Rakennushankkeen kosteudenhallintaselvitykseen on sisällyttävä

- hankkeen yleistiedot,
- vaatimukset kosteudenhallinnalle hankkeen eri vaiheissa,
- toimenpiteet ja menettelyt kosteudenhallinnan vaatimusten varmentamiseen sekä
- kosteudenhallinnan henkilöresurssit.

Rakennushankkeen kosteudenhallintaselvitykseen on sisällyttävä myös tieto hankkeen kosteudenhallinnan valvonnasta vastaavasta henkilöstä.

Vastaavan työnjohtajan on huolehdittava työmaan kosteudenhallintasuunnitelman laatimisesta rakennushankkeen kosteudenhallintaselvitykseen pohjautuen. Siinä on esitettävä kosteudenhallinnan toimenpiteiden lisäksi myös rakennusvaiheittain kosteudenhallinnasta vastaavat henkilöt. Työmaan kosteudenhallintasuunnitelman sisältöön sovelletaan rakentamisen suunnitelmista ja selvityksistä annetun ympäristöministeriön asetuksen 15 §:ää [5], jossa kerrotaan että ”Työmaan kosteudenhallintasuunnitelmaan on sisällyttävä tieto toimenpiteistä, joilla rakennusaineet ja -tuotteet sekä rakennusosat suojataan sään aiheuttamilta tai työmaan olosuhteista johtuvilta haittavaikutuksilta sekä toimenpiteistä, joilla rakennusaineiden ja -tuotteiden sekä rakennusosien kosteudensuojaus toteutetaan ja rakenteiden kuivuminen varmistetaan.” Suositeltavaa on, että kosteudenhallintasuunnitelmassa on esitetty kaikki työmaalla käytettävät suojaustavat ja selkeät raja-arvot olosuhteille, joissa rakennetaan. Lisäksi voidaan esittää vaatimuksia väliaikaiselle sadevesien viemäroinnille sekä lumikolien ja vesimureiden käytölle.

### 3.3 Aikataulu ja työjärjestykset

Nopea rungon ja julkisivurakenteiden asennus merkitsee kosteusrasitusten ja –riskien pienentämistä sekä kuivumisen nopeutumista. Nopeuden saavuttamiseksi suunnittelijoiden on syytä tehdä yhteistyötä asennusurakoitsijan kanssa, sillä kiinnitysten määrä ja laatu ovat merkittäviä asennusnopeuden kannalta. Esimerkiksi höyrynsulun asennus liitoskohdissa on tyypillinen asia, joka edellyttää usein sekä suunnittelijoiden että urakoitsijoiden yhteistyötä (Kuva 4).



*Kuva 4. Höyrynsulun ehjyys välipohjien kohdalla on haasteellista ulkoseinäelementtien kiinnikkeiden vuoksi. Höyrynsulku on otettava huomioon sekä rakenteiden liitosten suunnittelussa, että työjärjestyksiä suunniteltaessa.*

### 3.4 Työmaan olosuhteiden seuranta

Tavoitteena tulee olla, että työmaalla saadaan mahdollisimman pian aikaiseksi hyvät kuivumisolosuhteet, jotta rakennuskosteus saadaan kuivattua. Silmämääräinen veden ja kosteuden tarkkailu on lähtökohta kuivumisen varmistamiseen. Lammikot on kuivattava mahdollisimman pian eikä kosteutta saa näkyä rakenteiden pinnoilla useita päiviä.

Lämpötilaa ja suhteellista kosteutta työnjohdon on helppo seurata työmaalla esimerkiksi käsikäyttöisillä ilmankosteusmittareilla. Sisä- ja ulkoilman olosuhteiden lisäksi tarvitaan tietoa myös rakenteiden kosteuksista esimerkiksi ennen vesieristeiden ja pintamateriaalien asentamista.

Luotettavin puun kosteuspitoisuuden määrittäminen on koepalojen poraaminen ja niiden punnitseminen laboratoriossa ennen ja jälkeen kuivattamisen. Menetelmä on kuitenkin hidas ja työläs. Case-kohteissa koepalamittausten tulokset täydensivät ja varmistivat silmämääräisten havaintojen ja rakenteista tehtyjen porareikämittausten tuloksia. Porareikämittauksessa liimakerrokset saattavat häiritä luotettavien tulosten saantia. Yksi mahdollinen ratkaisu on viistää kosteusanturin asennusputken pää putken halkaisijan pituiselta matkalta, mikä mahdollistaa kosteuden vapaamman tasaantumisen useamman viilun matkalta.

Case-kohteessa tehtiin mittauksia myös puikkokosteusmittarilla ja pintakosteuden osoittimilla, koska tuotannon ohjauksen näkökulmasta tarvitaan helppoja ja nopeita menetelmiä kosteuden mittaamiseen. Puikkokosteusmittaria käytetään yleisesti puun kosteuspitoisuuden mittaamiseen, mutta LVL-elementtien kosteusmittauksiin se sopii huonosti tai ei ollenkaan.

Puikkokosteusmittarin piikit on lyötävä riittävän syvälle eli noin 5 millimetrin syvyyteen

luotettavan tuloksen saamiseksi. Kutenkin kolmen millimetriä paksujen viilujen välissä oleva liimakerros vääristää tuloksia, koska sen sähkönjohtavuus poikkeaa suuresti puun sähkönjohtavuudesta. Pintakosteudenosoittimien antamat tulokset eivät juurikaan anna lisätietoa pelkkään silmämääräiseen arviointiin verrattuna.

#### 4. Yhteenveto

Puukerrostalorakentamisen kosteudenhallinta on monitahoinen haaste. Haasteiden selättämiseen tarvitaan selkeä organisaatio sekä täsmälliset suunnitelmat ja sopimukset. Keskeisiä asiakirjoja ovat hankkeen kosteudenhallintaselvitys ja työmaan kosteudenhallintasuunnitelma. Yhdessä ne voivat antaa hankkeelle edellytykset kosteudenhallinnassa onnistumiseen.

Kosteudenhallinnan prosessissa tärkeää on saada kaikki rakennushankkeen osapuolet sitoutumaan kosteudenhallinnan tavoitteisiin. Parhaiten se onnistuu ottamalla kaikki toimijat varhaisessa vaiheessa kosteudenhallinnan suunnitteluun mukaan. Yhteistyö tilaajan, pääsuunnittelijan, erikoisuunnittelijoiden, vastaavan työnjohtajan ja puuosatoimittajien kesken on välttämätöntä. Kaikkien on puhallettava yhteiseen hiileen eikä tärkeitä tehtäviä saa jäädä ”ei-kenenkään maalle.” Kosteudenhallinnan vaatimukset eli kosteudenhallintaselvitys on ehdottomasti liitettävä pääurakasopimukseen sekä rakennuksen runkoa ja vaippaa koskeviin sopimuksiin.

Kylmänä vuodenaikana rakenteellinen sääsuojaus on riittävää, kun 1) rakenteet suunnitellaan useaan suuntaan kuivuviksi ja kestäväksi kosteusrasitusta, 2) veden ja lumen poistaminen hoidetaan nopeasti ja 3) rakenteille luodaan lämmityksellä ja ilmanvaihdolla hyvät kuivumisolosuhteet veden tulon loppumisen jälkeen. Laadunvarmistuksessa asenne ja osaaminen ovat tärkeämpiä kuin suurikaan määrä mittaustuloksia, koska mittaustuloksiin reagoiminen edellyttää jo kohonneita kosteuksia. Lumen ja veden valumisen rajaaminen, ohjaaminen ja poistaminen on oltava päivittäin vastuullisesti hallinnassa.

#### Lähdeluettelo

- [1] 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.
- [2] Penttilä, O. 2017. Puukerrostalorakentamisen kosteudenhallintaprosessi ja sen kehittäminen. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto. Tampere. 52s.
- [3] Suomen Standardisoimisliitto. Puurakenteiden toteuttaminen. Rakennuksien kantavia rakenneosia koskevat säännöt. SFS Standardi 5978.
- [4] Ympäristöministeriön asetusluonnos rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta (luonnos 21.7.2017). Ympäristöministeriö.
- [5] Ympäristöministeriön asetus (216/2015) rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä