



Juho Tauriainen

Rakentamisohje Sikla Oy:n matala- rakentamisen asuntotuotantoon

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma

Insinöörityö

2.5.2022

Tiivistelmä

Tekijä:	Juho Tauriainen
Otsikko:	Rakentamishoje Sikla Oy:n matalarakentamisen asunto- tuotantoon
Sivumäärä:	30 sivua
Aika:	2.5.2022
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine:	Projektinhallinta
Ohjaajat:	Lehtori Markus Immonen Työpäällikkö Jarmo Hyttinen

Tämä opinnäytetyö tehtiin Sikla-konserniin kuuluvalla Siklatilat Oy:lle, joka toimi työn tilaajana. Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda rakentamishoje, jossa esitetään Sikla Oy:n matalarakentamisen asuntokohteissa käytettävät perusrakennusratkaisut ja niiden toteutustavat sekä laatuvaatimukset. Ohjekirjan tavoitteena oli luoda edellytykset tasalaatuisemmalle asuntotuotannolle.

Rakentamishoje rajattiin koskemaan työvaiheita perustusten valmistumisen jälkeen. Ohjeen laatimisessa hyödynnettiin Siklan Ramsinrannan Lumovalkun työmaalla ker-
tyneitä kokemuksia kevään 2021 ja alkuvuoden 2022 välisenä aikana. Erytystä huomiota kiinnitettiin kosteusteknisesti riskialttiisiin rakenteisiin ja niille asetettuihin laatu-
vaatimuksiin sekä työohjeisiin. Lisäksi työssä tuotiin esille puun ominaisuuksia ja niiden huomioon ottamista rakennustuotannon aikana sekä puurakentamiseen keskeisesti liittyviä rakennusfysikaalisia ilmiöitä.

Opinnäytetyön tuloksena syntynyt rakentamishoje on tarkoitettu Siklan työnjohtajien käyttöön ja sen on tarkoitus toimia yhtenä työnjohtamisen työkaluna. Ohjetta voidaan käyttää ennen kunkin työvaiheen aloittamista tehtäväsuunnittelun tukena sekä rakentamisen aikana osana laadunvarmistusta.

Tässä opinnäytetyössä käytiin läpi rakentamishoje yleisellä tasolla. Rakentamishoje on tarkoitettu ainoastaan Siklatilat Oy:n sisäiseen käyttöön, eikä sitä julkaista tämän opinnäytetyöraportin liitteenä.

Avainsanat: puurakentaminen, puuelementtirakentaminen, matalarakentaminen, rakentamishoje, puuelementit

Abstract

Author: Juho Tauriainen
Title: Building Guide for Sikla Oy's Low-Rise Construction Sector
Number of Pages: 30 pages
Date: 2 May 2022
Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Civil Engineering
Professional Major: Project Management for Construction
Supervisors: Markus Immonen, Senior Lecturer
Jarmo Hyttinen, Work Manager

This thesis was made to Siklatilat Ltd., which is part of the Sikla Group, who commissioned this engineering thesis. The objective of the thesis was to create a building guide, which covers the basic construction solutions used in Sikla's low-rise construction sites, their implementation and quality requirements. The aim of the guide was to create conditions for more consistent quality in housing production.

The Building Guide is limited to the stages of work after the foundations are completed. In the compilation of instructions, the experience accumulated at Sikla's Ramsinranta Lumovalkku site between spring 2021 and early 2022 was utilized. Special attention was paid to moisture-technically risky structures, and on the quality standards and work guidelines imposed on them. In addition, the thesis highlights the characteristics of wood and their consideration during construction production, as well as the structural physical phenomena associated with wooden construction.

The Building Guide compiled during the thesis will be used by Sikla's foremen, and it will serve as one tool in site management. The guide may be used before each stage of work as support for planning and during construction as part of quality control.

This thesis examines The Building Guide at a general level. The Building Guide is intended only for internal use by Siklatilat Ltd. and is not published as an appendix to this report.

Keywords: low-rise construction, wood element, building guide, timber construction

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Puu monikäyttöisenä rakennusmateriaalina	2
2.1	Puurakentaminen Suomessa	2
2.2	Puu runkorakenteena	2
2.3	Puu pintamateriaalina	4
3	Puun rakennusfysikaaliset ominaisuudet	5
3.1	Rakennusfysikaalisiin ominaisuuksiin vaikuttavat tekijät	5
3.1.1	Puulajit ja niiden tiheydet	5
3.1.2	Puun luontaiset kasvu- ja rakenneominaisuudet	6
3.2	Lujuustekniset ominaisuudet	6
3.3	Kosteustekniset ominaisuudet	6
3.4	Lämpötekniset ominaisuudet	8
3.4.1	Lämmönjohtavuus	8
3.4.2	Lämpökapasiteetti	9
3.4.3	Lämpölaajeneminen	10
3.5	Palotekniset ominaisuudet	10
3.6	Äänitekniset ominaisuudet	11
4	Puun ominaisuuksien huomioiminen rakentamisessa	11
4.1	Kosteuslähteet rakentamisessa ja rakennuksissa	12
4.1.1	Sade	13
4.1.2	Maaperä	15
4.1.3	Ulkoilman kosteus	15
4.1.4	Huonetilan kosteus ja kosteustuotto	15
4.1.5	Rakennekosteus	16
4.2	Kosteuden siirtyminen	17
4.2.1	Kapillaarinen vedenliike	17
4.2.2	Vesihöyryn diffuusio	17
4.2.3	Kondensoituminen	18
4.2.4	Konvektio	19
4.3	Rakenteiden tiiveys	20

4.4	Rakenteiden tuulettuminen	21
5	Rakentamisohje ja sen merkitys työnjohtajalle	23
5.1	Mikä on rakentamisohje?	23
5.2	Rakentamisohjeen laadinta	23
5.2.1	Tarpeen määrittäminen ja suunnittelu	23
5.2.2	Sisältö ja kohderyhmä	24
5.2.3	Rakenne, jäsenitys, ja ulkoasu	25
5.3	Rakentamisohjeen merkitys työnjohtajalle	26
6	Pohdinta ja yhteenveto	27
	Lähteet	29

Sanasto

absorptiomateriaali	materiaali, jolla on kyky sitoa ääntä itseensä ja vaimentaa sitä
faasimuutos	tarkoitetaan aineen olomuodon muutosta, esimerkiksi vedellä vesihöyrystä nestemäiseen muotoon.

1 Johdanto

Tämän työn tilaaja, Siklatilat Oy, on osa Sikla-konsernia, joka kehittää ja rakentaa yhtiömuotoisia asuntoja, toimitiloja, hoiva- ja päiväkoteja sekä kouluja koko Suomen alueella. Yhtiön asuntoliiketoiminta on jaettu matala- ja korkearakentamisen osa-alueisiin. Matalarakentamisen kohteet ovat yksi- tai kaksikerroksisia omakoti-, pari- tai rivitalokohteita, joissa pääasiallisena rakennusmateriaalina käytetään puuta. Kohteissa käytettävät puurunkoelementit valmistetaan Sikla-konsernin omistamissa puuelementtitehtaissa.

Tämän työn tavoitteena on kehittää ja luoda rakentamishoje, jossa on riittävällä tarkkuudella kuvattu keskeisimmät matalarakentamisen kohteissa tehtävät työvaiheet, niiden toteutustavat ja laatuvaatimukset. Työssä tuodaan esille puun ominaisuuksia ja niiden huomioon ottamista rakennustuotannon aikana sekä puurakentamiseen keskeisesti liittyviä rakennusfysikaalisia ilmiöitä. Lisäksi tarkastellaan rakentamishojeen merkitystä osana työnjohtamisen työkalupakkia.

Tämä opinnäytetyö on rajattu puurunkoisen matalarakentamisen asuntotuotannon keskeisimpiin työvaiheisiin, pois lukien maa-, perustus- ja pihatyöt.

Työ toteutetaan kaksiosaisena. Tilaajalle luovutettu rakentamishoje on luottamuksellinen, eikä sitä ole lisätty tämän työn liitteeksi.

2 Puu monikäyttöisenä rakennusmateriaalina

Puu on yksi vanhimmista rakennusmateriaaleista ja sitä voidaan hyödyntää useilla eri rakentamisen osa-alueilla. Se on uusiutuva luonnontuote, jossa rakenteellinen lujuus yhdistyy keveyteen. Tämä mahdollistaa puun laaja-alaisen käyttämisen rakentamisessa runkorakenteesta koristelistoihin. Tässä luvussa avataan puurakentamisen tilaa Suomessa sekä puun käyttösovellutuksia runko- ja pintamateriaalina.

2.1 Puurakentaminen Suomessa

Suomalainen puurakentaminen perustuu hirsirakentamiseen. 1940-luvulta alkoi puurakentamisen uusi aikakausi, kun perinteinen hirsirakentaminen vaihtui rankarakenteisiin seiniin. Samalla rakentamisessa alettiin hyödyntämään uusia materiaaleja, kuten muoveja ja mineraalivillaa, joiden myötä rakennusten lämpö- ja kosteustekninen toiminta muuttuivat. Uudet rakenteelliset ja toiminnalliset ratkaisut eivät olleet riittävän tutkittuja, minkä seurauksena 1960–1970-luvuilla rakennetuissa taloissa alkoi esiintymään home- ja kosteusvaurioita. [1, s.1–2.]

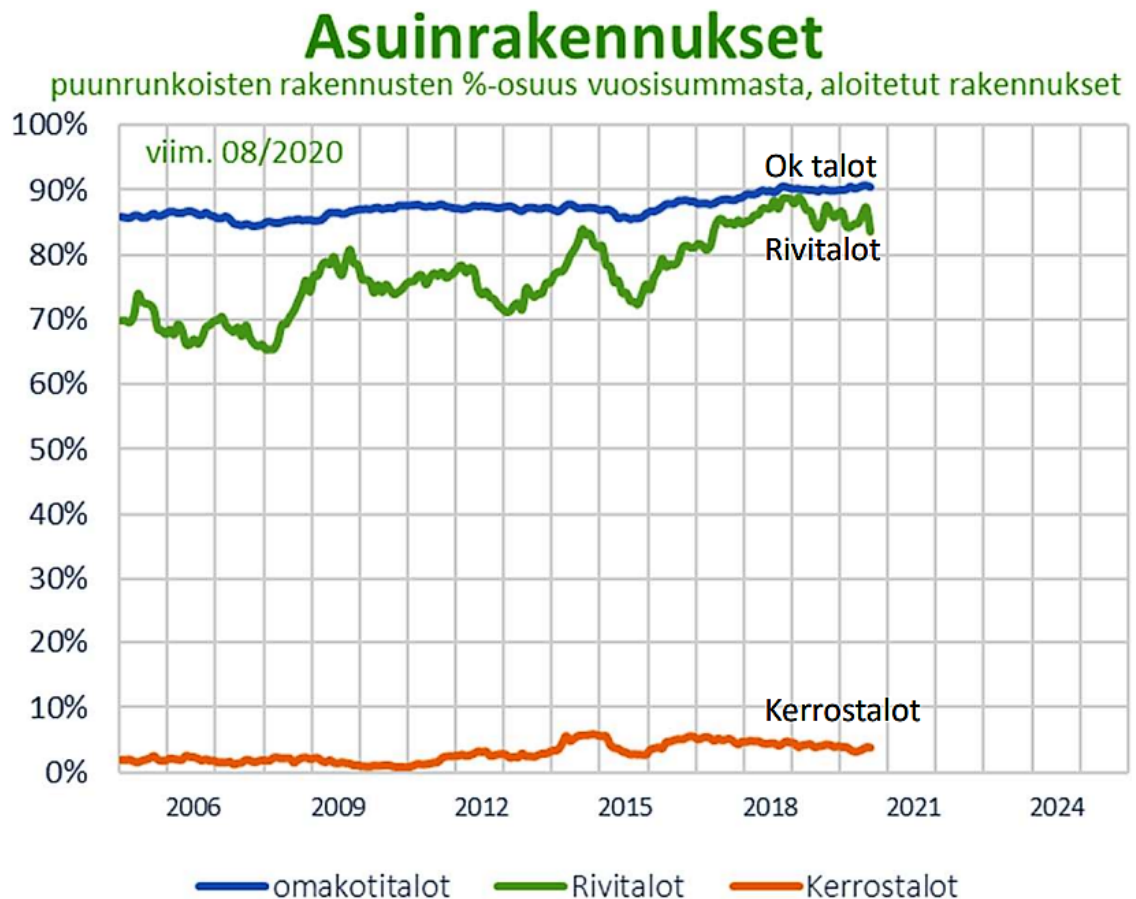
Rankarakenteen yleistyessä Suomessa otettiin käyttöön kaksi runkotyyppiä, platform-runko ja lankeavan mittaisesta puutavarasta pystytetty runko (balloon framing). Nykyään platform-runko on valta-asemassa rankarakenteisissa puurakennuksissa. [1, s.1–2.]

2.2 Puu runkorakenteena

Puu on monipuolinen rakennusmateriaali ja soveltuu keveytensä ja lujuutensa ansiosta mainiosti runkorakenteeksi. Puuta voidaan käyttää lähes kaikissa runkorakenteissa, ellei rakenteelle ole asetettu puun käyttöä rajoittavia esteitä.

Puu on ollut runkorakenteena vuosikymmenien ajan markkinajohtaja matalarakenteisissa asuntokohteissa. Tilastokeskuksen tekemän selvityksen mukaan

vuonna 2020 aloitetuista matalarakentamisen kohteista yli 80 % oli puurunkoisia. Kuvassa 1 on esitetty puurunkoisten asuinrakennusten osuus aloitetuista hankkeista. Koko uudistalorakentamista ja kaikkia runkomateriaaleja tarkastellessa puun osuus on vajaa kolmanneksen. [2, s.4–6.]



Kuva 1. Puurunkoisten asuinrakennusten osuus vuosisummasta. Luvut perustuvat kyseisenä vuonna aloitettuihin rakennuksiin. [2, s.6.]

Puuta voidaan hyödyntää runkorakenteena perinteisessä rankarakenteessa, massiivi-, hirsi- ja pilari-palkkirakenteissa. Lisäksi puu on yleisesti käytetty vesikattojen runkorakenteena kattotuoleissa. Useimmat puurunkojärjestelmät voidaan toteuttaa kerroskorkeina tai kahden kerroksen korkuisina. Vaakarakenteet kiinnitetään seinien päälle kerroskorkeiden ja seinien kylkeen yli kerroskorkeissa rakenteissa. Pääsääntöisesti kaikki runkojärjestelmät ovat kantavaseinäisiä, jolloin ne välittävät pystykuormat perustuksiin. Kaikkia runkojärjestelmiä voi-

daan käyttää yksinään rakennuksen runkona tai ne voivat olla osa muuta runkojärjestelmää. Kantavaseinäisten runkojärjestelmien vaakarakenteena käytetään palkkeja tai massiivipuulevyä. [3.]

Puurakentamista koskevien palomääräysten vuoksi useimmat runkojärjestelmät ovat kustannustehokkain vaihtoehto enintään kaksikerroksissa rakennuksissa. Niitä voidaan hyödyntää 3–8-kerroksisissa rakennuksissa, kun rakennukseen lisätään sprinklerijärjestelmä. Toisaalta yli kaksikerroksissa, ja rankarakenteisissa, rakennuksissa puun kustannustehokkuus runkojärjestelmänä heikkenee, sillä rankajakoa joudutaan merkittävästi tihentämään alimmissa kerroksissa tuki- ja nurjahduskestävyyden varmistamiseksi. [3.]

2.3 Puu pintamateriaalina

Puun käyttö pintamateriaalina ulottuu seinä-, katto- ja lattiapinnoista aina ikkunoihin, portaisiin ja koristeisiin. Puulajien erilaiset syyrakenteet ja värit mahdollistavat puun monipuolisen hyödyntämisen muun muassa visuaalisessa tarkoituksessa. Pintamateriaaleina voidaan hyödyntää lähes kaikkia Suomessa esiintyviä puulajeja. [4.]

Puun hyödyntämisellä pintamateriaalina on useita psykologisia ja fysiologisia vaikutuksia. Puuta pidetään lämpimänä ja tunnelmallisena materiaalina, jolla on terveyttä edistäviä vaikutuksia. Ulkonäön ja esteettisyyden lisäksi puun käytöllä voidaan vaikuttaa tilan akustiikkaan. [4.]

Pintamateriaalina sillä on myös useita positiivisia vaikutuksia ympäröivään ilmaan. Sisätiloihin asennetut puupinnat tasaavat tilan kosteuden vaihteluita, sillä puulla on kyky sitoa ja luovuttaa kosteutta. Vastaavasti puupinnat voivat toimia lämmöntasaajana, mikäli puun kosteudessa tapahtuu faasimuutoksia. [4.]

3 Puun rakennusfysikaaliset ominaisuudet

Vaikka puu ei ole rakennusmateriaalina kaikkein käytetyin, on se yksi monikäyttöisimmistä. Puun luonnolliset ominaisuudet mahdollistavat puun hyödyntämisen monissa eri rakentamisen vaiheissa ja useissa eri sovellutuksissa. Tässä luvussa käsitellään puun rakennusfysikaalisia ominaisuuksia, ja niihin vaikuttavia tekijöitä.

3.1 Rakennusfysikaalisiin ominaisuuksiin vaikuttavat tekijät

3.1.1 Puulajit ja niiden tiheydet

Rakentamisessa käytettävän puutavaran ominaisuuksiin vaikuttavat suuresti käytettävä puulaji. Suomessa esiintyy kaikkiaan noin 30–40 eri puulajia. Yli 95 % Suomen metsistä koostuvat kolmesta eniten esiintyvistä puulajista, kuusesta, männystä ja koivusta. Muita Suomessa esiintyviä puulajeja ovat esimerkiksi haapa, leppä ja pihlaja. [5.]

Jotta puulajien ominaisuudet ovat keskenään vertailukelpoiset, jaetaan ne puuaineen tiheyden mukaan kevyisiin, keskiraskaisiin ja raskaisiin puulajeihin. Puuaineen tiheys ilmaistaan ilmakeivä- tai tuorekuivatiheytenä. Yleisemmin käytetty ilmaisu on ilmakeivätiheys, jossa puun tilavuus ja massa on mitattu sen sisältäessä 15 % kosteutta. Tuorekuivatiheydessä puun tilavuus mitataan sen kosteusarvon ollessa yli 30 % ja massa sen ollessa kuiva. [6.]

Suomessa yleisimmistä esiintyvistä puulajeista mänty ja kuusi ovat kevyitä puulajeja, jolloin niiden kuivatuoretiheys on noin 300–550 kg/m³. Koivu luokitellaan keskiraskaaksi puulajiksi pihlajan ja jalavan kanssa. Keskiraskaiden puulajien kuivatuoretiheys vaihtelee 450–750 kg/m³. Suomessa esiintyy myös raskaita ja kovia puulajeja, kuten tammi ja saarni. Näiden puulajien käyttö rakentamisessa rajoittuu erilaisiin puuliitoksiin ja kalusteisiin. [6.]

3.1.2 Puun luontaiset kasvu- ja rakenneominaisuudet

Suomessa ja boreaalisella vyöhykkeellä kasvaneet puut ovat laadultaan maailman kärkiluokkaa. Tämä on seurausta pohjoisen pallon puoliskon lyhyestä kesäkaudesta, jolloin myös puun kasvuaika jää vuosittain lyhyeksi. Lyhyt kasvukausi johtaa hitaaseen, mutta symmetriseen ja suorasyiseen kasvuun. Puun vuosirenkaat ovat tiheässä, jolloin puusta tulee tiivistä ja sen sisäiset jännitykset ovat vähäisiä. Puu on kuitenkin poikkileikkaukseltaan pyöreä ja sen syyt vuosirenkaita kohtisuoraan. Nämä geometriset tekijät aiheuttavat rakennusfysikaalisten ominaisuuksien vaihtelua riippuen tarkastelusuunnasta. [7.]

3.2 Lujuustekniset ominaisuudet

Eri puulajien lujuusominaisuuksia verratessa voidaan todeta, että puuaineen tiheyden kasvaessa sen lujuus lisääntyy. Lujuutta tarkastellessa on huomioitava, missä suunnassa kuormitus on puun syitä kohtaan sekä minkälaista puuta käytetään. Yleisesti puun vetolujuus kohtisuoraan syitä vastaan kohtisuoraan on vain 5–10 % syiden suuntaisesta. Vetolujuuteen vaikuttavat myös puun tiheys, sillä esimerkiksi männyllä kevätpuun vetolujuus on vain kuudenneksen kesäpuun lujuudesta. Puun leikkauslujuus vastaa noin 10–15 % sen vetolujuuden arvosta. Oksat, halkeamat ja muut puussa esiintyvät viat heikentävät puun leikkauslujuutta. Taivutuslujuus on tasa-aineisella ja virheettömällä puulla vetolujuutta vastaava. [6.]

3.3 Kosteustekniset ominaisuudet

Puu on materiaalina sekä hygroskooppinen että anisotrooppinen. Puun hygroskooppisuus tarkoittaa sen kykyä sitoa tai luovuttaa kosteutta asettuen aina tasapainotilaan ympäröivän ilman kanssa. Anisotrooppisuus tulee esiin puussa syntyvissä muodon muutoksissa, jotka ovat erilaiset syiden suunnassa kuin niitä kohtisuoraan. Puun kosteuden vaihdellessa puu turpoaa tai kutisuu ja näin muuttaa muotoaan. Pitkittäissuuntainen eli puun syiden suuntainen kosteuseläminen on merkittävästi vähäisempää kuin poikittaissuuntainen. Kuvassa 2 on

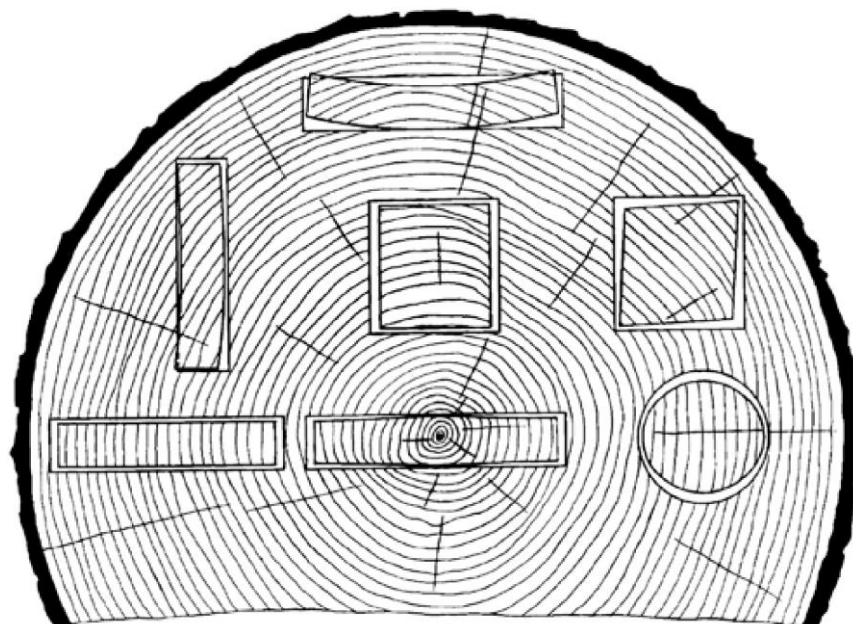
havainnollistettu kosteuden vaikutuksia puun elämiseen. Pintakäsittely ei poista kosteuden puulle aiheuttamia muutoksia, mutta sillä on muutosta hidastava vaikutus. [8.]



Kuva 1. Puun eläminen kosteuden vaikutuksesta. [9.]

Puun kuivuessa sen soluonteloista poistuu vesi. Kun kaikki vesi on poistunut soluonteloista, mutta soluseinämillä on vielä enimmäismäärä vettä, on puun kosteuspitoisuus noin 30 %. Tämä ei vielä aiheuta puussa kovin suuria muodonmuutoksia. Muodonmuutoksia alkaa tapahtumaan, kun soluseinämiin sitoutunut vesi alkaa poistua ja puuhun muodostuu sisäisiä jännityksiä. [8.]

Kuvassa 3 on kuvattu eri sahatavalle syntyviä muodonmuutoksia riippuen siitä, mistä kohtaa ja minkä suuntaisesti se on puusta sahattu. Puun muodon muutokset ovat suurimmat kohtisuoraan puun vuosirenkaita vasten. Toiseksi suurimmat muodonmuutokset syntyvät vuosirenkaiden kehän suuntaisesti ja vain vähän pituussuunnassa. Muodonmuutoksiin ja niiden suuruuteen vaikuttavat kuitenkin monet tekijät, kuten puun tiheys, muoto ja kuivumisnopeus. [10. s.6–7.]



Kuva 3. Sahatavaralle syntyvät muodonmuutokset riippuen sahauksen suunnasta ja paikasta. [10, s. 6–7.]

Puun kosteuselämistä voidaan vähentää lämpökäsittelyllä. Lämpökäsittelyn yhteydessä puun lämmöneristyskyky paranee noin kolmanneksen eri uuteaineiden poistuessa ja samalla sen tasapainokosteus laskee. Toisaalta sen lujuusominaisuudet ja jäykkyys heikkenevät. Lämpökäsittelyssä on kuitenkin suuri halkeiluriski, mikäli sitä ei toteuteta oikein. [11.]

3.4 Lämpötekniset ominaisuudet

Tässä luvussa on esitetty puun lämpötekni­sen toimivuuden kannalta merkittävimmät fysikaaliset tekijät.

3.4.1 Lämmönjohtavuus

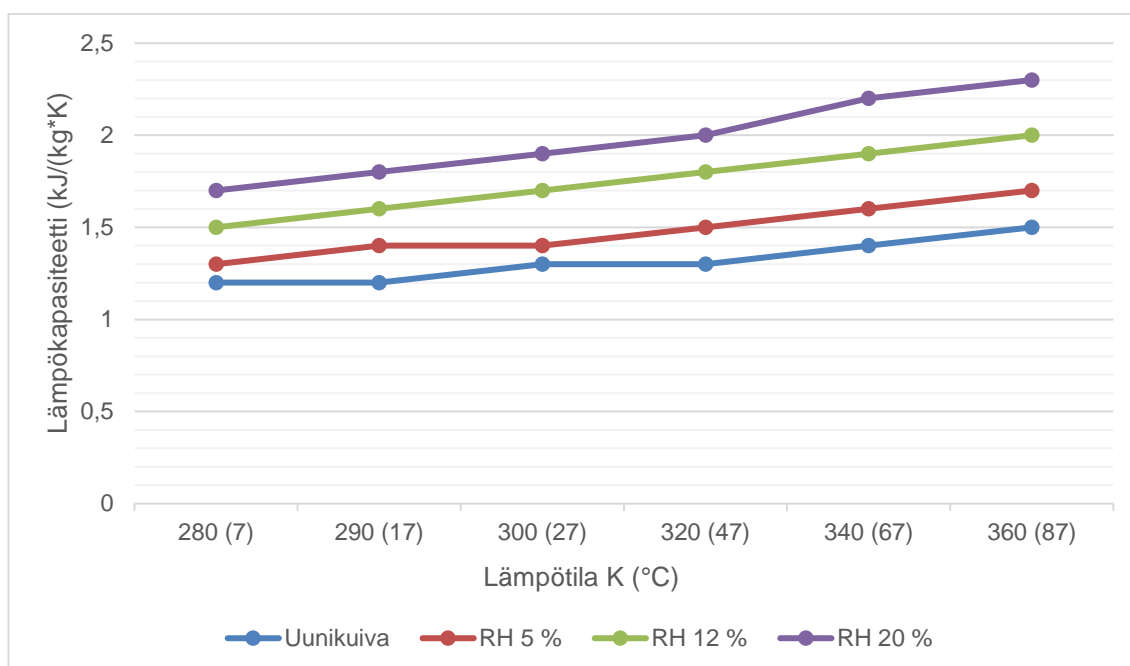
Lämmönjohtavuudella kuvataan lämpövirtaa materiaalin pinta-alayksikköä kohden lämpötilan muuttuessa yhden asteen. Mitä pienempi arvo on, sitä huonommin materiaali johtaa lämpöä. Puu on yleisesti heikommin lämpöä johtava materiaali kuin monet muut rakennusmateriaalit. Sen lämmönjohtavuuteen vaikuttavat etenkin käytettävän puun tiheys, kosteus­pitoisuus, rakenteelliset poikkeamat

ja lämpötila. Havupuilla esimerkiksi lämmönjohtavuus on $0,10\text{--}0,14 \frac{W}{m \cdot K}$, kun taas betonilla lämmönjohtavuus on keskimäärin $1 \frac{W}{m \cdot K}$, lasilla $0,7 \frac{W}{m \cdot K}$ ja mineraalivillalla $0,25 \frac{W}{m \cdot K}$. Puumateriaalin lämmönjohtavuus kasvaa, mikäli jokin edellä mainituista ominaisuuksista kasvaa. Lämmönjohtavuus pysyy samana vuosirenkaiden ja niiden tangenttien suunnassa, mutta syiden suuntaisesti lämmönjohtavuus on keskimäärin 1,8-kertainen. [10, s.13–14.]

3.4.2 Lämpökapasiteetti

Lämpökapasiteetilla kuvataan sitä energiamäärää, joka tarvitaan yhden painoyksikön lämpötilan nostamiseen yhdellä asteella. Puun lämpökapasiteetti riippuu lämpötilasta ja kosteuspitoisuudesta. Puun tiheydellä tai puulajilla ei ole juurikaan vaikutusta sen lämpökapasiteettiin. Vettä sisältävän puun lämpökapasiteetti on suurempi kuin kuivalla puulla, sillä vesi varaa hyvin lämpöä. Taulukossa 1 on esitetty puun lämpökapasiteetin kasvamista lämpötilan noustessa eri kosteudessa olevilla puumateriaaleilla. Lämpökapasiteetin muutos on pitkälti lineaarinen. [10, s.15–17.]

Taulukko 1. Puun lämpökapasiteetin muutos lämpötilan funktiona. Lähteen taulukko muutettu kuvaajaksi. [10, s.17.]



3.4.3 Lämpölaajeneminen

Materiaalissa tapahtuvaa muodonmuutosta, joka on seurausta lämpötilan vaihtelusta, kutsutaan lämpölaajenemiseksi. Perusperiaatteeltaan puun mitat kasvavat lämpötilan noustessa ja pienevät lämpötilan laskiessa. Kuiva puu ja kostea puu reagoivat eri tavalla lämpötilan vaihteluihin. Missä kuiva puu laajenee tasaisesti joka suuntaa, kosteutta sisältävä puu ensin laajenee ja veden haihduttua kutistuu. Normaalin puutavaran, jonka kosteus on 12–15 %, lämpölaajenemisessa sen mitat pienenevät pitkään jatkuneen lämmityksen seurauksena. Toisin kuin puun kuivatuksessa, myös syiden suuntainen mitta pienenee lämpötilan vaikutuksesta, vaikkakin muutokset ovat vähäisiä. [10, s.14–15.]

3.5 Palotekniset ominaisuudet

Puu ei ole paloteknisiltä ominaisuuksiltaan hyvä rakennusmateriaali, mutta sen palonkestoa voidaan parantaa muiden palamattomien rakennusmateriaalien avulla. Normaalitilanteessa puu syttyy palamaan noin 250–300 °C:ssa. Puun

hiiltymisen sen palaessa vaihtelee noin 0,8–1,0 mm minuuttivauhdeista. Syttymisherkkyteen vaikuttavat puun tiheys ja kappaleen paksuus, jotka pienentyessä nostavat syttymisherkkyttä. Toisaalta puun pinnan epätasaisuus, halkeamat ja terävät kulmat lisäävät palon vaikutusta. Massiivipuukappaleilla, kuten liimapuulla, hiiltymisnopeus on normaalia puuta hitaampaa ja palamisesta syntynyt hiilikerros toimii osittain kappaleen sisäosien palonsuojana. [12.]

Jo ennen näkyvän palamisen alkamista, puussa tapahtuu muodonmuutoksia, kuten lämpölaajenemista. Lämpötilan noustessa yli veden höyrystymispisteen, 100 °C, kemiallisesti sitoutumaton vesi höyrystyy pois. Puu alkaa pehmenemään noin 180 °C lämpötilassa, kun sen uuteaineiden sidokset alkavat hajota. Erittäin kostean puun kohdalla pehmeneminen voi alkaa jo 100 °C:ssa. Pehmenemisen seurauksena puun jäykkyys ja lujuusominaisuudet heikkenevät. [12.]

3.6 Äänitekniset ominaisuudet

Puu on kevyt materiaali, jolloin sen ääneneristys on varsin heikkoa. Sen paksu ja tiivispintainen puurakenne estää sen toimimista äänen absorptiomateriaalina, mutta toisaalta se heijastaa ääntä. Äänen johtuminen puussa on parempaa syiden suuntaisesti kuin niitä vastaan kohtisuoraan. [13.]

Puurakenteen ääneneristävyttä parannetaan monikerroksisia rakenteita hyödyntämällä. Ääntä voidaan vaimentaa lisäämällä rakenteen ilmväliin huokoinen absorptiomateriaali tai rei'ittämällä puurakenteet. Huokoiset absorptiomateriaalit vaimentavat etenkin matalia ääniä, kun rei'ittämällä saadaan vaimennettua keskikorkeita ääniä. Monikerroksisissa puurakennuksissa ääneneristystä voidaan parantaa äänikatkoilla, erillisrungoilla tai asentamalla kelluvia pintalattioita joustavan kerroksen päälle. [13.]

4 Puun ominaisuuksien huomioiminen rakentamisessa

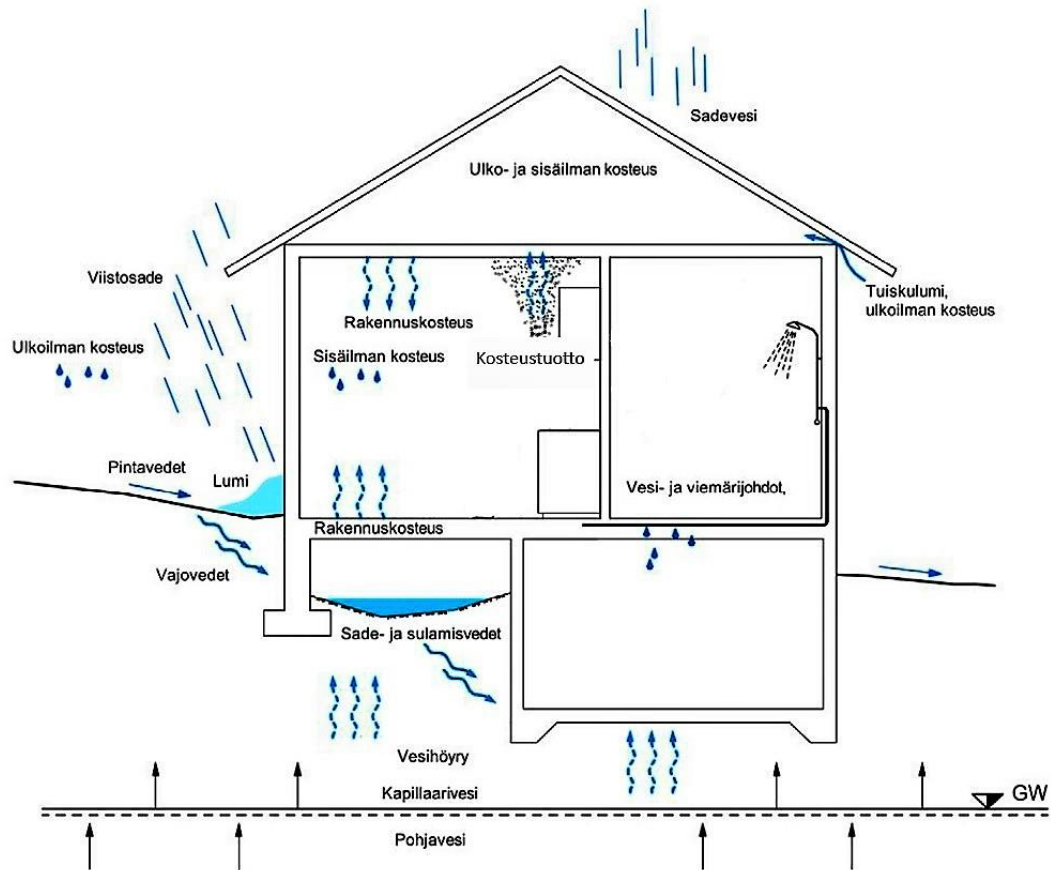
Jokaisella rakennusmateriaalilla on yksilölliset rakennusfysikaaliset ominaisuudet. Materiaalien ominaisuudet muuttuvat riippuen ympäröivästä lämpötilasta ja

kosteusolosuhteista. Rakennusfysikaalisten ominaisuuksien muutoksia on mahdollista hillitä tasapainottamalla ympäröivät olosuhteet. Tämä on kuitenkin erityisen haastavaa etenkin puurunkoisten ulkoseinien kohdalla, sillä sisä- ja ulkopuoliset olosuhteet vaihtelevat suuresti muun muassa vuoden ajasta riippuen.

Tässä luvussa selvitetään rakentamisen aikaista ja rakennuksessa esiintyvää kosteutta, niiden lähteitä ja siirtymistapoja. Luvussa nostetaan esille keinoja, joilla kosteutta voidaan hallita rakentamisen aikana. Lisäksi luvussa käydään läpi rakennuksen tiivistykseen ja tiiveyteen liittyviä asioita.

4.1 Kosteuslähteet rakentamisessa ja rakennuksissa

Eri rakenteisiin kohdistuvat kosteuslähteet jaetaan ulko- ja sisäpuolisiin lähteisiin. Ulkoisia kosteuslähteitä ovat esimerkiksi sade, ulkoilman kosteus ja maaperä, sisäisiin kosteuslähteisiin lukeutuvat muun muassa kosteustuottoiset työvaiheet, putkivuodot ja rakennuskosteus. Kuvassa 4 on esitetty rakennuksen yleisimmin esiintyvät kosteuslähteet sisä- ja ulkopuolelta rakennusaikana. [14, s.106–107.]



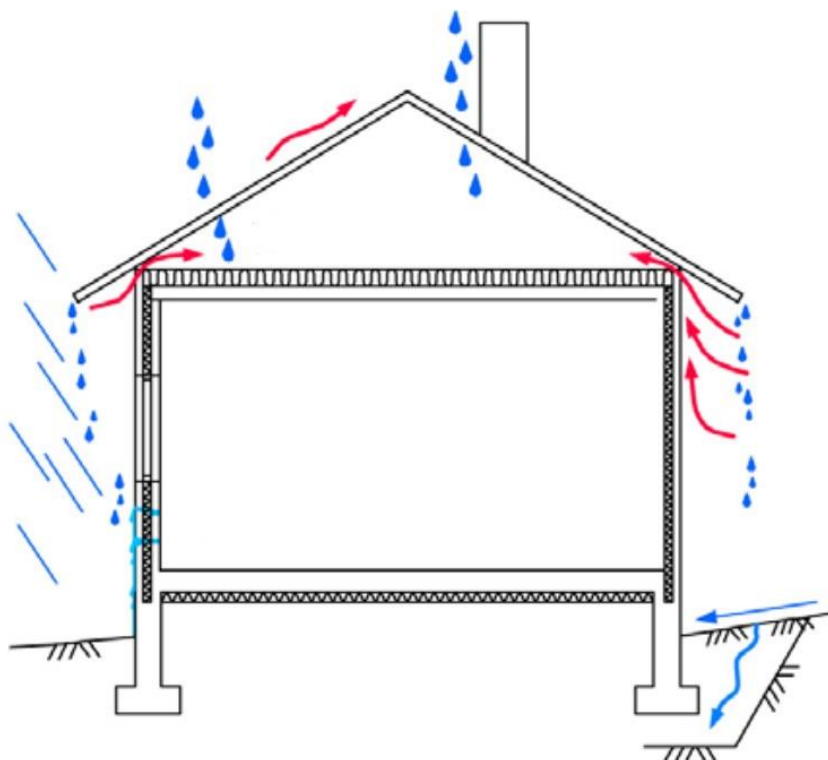
Kuva 4. Yleisimmät kosteuslähteet sisä- ja ulkopuolelta. Muokattu. [14, s.107.]

4.1.1 Sade

Sade on Suomen ilmastossa yleinen ilmiö ja sen aiheuttama kosteusrasitus on yleisimmin havaittavissa vetenä, lumena tai jäänä. Sateen tuoma kosteusrasitus on suurimmillaan syyskuukausien aikana, jolloin sadejaksot yleisiä ja rakenteiden kuivuminen vähäistä. Sateen kosteuskuorma kohdistuu pääasiassa rakennuksen ulkovaippaan, mutta tuulenpaineen vaikutuksesta vesi tai tuiskulumi voivat päästä esimerkiksi vesikattorakenteisiin. [14, s.110–111.]

Kuvassa 5 on esitetty sateen aiheuttamia kosteuskuormia vaipparakenteen eri osiin sekä riskialueita, joista sade pääsee tunkeutumaan rakenteisiin. Suurimmat riskipaikat ovat rakenteiden epäjatkuvuuskohdat, joiden tiivistys on puut-

teellinen. Epäjatkuvuuskohtia ovat esimerkiksi vesikaton läpiviennit ja julkisivussa olevat ikkunat tai ovet. Toisaalta kosteusrasitusta voi aiheuttaa pintavedet, mikäli ne pääsevät valumaan rakennusta kohti.



Kuva 5. Sateen aiheuttamat kosteuskuormat ja riskialueet. Muokattu. [14. s.110]

Puurunkoiset rakenteet ovat rakennusvaiheessa erittäin herkkiä sateelle, ja sade aiheuttaa helposti kosteusvaurioita rakenteissa. Kosteudelle herkät rakenteet tulee saada säältä suojaan mahdollisimman pian asennuksen jälkeen. Rakenteiden epäjatkuvuuskohtat tulee olla tiivistettyä. Työmaa-aikana on huomioitava puutavaran asianmukainen suojaaminen ja niiden varastoiminen maasta irti.

4.1.2 Maaperä

Maaperästä tuleva kosteusrasitus syntyy rakenteeseen kohdistuvasta vedenpaineesta, kapillaarisesti nousevasta vedestä ja maaperän huokosilman vesihöyryn diffuusiosta. Maaperän kapillaarisuus riippuu suurimmilta osin maalajista sekä salaojaverkoston toimivuudesta. Kapillaarinen veden siirtyminen on voimakkainta rakenteen ollessa suoraan kosketuksissa vapaaseen veteen. Vedenpaineen kohdistama kosteusrasitus on niin ikään riippuvainen maalajista ja salaojaverkostosta. [14, s.111.] Maaperän kapillaarinen veden nousu voidaan estää käyttämällä raekooltaan suuria maalajeja, kuten sepeliä.

4.1.3 Ulkoilman kosteus

Ulkoilman kosteuspitoisuus on riippuvainen vallitsevasta säätilasta ja sen lämpötilasta. Koska lämmin ilma kykenee sitomaan suuremman määrän kosteutta, on ulkoilman kosteuspitoisuus normaalisti suurempi kesäaikaan. Rakenteiden kuivumisen kannalta kylmä ulkoilma ei ole optimaalinen, sillä siihen sitoutuvan kosteuden määrä on hyvin vähäistä ja näin myös kuivuminen hidasta. [14, s.109.]

Ulkoilman kosteus ilmaistaan suhteellisena kosteutena, joka kuvaa ilmassa vallitsevan kosteuden prosenttiosuutta kyllästystilaan nähden. Suhteellisen kosteuden saavuttaessa 100 %, kosteus tiivistyy vedeksi. Kyllästysvajaudella tarkoitetaan kyllästystilan ja suhteellisen kosteuden erotusta. Ilma voi sitoa itseensä kosteutta kyllästysvajauksen verran. Käytännössä suhteellisen kosteuden ollessa matala on ulkoilmalla kyky kuivattaa esimerkiksi seinärakenteita, kunnes kyllästystila saavutetaan. [14, s.109.]

4.1.4 Huonetilan kosteus ja kosteustuotto

Huonetilan kosteus on riippuvainen tilan ilmanvaihtuvuudesta, ulkoilman kosteudesta ja huonetilan kosteustuotosta. Tilaan tuleva kosteus voi olla peräisin ul-

koilmasta, rakenteista tai tilan käyttäjän toiminnasta. Ulkoilmasta tuleva kosteustuotto syntyy silloin, kun tilaa esimerkiksi tuuletetaan ja ulkoilman kosteuspiitoisuus on sisäilmaa suurempi. Rakenteista huonetilaan vapautuva kosteus voi tulla esimerkiksi puun kuivumisen yhteydessä sen soluista vapautuvana kosteutena. [14, s.107–108.] Toisaalta kosteustuotto voi olla seurausta kosteuskuormaltaan merkittävistä työvaiheista, kuten lattiavaluista tai tasoitustyöstä.

Huonetilan kosteutta ja sitä kautta rakenteiden kuivumista voidaan säädellä ilmanvaihdoilla, lämpötilalla ja erilaisilla kosteuden erottimilla. Kosteus on huomioitava etenkin puurakenteisissa tiloissa, sillä puu pyrkii tasapainotilaan ympäröivän ilman kanssa. Mikäli huonetilan kosteus on korkea, myös puuosien kosteuspitoisuus kasvaa. [14, s.107–108.]

4.1.5 Rakennekosteus

Rakennekosteudella tarkoitetaan materiaaleihin sitoutunutta kosteutta. Valmistettaessa ja käsiteltäessä eri rakennusmateriaaleja, niitä ei tule altistaa haitallisessa määrin kosteudelle missään vaiheessa tuotantoa. Haitallista kosteutta voi joutua materiaaleihin etenkin varastoinnin ja rakentamisen aikana. Valmistuksen aikainen kosteudelle altistaminen on yleisesti hallittua ja tarkoituksenmukaista tuotteen toiminnan kannalta. Tällaisia materiaaleja ovat esimerkiksi betoni tai kyllästetty puu. Kosteudelle altistettujen materiaalien osalta on huomioitava riittävä kuivumisaika, jotta kosteus pääsee haihtumaan rakenteesta pois, eikä se aiheuta turhaa kosteuskuormaa ympäröiviin tiloihin. [14, s.78–79.]

Puutavaran suojaaminen varastoinnin ja rakentamisen aikana on ensiarvoisen tärkeää. Liiallinen altistus kosteudelle voi aiheuttaa laho- ja homevaurioita. Toisaalta kastunut puumateriaali kuivuaessaan kutistuu ja aiheuttaa mahdollisia epätiivelyskohtia rakenteissa. [14, s.148.]

4.2 Kosteuden siirtyminen

4.2.1 Kapillaarinen vedenliike

Puu on materiaalina huokoinen, jolloin siinä tapahtuu veden kapillaarista liikettä. Vesi siirtyy huokosalipaine-erojen vaikutuksesta huokoisessa materiaalissa sekä pysty- että vaakasuunnassa. Puussa veden liike on voimakkainta syiden suunnassa. Kapillaarista siirtymistä esiintyy, kun rakenneosat on suoraan kosketuksissa vapaaseen veteen tai kapillaariseen materiaaliin esimerkiksi maaperään. Käytettävän materiaalin huokoskoko ja huokoisuus vaikuttavat veden kapillaariseen nousukorkeuteen ja siirtymisnopeuteen. Mitä pienempi huokoista materiaali on, sitä suurempi on huokosalipaine ja veden kapillaarinen nousu. Nousu päättyy huokosalipaineen ja maan vetovoiman saavuttaessa tasapainotilan. [14, s.111–112.]

Rakennusmateriaalin kapillaarisuus tulee huomioida rakentamisessa, sillä se voi hallitsemattomana aiheuttaa rakenteisiin home- ja kosteusvaurioita. Kapillaarista veden siirtymistä rakenteesta toiseen voidaan estää käyttämällä kapillaarikatkoja, kuten muovia, bitumikermiä tai raekooltaan suurempaa maaainesta.

4.2.2 Vesihöyryn diffuusio

Diffuusiolla tarkoitetaan vesihöyryn siirtymistä rakenteen läpi osapaine-erojen vaikutuksesta. Vesihöyryn pitoisuuserot tasaantuvat suuremmasta pienempään, kaasumolekyylien liikkeenä. Rakentamisessa ja rakennuksissa sisäpuolisia kosteuslähteitä on useita ja sisälämpötila useimmiten korkeampi, jolloin suhteellinen kosteus ja osapaine on ulkotiloja suurempi. Näin ollen diffuusiovirran suunta on pääsääntöisesti sisältä ulos etenkin talvella, kun paine-erot ovat suurimmillaan. Kesällä diffuusiovirran suunta voi kääntyä päinvastaiseksi suhteellisen kosteuden ja ulkolämpötilan noustessa sisäpuolia korkeammaksi. [14, s.114–115.]

Vesihöyryn diffuusio suuruus riippuu käytettävän materiaalin vesihöyrynvastuksesta ja ilman vesihöyryn osapaine-eroista. Vesihöyrynvastukset vaihtelevat suuresti, esimerkiksi mineraalivillan vesihöyrynvastus on vain tuhannesosan yleisesti käytetyn höyrynsulkumuovin vesihöyrynvastuksesta. Tämän seurauksena rakenteet tehdään kerroksellisena siten, että vesihöyrynvastus pienenee sisältä ulospäin siirryttäessä. Homehtumisriskin vähentämiseksi lämmöneristeen ulkopuolisten materiaalien vesihöyrynvastus saa olla enintään viidenneksen sisäpuolisiin materiaaleihin nähden. Rakenteet, joissa vesihöyrynvastukset ovat väärinpäin, voi vesihöyry tiivistyä nestemäiseksi ja aiheuttaa kosteusvaurioita ympäröiviin rakenteisiin. Lisäksi nestemäinen vesi voi siirtyä muihin rakenteisiin kapillaarisesti tai painovoimaisesti. [14, s.114–115.]

4.2.3 Kondensoituminen

Ilma sisältää aina vesihöyryä, jonka määrä riippuu ilman lämpötilasta. Mitä korkeampi lämpötila, sitä suuremman määrän vesihöyryä ilma voi pitää sisällään ennen sen tiivistymistä vedeksi. Vesihöyryn kohdatessa kylmän pinnan, se kondensoituu eli tiivistyy. Rakentamisessa kondensoitumista tapahtuu etenkin höyrynsulkumuovin, metallirakenteiden ja lasin pinnoissa. Toisaalta kondensoitumista voivat aiheuttaa kylmäsiilat ja ilmapuodot.

Puurakenteisissa rakennuksissa vesihöyryn kondensoituminen on suuri kosteusvaurioriski. Etenkin puutteet höyrynsulkumuovin tiivistyksessä mahdollistavat vesihöyryn diffuusion esimerkiksi seinärakenteen läpi ja sitä kautta kondensoitumisriskin seinärakenteeseen. Rakennuksen ulkopintaan kondensoitunut vesihöyry ei aiheuta kovinkaan suurta kosteusvaurioriskiä, sillä rakenteet ovat suunniteltu kestämään kosteat olosuhteet. Kuvassa 6 on esitetty tilanne, jossa yläpohjan höyrynsulkumuovin yläpuolelle on kondensoitunut kosteutta sisätilan ja yläpohjan lämpötilaerojen vaikutuksesta. Kuva on otettu loppuvuodesta, jolloin ulkolämpötila on matala ja sisätiloja lämmitettiin työmaalämmittimillä.

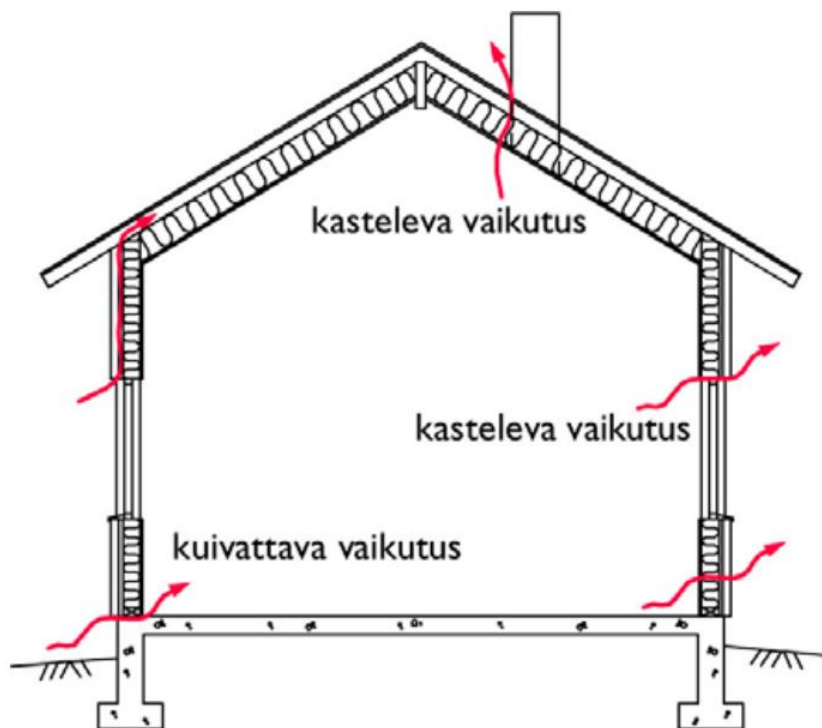


Kuva 6. Veden kondensoituminen höyrynsulkumuoviin yläpohjassa. [15.]

4.2.4 Konvektio

Ilmavirtausta, joka syntyy kokonaispaine-eron vaikutuksesta, kutsutaan konvektioksi. Ilmavirtaus on aina suuremmasta paineesta pienempään paineeseen. Ilma virtaa huokoisten materiaalien ja rakenteessa olevien rakojen läpi. Rakenteessa paine-erot syntyvät ilman lämpötilaerojen, tuulen ja ilmanvaihdon vaikutuksesta. Rakenteen läpi virtaavan ilman määrään vaikuttavat materiaalin ilmanläpäisevyys ja rakojen geometriasta johtuva virtausvastus. [14, s.115–117. 16, s.13.]

Kun ilmavirtausten mukana siirtyy kosteutta, kutsutaan sitä kosteuskonvektioksi. Kosteuskonvektio kuivattaa rakennetta, mikäli siinä on kyllästysvajautta tai virtaava ilma lämpenee virratessaan rakenteen läpi. Käänteisesti ilmavirtauksen jäähtyessä, aiheuttaa se merkittävän kosteusvaurioriskin ja rakenteen kastumisen. Kosteus tiivistyy lämpötilan laskiessa rakenteessa alle kastepisteen. Tämän ilmiön välttämiseksi rakennukset suunnitellaan hieman alipaineiseksi. [14, s.115–117.] Kosteuskonvektion ja ilmavirtausten kuivattava tai kasteleva vaikutus on esitetty kuvassa 7.



Kuva 7. Kosteuskonvektion vaikutus rakenteisiin. [14, s.116.]

4.3 Rakenteiden tiiveys

Paine-erot liikuttavat ilmaa rakenteissa. Ilman liike on lämpötilaerojen ja tuulen aiheuttamaa. Ilmavirtausten mukana kulkevat kosteus, radon ja erilaiset mikrobit. Haitallisten aineiden liikkumista rakenteessa voidaan estää tiiviillä vaipalla. Ilmanvuotoluku n_{50} kuvaa vaipan ilmanpitävyyttä, jonka yksikkö on 1/h. Jos n_{50} on 1 1/h, huoneiston ilma vaihtuu kerran tunnissa paine-erojen ollessa 50 Pa

sisä- ja ulkotilojen välillä. Hyvä ilmanpitävyys tuo mukanaan monia positiivisia asioita. Vaipparakenteiden sisäpinnat eivät jäähdy ilmavirtausten seurauksena ja kosteuden sekä haitallisten aineiden virtaus sisäilmaan ja rakenteisiin vähenee.

Rakennuksen tiivistykseen voidaan käyttää useita eri tuotteita ja ratkaisuja. Yleisin käytetty tuote on höyrynsulkumuovi, joka estää vesihöyryn siirtymisen sisätiloista rakenteisiin. Höyrynsulkumuovin liitoskohdat limitetään vähintään 200 millimetrin matkalta ja teipataan tiiviisti. Tiiveyden varmistamiseksi höyrynsulkumuovin liitoskohdat tulisi sijoittaa kahden kovan pinnan väliin.

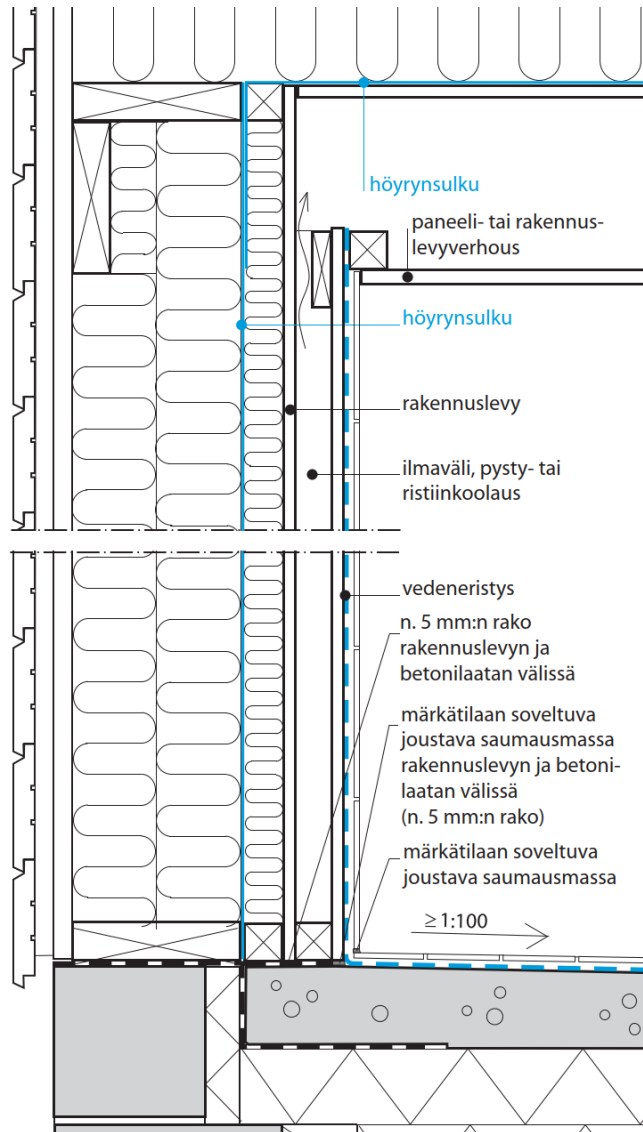
Merkittävimmät vuotokohdat tiivistyksessä ovat erilaiset läpiviennit, kuten ikkunat ja talotekniikka-asennukset sekä kerrosvälit. Talotekniikalle on markkinoilla saatavilla erilaisia valmiita läpivientikappaleita, jotka toimivat sellaisenaan osana rakenteiden tiivistystä.

4.4 Rakenteiden tuulettuminen

Rakenteet tulee suunnitella siten, että niihin ei kerry haitallisia määriä kosteutta, vettä tai muita epäpuhtauksia. Rakenteeseen pääsevä kosteus saattaa vaurioittaa rakenteita, aiheuttaa kosteus- ja homevaurioita sekä muuttaa materiaalien ominaisuuksia. Kosteuden tuulettaminen voidaan varmistaa rakenteeseen lisättävillä tuuletusrakoilla. Tuuletusrakojen tulee olla yhtenäiset ja suuntautua mielellään alhaalta ylös. Tuuletuksen toteuttamisessa tulee kiinnittää huomiota etenkin yhtenäisen tuuletusvälin rikkoviin rakenneosiin, kuten ikkunoihin ja oviin.

Lauta- ja levyverhoiluissa ulkoseinärakenteissa tuuletusrako toteutetaan koolamalla joko pystyyn tai ristiin. Muuratassa julkisivuissa tuuletus varmistetaan vähintään 30 mm ilmaraolla ja jättämällä saumoja auki kahdelta alimmalta tiiliriviltä. Yläpohjan tuuletus varmistetaan räystäään alle ja harjalle jätettävillä tuuletusrakoilla sekä tuulenohjaimilla. [17.]

Sisätiloissa tuuleuksessa tulee huomioida etenkin kahden vesitiiviin rakenteen välinen tuuletus. Näitä esiintyy yleisesti puurankarunkoisten rakennusten märkätiloissa, joissa ulkoseinällä on höyrynsulkumuovi ja märkätilaan lisätään vesieriste tai alumiinipaperi. Tuuletus varmistetaan esimerkiksi erillisrungolla. Kuvassa 8 on kuvattu tyypillinen märkätilan tuuletusratkaisu, kun märkätila on ulkoseinärakennetta vasten.



Kuva 8. Märkätilarakenteen rajoittuminen puurunkoiseen ulkoseinään. [18, s.7.]

5 Rakentamisohje ja sen merkitys työnjohtajalle

Tässä opinnäytetyössä luotiin rakentamisohje tilaajan, Siklatilat Oy, tarpeisiin. Rakentamisohjeen luomisprosessi ja sen merkitys työnjohtajalle on kuvattu tässä luvussa.

5.1 Mikä on rakentamisohje?

Kotimaisten kielten keskus määrittelee ohjeen menettelyyn tai toimintaan opastavana lausumana, neuvona tai opastuksena. [19.] Ohjeen pyrkimyksenä on ohjata tai muuttaa yksilön tai yhteisön toimintaa tai vaikuttaa sen toimintamalleihin. Todennäköisesti yleisin ohje nykypäivä on käyttöohje, jossa opastetaan vaihe vaiheelta esimerkiksi jonkin laitteen toiminta. Vastaavaan tarkoitukseen on aikanaan luotu ruokaohje eli resepti, jota voidaan pitää kaikkien ohjeiden äitinä. Ohjeille on yhteistä niiden tapa kertoa, kuinka tulee menetellä päästäkseen haluttuun lopputulokseen.

Rakentamisohje on työnjohtajan ohjekirja, joka tarjoaa perustiedot eri työvaiheiden tehtäväsuunnitteluun sekä toteutuksen ja lopputuloksen valvontaan. Rakentamisohjeessa on kuvattu työmäärältään tai riskiarvioltaan merkittävimmät työvaiheet, niiden työohjeet ja laatuvaatimukset. Ohje ei missään tilanteessa poista kohteen suunnittelun tarvetta ja siinä esitetyt toimintamallit tulee sovittaa kohteen suunnitelmien kanssa.

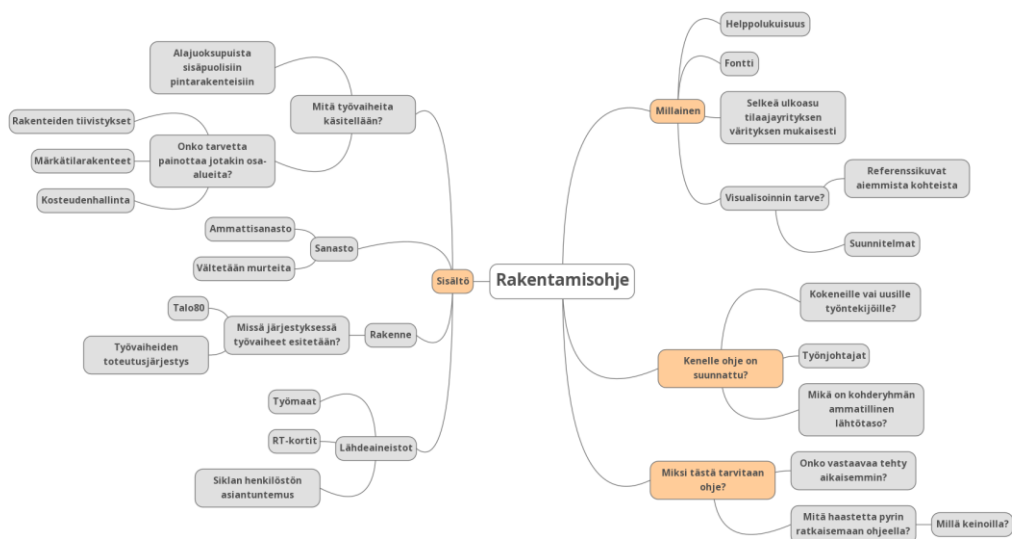
5.2 Rakentamisohjeen laadinta

5.2.1 Tarpeen määrittäminen ja suunnittelu

Ennen ohjeen laatimista, tulee ohjeelle määrittää tarve. Miksi juuri tästä tarvitaan ohje? Mitä asioita ohjeella pyritään ratkaisemaan? Mikäli tarvetta ei pystytä määrittämään, ei ohjetta ole järkevää laatia. Siklan matalarakentamisen asunto-kohteet ovat peruskonseptiltaan toisiaan vastaavia. Kuitenkin kohteiden välillä

on havaittu osin merkittäviä poikkeamia laadullisessa ja tuotannollisessa toteutuksessa. Rakentamisohjeen tarve perustuu näiden poikkeamien minimoimiseen ja asuntotuotannon tasalaatuistamiseen.

Ohje on hyvä suunnitella ennen sen laatimista, jotta se voidaan toteuttaa tehokkaasti ja johdonmukaisesti. Suunnittelun tärkeimmät osa-alueet ovat ohjeen sisältö, kohderyhmä ja esitystapa. Kuvassa 9 on esitetty ajatuskartta rakentamisohjeen suunnittelusta ja sen lähtökohdista. Tärkeimmät osa-alueet ovat korostettu kirkkaammilla väreillä.



Kuva 9. Ajatuskartta rakentamisohjeesta.

5.2.2 Sisältö ja kohderyhmä

Ohjeen sisältö määritellään vastaamaan sille esitettyä tarvetta. Rakentamisohjeen sisällöksi valittiin tilaajan toiveesta perustusten jälkeiset työvaiheet, sillä työmailla havaitut toteutus- ja laatu poikkeamat ovat ilmenneet juuri perustustyön jälkeisissä työvaiheissa. Ohjeesta jätettiin pois Siklan maatyönjohtajan vastuulla olevat maanrakennus-, perustus- ja pihatyöt.

Ohjeen sisältöön ja laajuuteen vaikuttavat suuresti, kenelle ohje on suunnattu. Kohderyhmän kartoittaminen mahdollistaa sisällön muovaamisen siten, että

siinä ei turhaan esitetä kohderyhmällä yleisesti tiedossa olevia asioita. Toisekseen tämä mahdollistaa ohjeen sisällön kohdentamisen sellaisiin osa-alueisiin, jotka todennäköisesti vaativat enemmän ohjeistusta.

Sisällön rajattiin siten, että rakentamishjeessa käsitellään työmäärältään tai riskiarvioltaan merkittävimmät työvaiheet. Käsiteltävien työvaiheiden lisäksi kartoitettiin mahdolliset erityishuomiota vaativat osa-alueet. Kartoituksen perusteella ja puurakentamisen ominaispiirteet huomioiden, rakentamishjeessa on painotettu rakennusaikaista kosteudenhallintaa, rakenteiden tiiveyttä ja tiivistämistä sekä kosteiden tilojen rakenteita.

Rakentamishje on suunnattu Siklan työmaahenkilöstön käyttöön ja etenkin uusille työmaahenkilöille. Tämän tiedon pohjalta voidaan olettaa kohderyhmän olevan alan ammattilaisia ja omaavan vähintään perustiedot rakentamisesta ja rakennetekniikasta. Ohjeen sisällön laadinnassa kiinnitettiin huomiota varsinkin uusien työntekijöiden asemaan. Tämän perusteella sisältö painotettiin työvaiheisiin, joissa Siklan toteutustavat tai laatuvaatimukset poikkeavat alan yleisistä ohjeista.

Sisällön laatimisessa käytettiin ensisijaisesti Siklan As. Oy Ramsinrannan Lumovalkun työmaalta kevään 2021 ja alkuvuoden 2022 aikana kerättyjä, kokemuksiin perustuvia, tietoja sekä havaintoja. Perustietoja täydennettiin Siklan sisäisistä projekti- ja laatujärjestelmistä sekä RT-kortistosta saatavilla tiedoilla. Osa ohjeessa esiintyvistä tiedoista ovat peräisin tuotevalmistajilta tai Siklan sisäisistä ohjeista.

5.2.3 Rakenne, jäsenitys, ja ulkoasu

Ohje on kokonaisuus, jossa käsiteltävät asiat ovat esitetty loogisesti ja helposti ymmärrettävässä muodossa. Ohjeen rakenne ja jäsentely valitaan siten, että lukijan on helppo löytää tärkeimmät kohdat ja ne ohjaavat lukijaa johdonmukaisesti eteenpäin. Ohje voidaan jäsentää esimerkiksi käyttämällä aika- tai tärkeysjärjestystä. Jäsentelyssä tulee kuitenkin huomioida muun muassa, luetaanko

ohje kokonaan vai otetaanko sieltä vain osia tiettyyn tarkoitukseen. Ohjeen ymmärrettävyyttä, helppolukuisuutta ja mielekkyyttä parannetaan ulkoasulla ja havainnollistavilla kuvilla, kuvaajilla tai taulukoilla. Havainnollistamisella autetaan lukijaa ymmärtämään ja sillä voidaan antaa sellaista tietoa, jonka esittäminen kirjallisessa muodossa on vaikeaa.

Rakentamisohteessa perusrakenteena ja jäsentelytapana käytettiin työvaiheiden toteutumisjärjestystä alkaen alajuoksupuiden asentamisesta. Ohje otsikoitiin rakentamisen päävaiheilla, esimerkiksi vesikattorakenteet ja elementtiasennus. Kaikki tekstiosat jäsennettiin siten, että kyseisen työvaiheen työhöjeet esitettiin ensin aikajärjestyksessä ja ohjeita havainnollistettiin suunnitelmilla tai valokuvilla. Jokaista työvaihetta koskevat laatuvaatimukset kirjattiin kunkin työvaiheen loppuun omaksi kappaleeksi. Rakentamisohteeseen ulkoasussa hyödynnettiin Siklan omaa asiakirjapohjaa, jota muokattiin ohjekäyttöön soveltuvaksi ja helppolukuisemmaksi.

5.3 Rakentamisohteeseen merkitys työnjohtajalle

Rakentamisohteeseen on tarkoitus toimia työnjohtajan yhtenä työnjohtamisen ja laadunvalvonnan työkaluna. Ohjeessa on nostettu esille sellaisia seikkoja, joiden tarkoitus on auttaa työnjohtajaa oman työn tekemisessä ja samalla toimia työnjohtajan muistilistana hektisessä työmaaympäristössä, jossa huomion kiinnittäminen tiettyihin kriittisiin yksityiskohtiin saattaa unohtua.

Ohjeella ei kuitenkaan ole tarkoitus korvata Siklalla olemassa olevia työnjohtamisen työkaluja vaan ennemmin koota irralliset työkalut yhteen pakkiin ja helposti saataville. Sisällössä on panostettu erityisesti sellaisiin työvaiheisiin, jotka ovat puurakentamiselle tyypillisiä, mutta osalle työnjohtajista vieraita.

Ohjeen merkitys ja sen tarpeellisuus ilmenee etenkin uusien työmaahenkilöiden kohdalla, joille Siklan toteutustavat ja laatuvaatimukset eivät ole vielä tuttuja. Uudelle työnjohtajalle vieraat toteutustavat voivat omalta osaltaan johtaa turhiin

rakennusvirheisiin, ylimääräisiin kustannuksiin ja aikataulullisiin työmaan häiriöihin. Toisaalta ristiriitaiset ohjeet ja näkemykset taas johtavat laadullisiin poikkeamiin, mitä tällä ohjeella pyritään vähentämään.

6 Pohdinta ja yhteenveto

Puu on pitkään kuulunut osaksi rakentamista ja sen merkitys tulee kasvamaan tulevaisuudessa etenkin ilmastonmuutoksen takia. Puun monikäyttöisyys pohjautuu sen luonnollisiin ominaisuuksiin ja niiden tuomiin mahdollisuuksiin. Sen rakennusfysikaaliset ominaisuudet ovat mahdollistavat monimuotoisten, kestävien ja ennen kaikkea kevyiden rakenteiden toteuttamisen. Puun hygroskooppisuus ja anistrooppisuus edellyttävät olosuhteiden hallintaa rakentamisen ja käytön aikana, jotta kosteus- ja homevaurioita ei pääse syntymään. Tässä sekä suunnittelulla että työmaatoteutuksen valvonnalla on suuri merkitys. Opinnäytetyönä laadittu rakentamisohje nostaa esiin juuri näitä erityispiirteitä, joita puun käyttämisessä tulee ottaa huomioon.

Tilajalle luovutettu rakentamisohje kuvaa työmaan merkittävimmät työvaiheet, niiden työohjeet ja laatuvaatimukset. Ohjeen kirjallista sisältöä on tuettu referenssi- ja suunnitelmakuvilla, jotta ohjeesta saatiin mahdollisimman selkeä ja helposti ymmärrettävä. Ohje tukee Siklan työnjohtajien päivittäistä työnjohtotoimintaa ja tarjoaa tukea niin työvaiheen tehtäväsuunnitteluun kuin toteutuksen laadunvalvontaan. Siinä on korostettu ne asiat, jotka työmaalla on kokemusten perusteella koettu haastaviksi sekä esitetty selkeästi Siklan sisäiset ohjeet tiettyjen työvaiheiden toteuttamiseen ja valvontaan.

Mielestäni rakentamisohjeelle oli tilaajan puolesta aito tarve. Kohteiden välillä oli havaittu selkeitä poikkeamia, jotka osaltaan aiheuttivat työmaalla epätietoisuutta ja -selvyyttä. Näen, että rakentamisohjeella saadaan selkeytettyä työmaiden toteutusta ja helpotettua työnjohtajan työtaakkaa.

Jotta rakentamisohjeelle asetetut tavoitteet täyttyvät, tulee se jalkauttaa työmaahenkilöstölle oikealla tavalla. Pelkkä ohjeen toimittaminen työmaalle ei välttämättä luo oikeaa kuvaa sen merkityksestä ja mielestäni näkisin parempana vaihtoehtona järjestää esimerkiksi koulutustapahtuman, jossa ohje käydään yhdessä läpi. Uusien työmaahenkilöiden kohdalla ohje voidaan esitellä esimerkiksi yleisperehdytyksen yhteydessä.

Lähteet

- 1 Siikanen, Unto. Puurakentaminen. 2008. Kirja. Rakennustieto Oy.
- 2 Pajakkala, Pekka. Rakentamisen näkymät – Puurakentamisen näkökulma. 2020. Webinaariaineisto. Forecon Oy.
- 3 Puuinfon verkkosivut. <https://puuinfo.fi/rakenteet>. Luettu 13.4.2022.
- 4 Puuinfon verkkosivut. <https://puuinfo.fi/puutieto>. Luettu 14.4.2022.
- 5 Puuinfon verkkosivut. <https://puuinfo.fi/puutieto/puulajit>. Luettu 30.3.2022.
- 6 Puuinfon verkkosivut. <https://puuinfo.fi/puutieto/puun-ominaisuuksia/lujuusteknisia-ominaisuuksia>. Luettu 31.3.2022.
- 7 Puuinfon verkkosivut. <https://puuinfo.fi/puutieto/puun-ominaisuuksia>. Luettu 2.4.2022.
- 8 Puuinfon verkkosivut. <https://puuinfo.fi/puutieto/puun-ominaisuuksia/puun-kosteustekniset-ominaisuudet>. Luettu 30.3.2022.
- 9 Puuproffan verkkosivut. <https://puuproffa.fi/liitosten-arkki/puun-liitokset/liitosten-vaatimukset/lujuus-puunrakenne>. Luettu 1.4.2022.
- 10 Ross, Robert J. Wood Handbook, Wood as an Engineering Material. 2021. E-kirja. USDA (Yhdysvaltain maa- ja metsätalousministeriö).
- 11 Puuinfon verkkosivut. <https://puuinfo.fi/puutieto/puun-ominaisuuksia/ominaisuuksien-muuttaminen>. Luettu 18.4.2022.
- 12 Puuinfon verkkosivut. <https://puuinfo.fi/puutieto/puun-ominaisuuksia/paloteknisia-ominaisuuksia>. Luettu 2.4.2022.
- 13 Puuinfon verkkosivut. <https://puuinfo.fi/puutieto/puun-ominaisuuksia/aaniteknisia-ominaisuuksia>. Luettu 19.4.2022.
- 14 Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus. 2016. Verkkojulkaisu. toimittanut Miia Pitkäranta. Ympäristöministeriö.
- 15 Henkilökohtainen kuva-arkisto. Juho Tauriainen.2022
- 16 Björkholtz, D. Lämpö ja kosteus: Rakennusfysiikka. 1987. Rakennustieto.

- 17 Suomen Rakentamismääräyskokoelma. 1998. Verkkojulkaisu. Ympäristöministeriö.
- 18 Märkätila rakenteet. RT 84-1116. 2014. Rakennustieto.
- 19 Kotimaisten kielten keskuksen verkkosivut. <https://www.kielitoimistonanakirja.fi>. Haettu 15.4.2022