A-INSINÖÖRIT

Kosteuden ja kuivumisen hallinta

AINUTLAATUINEN KUMPPANI

PUUINFO Vaativien puurakenteiden suunnittelu –koulutus 13.3.2019

DI Antti Souto

Kosteuden ja kuivumisen hallinta

Sisältö

- Kosteudenhallintasuunnitelman sisältö
- Sääsuojaustasot
- Suojatelttojen tyypit
- Suojateltan kustannustaso
- Vesivahingon rajaaminen

- Kastuneen puurakenteen kuivausmenetelmät
- Kuivaussuunnitelma
- Kosteuden mittausmenetelmät
- Massiivisten puurakenteiden kuivaaminen

Kosteudenhallintasuunnitelman sisältö

YM:n asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 782/2017

Kosteudenhallintaselvitys

- Rakennushankkeeseen ryhtyvä huolehtii laatimisesta luvanvaraisissa hankkeissa
- Sisältää vaatimukset ja toimenpiteet kosteudenhallinnalle hankkeen eri vaiheissa (myös suunnittelulle)
- Selvityksessä nimetään hankkeen kosteudenhallinnan valvonnasta vastaava henkilö (kosteudenhallintakoordinaattori)

Alustava selvitys kannattaa laatia jo aikaisessa vaiheessa, jotta suunnitteluun voidaan määritellä sääsuojauksen taso ja tarvittavat tehtävät.

YM:n asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 782/2017

Työmaan kosteudenhallintasuunnitelma

- Vastaava työnjohtaja huolehtii laatimisesta
- Sisällön osalta sovelletaan YM:n asetusta 216/2015 rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä
- Lisäksi suunnitelmassa on esitettävä tiedot työmaan kosteudenhallinnasta vastaavista rakennusvaiheen henkilöistä (työnjohto)
- Rakennusvaiheen vastuuhenkilö(t) huolehtii:
  - rakennustuotteiden ja rakennusosien suojaamisesta kastumiselta ja epäpuhtauksilta
  - rakenteiden riittävästä kuivumisesta ennen niiden peittämistä tai pinnoittamista
  - ja kosteusmittauksin rakenteiden asianmukaisesta kosteuspitoisuudesta seuraavaan työvaiheeseen siirtymistä varten.

Kosteudenhallintasuunnitelman sisältö

- RIL 250 (2011) Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen kuvaa prosessin hankkeen eri vaiheissa
- Rakennushankkeen kosteudenhallintasuunnitelma (suunnittelun ja työmaan):
  A. Hankkeen yleistiedot
  B. Kosteudenhallinnan laadun tavoitetaso (rakennuttaja)

     Kosteudenhallintaselvitys

  C. Kosteusriskien arviointi (suunnittelija, työmaa täydentää)
  D. Rakenteiden kuivumisarviot (työmaa, suunnittelija tukee)
  E. Työmaaolosuhteiden hallinnan suunnittelu (työmaa)

     Työmaan kosteudenhallintasuunnitelma

  F. Kosteusmittaussuunnitelma (työmaa, mittaaja)

SFS 5978 Puurakenteiden toteuttaminen

Kosteudenhallintasuunnitelma

- Kohteen perustiedot ja käytettävät puumateriaalit
- Puutavaran, puuelementtien ja rakennusosien tavoitekosteus tehtaalla, kuljetuksessa, asennettaessa ja valmiina rakenteena
- Vastaanottotarkastukset
- Rakentamisen aikaiset kosteuslähteet, riskien kartoitus ja torjunta
- Puurakenteiden suojaustaso (ST0-ST3) ja tarvittava suojausaika
- Puun suojausmenetelmät varastoinnissa, asennettuna ja niiden kuivaustapa
- Rakenteiden hallittu kuivaus käyttöolosuhteisiin
  - Kosteuspitoisuudet, kuivumisajat ja kuivumisolosuhteet
  - Vaikutukset työmaa-aikatauluun ja varasuunnitelma
  - Kuivumisolosuhteiden järjestäminen
- Kosteusmittaussuunnitelma (menetelmät, vastuuhenkilö ja dokumentointi)

Kosteudenhallintasuunnitelman sisältö 3 (3)

- Kosteudenhallinnan vaatimukset on liitettävä vähintään osaksi urakan tarjouspyyntöä
  - Sääsuojausvaatimukset
  - Olosuhdevaatimukset ja kosteusraja-arvot

Rungon asentamisen eri vaiheet on otettava huomioon. Lähtökohdat ratkaistaan suunnittelussa.

Tarvikkeiden varastointi

- Olosuhteet varastoinnissa voivat nopeuttaa mikrobivaurion syntymistä asennuksen jälkeen
  - Liiallinen kosteuspitoisuus
  - Tarvikkeiden likaantuminen
  - Silmin näkymättömän mikrobikasvun kehittyminen

Kuivaketju10.fi

Toimintamallin avulla pyritään välttämään yli 80 prosenttia kosteusvaurioiden seurannaiskustannuksista torjumalla 10 keskeisintä kosteusriskiä:

1. Rakennuksen ulkopuolelta tuleva kosteus vaurioittaa perustuksia ja lattiarakenteita.
2. Sadevesi pääsee tunkeutumaan ulkoseinärakenteen sisälle.
3. Vesikatteen läpäisevä vesi tunkeutuu aluskatteen vuotokohdista yläpohjaan.
4. Kosteutta siirtyy ilmansulkukerroksen vuotokohdista ulkoseinä- ja yläpohjarakenteisiin, jonne sitä tiivistyy vedeksi.
5. Väärin mitoitettu ja säädetty ilmanvaihto ei poista ylimääräistä kosteutta vaan pakottaa sen siirtymään rakenteisiin.
6. Vesiputkien rikkoutumiset aiheuttavat kiinteistöön laajoja vesivahinkoja.
7. Huonosti toteutetussa märkätilassa kosteus vaurioittaa ympäröivät rakenteet.
8. Kosteiden betonirakenteiden päällystäminen aiheuttaa päällystemateriaalin turmeltumisen.
9. Materiaalien ja rakenteiden kastuminen vaurioittaa rakennuksen.
10. Huonolla ylläpidolla rakennus rapistuu hitaasti mutta varmasti.

Sääsuojaustasot

Sääsuojaustasot

- SFS 5978 Puurakenteiden toteuttaminen
- Kosteudenhallintasuunnitelmassa ja asennussuunnitelmassa määritetään sääsuojaustaso:
  - ST0: ei suojausta (talvikaudella, lyhyinä jaksoina)
  - ST1: muovi- tai pressusuojaus (huom. tuuletus)
  - ST2: katesuoja (parempi kuin ST1)
  - ST3: sisäolosuhteet tai lämmitetty teltta

Sääsuojaustason valinta 1 (5)

- Rakennusolosuhteet, sijainti
  - Lumi- ja vesisade myös viistosateena
- Rakennusaikainen kosteusrasitus (kosteuden määrä ja altistumisaika)
- Rakentamisen aikataulu (huom. suunnittelu)
- Runkotyyppi ja rakennusvaiheet esim. vesikaton muoto:
  - Hyvin yksinkertainen, asennus elementtinä vedeneristeen kanssa
  - Useassa tasossa ja useita detaljeja

Sääsuojaustason valinta 2 (5)

- Puumateriaalin kosteudensietokyky: puulaji, puutuote, käsittelyt
  - Kotimaiset havupuulajit
  - Puutuotteiden kosteudensietokyky vaihtelee merkittävästi:
    - Puukuitulevyt
    - Vanerit
    - Sahatavara
    - Liimapuu ja CLT
    - Viilupuu (LVL)

Tummat liimajäämät LVL-levyn pinnassa vaikuttavat kosteudensietokykyyn?

Sääsuojaustason valinta 3 (5)

- Jotkin puutuotteet eivät kestä kastumista ollenkaan liiman osalta (erityisesti rakenteelliset kysymykset)
- Kastuminen aiheuttaa yleensä visuaalisen haitan näkyviin jäävään puupintaan
- Erilaisilla käsittelyillä kestävyyttä voidaan parantaa, mutta pintakäsittely voi estää myös kuivumisen

Kastuminen voidaan havaita työmaalla myös kuivumisen jälkeen.

Sääsuojaustason valinta 4 (5)

- Valitun sääsuojaustason mukaan on suunniteltava:
  - irtonaisen veden ja lumen poisto työnaikaisesti tasoilta
  - irtonaisen veden poistuminen kaikista rakenneväleistä (vedenpoistoreiät)
- Rakenteiden vaikutus
  - Alapuolelta avoin ripalaatta ei kerää vettä ja kuivuu hyvin

Sääsuojaustason valinta 5 (5)

- Muovi- ja pressusuojauksissa usein ongelmia ja ne voivat pahentaa tilannetta suojaamattomaan verrattuna
  - Muovipinta on erotettava puupinnasta esim. väliaikaisella puurakenteella, koska kosteus tiivistyy muovipintaan
  - Tasojen päällä pressut eivät saa kerätä vettä ja niiden alapuolella on oltava tuuletus
- Suojauksella pyritään estämään veden kulkeutuminen, mutta käytännössä estetään kuivuminen tai ohjataan vettä rakenteisiin

Pilari-palkkijärjestelmä ja muovisuojaus

Kuva: Metsä Wood

Tuulen kuljettama lumi ja vesi?
Hoikat puurakenteet kuivuvat hyvin kastumisen jälkeen.
Lämmöneristeen ja sisälevytysten asentamisen on onnistuttava kuivana.
Alapohjalaatta pitää kuivattaa ennen lattiapinnoitteiden asennusta.

Vuores Koukkurannankatu (2017)

CLT-tilaelementti tehtaalla varusteltuna ja rakenteellinen sääsuojaus. Vesikatto ensimmäisenä ja nostetaan tilaelementtien suojaksi rakentamisen edetessä. Tehtaalla rakennettu ja nopea asennus työmaalla sopivina päivinä.

Lopullista rakennetta hyödynnetään sääsuojana.

Jyväskylä Puukuokka 2 (2017)

Sääsuojana on väliaikainen vesikatto. Ratkaisu toimii parhaiten, kun vesikaton muoto on yksinkertainen.

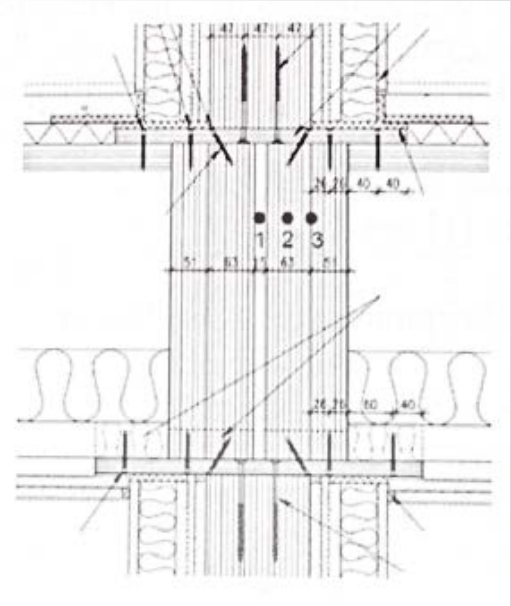
A-INSINÖÖRIT

Jyväskylä Puukuokka 2 (2017)

A-INSINÖÖRIT

Jätkäsaari Wood City (2017)

Kantavat seinät massiivisia LVL-elementtejä, välipohjassa ripalaatta sekä rakenteellinen sääsuojaus. Ensimmäisen rakennuksen aikataulu pitkittyi. Liitoskohtien kuivumiskyky ei ole ollut riittävä kosteusrasitukselle. Toisen rakennuksen runko rakennettiin noin 5 viikossa.



Lähde: Rakennusfysiikka 2017 Puukerrostalon työmaavaiheen lämpö- ja kosteusolosuhteiden mittaukset

Sääsuojaus, suunnittelu ja rakentaminen

Kun ei käytetä kattavaa sääsuojausta:

- rakenteiden on oltava kuivumiskykyisiä eivätkä ne saa kerätä vettä
  - esim. ontelot ja raot
  - villaa tms. ei saa asentaa kyseisiin kohtiin
  - vedenohjaus rakojen tiivisteillä ja teippauksella välipohjissa ja ulkoseinissä (kuivumista ei saa estää)
- käytettävien materiaalien on kestettävä työmaa-aikaiset kosteusolosuhteet
  - esim. kylpyhuone-elementtien materiaalit
- ja rakentamisen on oltava erittäin sujuvaa (yksinkertaiset ja tutut ratkaisut).

Kun käytetään rakenteellista tai kattavaa sääsuojausta:

- voidaan merkittävästi rajoittaa tai poistaa kastumisen aiheuttamia riskejä
- talviolosuhteet eivät haittaa työskentelyä
- voidaan asentaa sisätilojen materiaaleja työmaalla ajoissa
- ja poistetaan työvaiheiden myöhästymisen aiheuttama riski kastumiselle.

Suojatelttojen tyypit

Telinejärjestelmät vesikatolle ja julkisivulle

A-INSINÖÖRIT

Kuva: Telinekataja

Nouseva sääsuoja halli/siltanosturilla

Kuva: Ramirent

Suojateltan käytössä huomioitavaa

- Suunnittelijan on huomioitava mahdollisia ongelmia toteutuksessa tai tuotava esiin:
  - Lumi- ja tuulikuormien kestävyys väliaikaiseksi tarkoitetuissa ratkaisuissa
  - Sadevedenpoisto työmaan aikana
  - Suojatelttojen yleisten tyyppien jännemitat (esim. 20 metriä, isot 40 metriä)
  - Elementtien nostaminen käytettäessä sääsuojaa
  - Halli/siltanosturin rajallinen kapasiteetti, alle 3200 kg
  - Työskentelyn vaatimat tilat teltan alla (esim. julkisivun rakentaminen, IV-konehuone)
  - Vesikattotason suojauksen vaatimat tukipisteet
    - Telineiden sivuttaistuet
    - Katolle tulevan sääsuojan kiinnitys
    - Nousevan sääsuojan perustukset

Suojateltan kustannustaso

Suojateltan kustannustaso 1 (4)

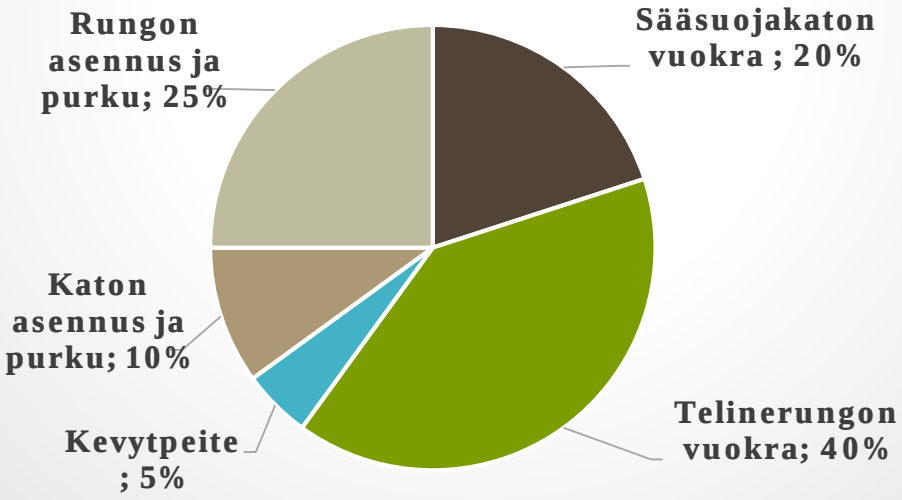
Arvioitu kohde asuinkerrostalo 8 krs pohja n. 20 x 20 m

- Sääsuojien toimittajien arvioita
  - Nosturiratkaisun arvio kohteeseen 104 k€
  - Tavanomaisen sääsuojan kustannus 50-73 k€ (150 pv)
  - Tavanomaisen sääsuojan osuus yleensä 2-3 % kokonaishinnasta
- RATU S-1232 mukaan vastaava kohde:
  - Katto-osuus asennus ja purku 12 €/m^2, vuokra 0,16 €/m^2 vrk
  - Telineet asennus ja purku 9 €/m^2, vuokra 0,08 €/m^2 vrk
  - 22 x 22 = 484 m2 h=27 m (150 pv)
  - => 5800 + 11600 + 21400 + 28500 = **67 k€**

Lähde: Ins.työ Tolvanen 2012

Suojateltan kustannustaso 2 (4)

- Kohteessa tavanomaisen sääsuojan kustannus 50-73 k€ (150 pv ~ 5 kk)
  - Esim. telinerungon kustannus: pinta-ala * vuokra-aika
  - Esim. rungon asennus- ja purkukustannus: pinta-ala
  - Lisäksi nosturitunnit asennus ja purku ~36 h sekä olosuhdehallinta

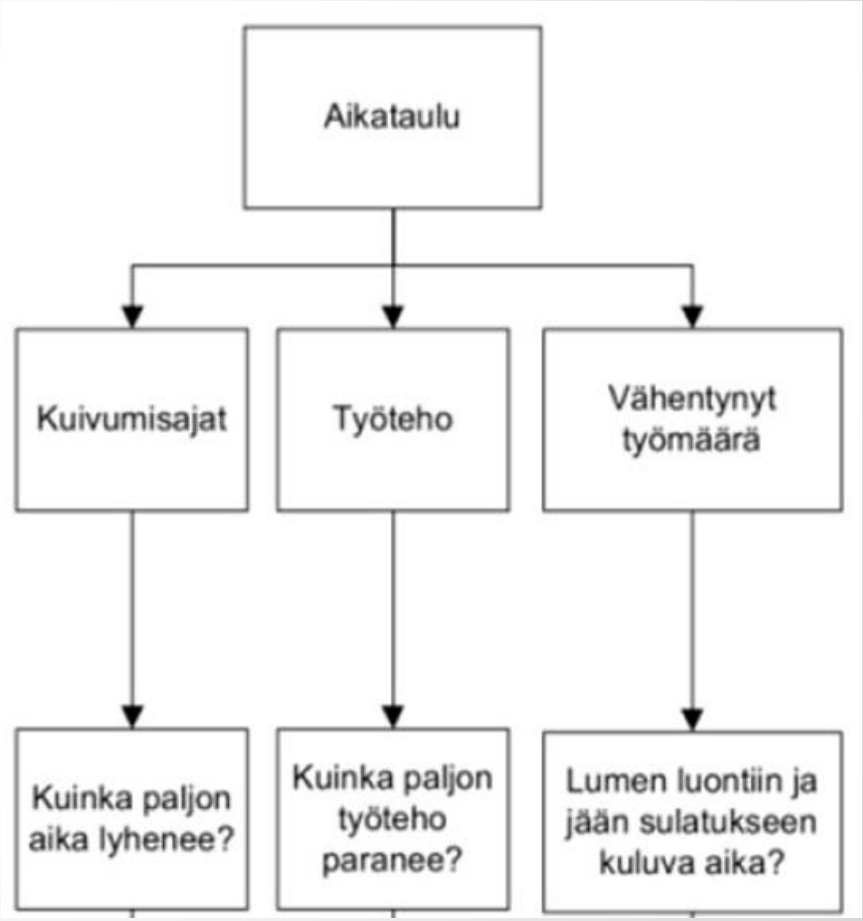


Lähde: Ins.työ Tolvanen 2012

Suojateltan kustannustaso 3 (4)

Suojateltan kustannuksesta voidaan vähentää suoraan rahalliset hyödyt, jotka saadaan esim. talviaikaisen työn tai valvonnan helpottumisesta.

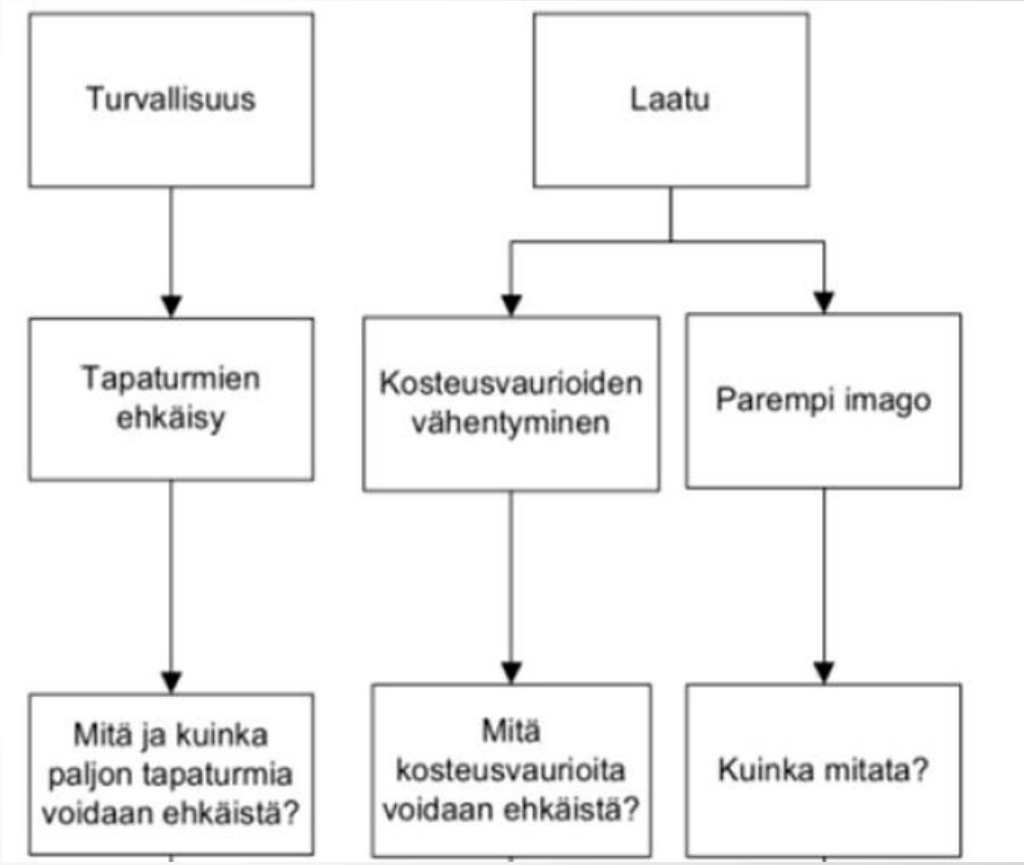
Työmaa-aikaisten vesivahinkojen selvittely ja korjaaminen ei ole halpaa.



Lähde: Toivari 2011 Kosteudenhallinnan ja sääsuojauksen taloudellinen tarkastelu

Suojateltan kustannustaso 4 (4)

Hyötyjä pitäisi arvioida myös saavutettavan laatutason ja asiakkaalle myynnin näkökulmasta.



Lähde: Toivari 2011 Kosteudenhallinnan ja sääsuojauksen taloudellinen tarkastelu

Vesivahingon rajaaminen

Vesivahinko rakentamisen aikana

- Toimintamalli, vastuuhenkilö ja dokumentointi esitetty kosteudenhallintasuunnitelmassa
- Työntekijöiden perehdytys
- Rakennusaikainen toiminta vesivahinkojen kanssa:
  1) Havainnointi työmaalla (vastuuhenkilö ja työntekijät)
  2) Ilmoitus vesivahingosta tai puutteellisesta suojauksesta (vrt. työturvallisuus)
  3) Nopeat toimenpiteet työmaalla
  4) Ilmoitus valvojalle ja kuivaustoimenpiteiden suunnittelu
  5) Mahdollisten korjausten toteuttaminen, kuivumisen varmistaminen ja dokumentointi

Vesivahinko käytön aikana

- Suunnitelmissa mahdollisen käytönaikaisen vesivahingon huomiointi:
  - Rakennuksen vaakatasojen (mm. vesikatto, parvekkeet) vedeneristeen rikkoutuminen tai vedenohjauksen tukkeutuminen
  - Putkivuoto tai sammutusvesi asunnossa

Spinkleri kasteli neljä asuntoa Euroopan suurimmassa puukerrostalossa – homesieni pettyi

Homesienen unelma on vesivahinko paksuilla eristekerroksilla varustetussa puukerrostalossa. Vantaan Kivistössä sprinkleri laukesi, mutta homesieni joutui pettymään vesivahinkojen määrään.

Kuva: Rakennuslehti

Vesivahinkoriskin huomiointi suunnittelussa

- Veden kulkeutuminen talon rakenteisiin
- Vikatilanteen havaitseminen ajoissa
- Vian paikantaminen
  - Hankalaa vuodon levitessä laajalle alueelle
- Rakenteiden kuivuminen lähtökohtaisesti hidasta

Kastuneen puurakenteen kuivausmenetelmät

Kastuneen puurakenteen kuivausmenetelmät 1 (5)

- Rakenteita pääsee usein jossakin vaiheessa kastumaan ainakin vähäisessä määrin
- Esimerkiksi useampi kerroksisessa puukerrostalossa irtonainen kermi ei estä tuulen kuljettaman veden ja lumen pääsyä kattoelementin lämmöneristeisiin

Kastuneen puurakenteen kuivausmenetelmät 2 (5)

- Kuivumisolosuhteet:
  - Ilman lämpötila (15..30 °C)
  - Ilman kosteus (esim. n. 50 RH%)
- Kuivumista voidaan tehostaa lämmittämällä suoraan kastunutta rakennetta
- Lämmöneristetilan tai vastaava ilmaa hyvin läpäisevän materiaalin kuivaus imu- tai puhalluskuivauksella
- Vain pintaosastaan kastuneen materiaalin kuivaus tapahtuu ilman olosuhteiden avulla ja sitä voidaan tehostaa lisäämällä ilmavirtausta pinnalla
- Pintaosan kosteus siirtyy nopeammin ilmaan kuin kosteus siirtyy rakenteen sisällä, jolloin pinnan kuivumiskutistuma voi aiheuttaa puurakenteen halkeilua

Kastuneen puurakenteen kuivausmenetelmät 3 (5)

- Talvikaudella sopivat olosuhteet saadaan lämmittämällä, mutta muina aikoina joudutaan alentamaan ilman kosteutta kosteudenkeräimillä
- Olosuhdehallinnassa huomioitava rungon ilmatiiveys, joka vaikuttaa merkittävästi esim. tarvittavaan lämmityskalustoon
- Olosuhdehallinta ilmaa läpäisevässä ja lämmöneristämättömässä rungossa on hyvin hankalaa

Kastuneen puurakenteen kuivausmenetelmät 4 (5)

- Ilman kuivaamiseen tarvittaessa ja olosuhteiden mukaan käytetään adsorptio- tai kondenssikuivainta

- Ilman lämmittämiseen paljon erilaista kalustoa mm.
  - Sähkölämmittimet
  - Kaukolämpöä hyödyntävät lämmittimet (vesivuotoriski)
  - Polttoöljyllä toimivat lämmittimet (esim. 80 kW)

- Rakenteen lämmittäminen:
  - Lämpömatot
  - Infrapunakuivaimet ja -lämmittimet
  - Mikroaaltokuivaimet
  - Sauvakuivaimet rakenteeseen upotettuna

Kastuneen puurakenteen kuivausmenetelmät 5 (5)

- Kuivumisvaiheen tavoite enimmillään 6 painoprosenttia
- Taulukossa kuivumisaika päivinä rakenteen paksuuden mukaan eri lämpötiloissa (kuivatetaan 6 painoprosenttia kosteutta)
- Kuivuminen puukappaleen kahdelta sivulta
- Kuvaa palkin keskiosaa ja päätyosat kuivuvat nopeammin puun syiden ollessa näkyvissä

Leveys B (mm)	T (C°)			
	10	15	20	24
	Kerroin *k*			
	3	2	1,5	1
90	44	29	22	15
115	71	48	36	24
140	106	71	53	35
165	147	98	74	49
190	195	130	97	65
215	250	166	125	83

Lähde: VTT Puurakenteiden halkeilun hallinta opas 2006

Kuivaussuunnitelma

- Kuivaussuunnitelman sisältö esimerkiksi:
  - Kastuneen alueen kartoitus (lähtötaso)
  - Ympäröivät olosuhteet: ilman lämpötila ja kosteus (RH %)
  - Olosuhteiden vaatima kalusto ja toimenpiteet
  - Vaadittu tuuletus
  - Tavoitekosteus ja sen toteaminen
- Lämpö ja kosteus samanaikaisesti aiheuttavat puurakenteiden pinnoille ja väleihin riskin mikrobikasvusta myös kuivauksessa

Puun kosteuden mittausmenetelmät

Puun kosteuden mittausmenetelmät 1 (7)

- Sahatavaran kosteuspitoisuuden määrittämistä on käsitelty SFS-EN 13183 standardin kolmessa eri osassa uunikuivaus-, resistanssi- ja kapasitanssimenetelmillä.
- Mittausjärjestelmiä on markkinoilla monenlaisia, mutta osa on edelleen kehitysvaiheessa (esim. langattomat pilvipalveluun kytketyt) ja ratkaisun toimivuus selviää yleensä vasta käytössä. Perustuvat yleensä ilman suhteellisen kosteuden mittaukseen.
- Suunnittelija voi tuoda esille tietyn rakenteen tai olosuhteiden seurantamittauksen tarpeen, kun halutaan varmistua esim. peittyvien rakenteiden pysymisestä kuivina työmaa-aikana.

Puun kosteuden mittausmenetelmät 2 (7)

- Uunikuivaus – näytepalan punnitus ja kuivaus uunissa
- Resistanssimenetelmä – kosteuspitoisuuden mukaan vaihtelevan puun sähkönvastuksen mittaus (piikkimittarit)
- Kapasitiivinen menetelmä – materiaalin aiheuttaman sähkökentän heikkenemisen mittaus (useat pintakosteusmittarit)
- Porareikämittaus – tiivistetyn porareiän ilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden mittaus

- Mikroaalto- ja radiometriset menetelmät eivät ole yleisesti käytössä mittalaitteiston kustannusten vuoksi

Lähde: Dietsch et al. 2014 Methods to determine wood moisture content and their applicability in monitoring concepts

Puun kosteuden mittausmenetelmät 3 (7)

- Uunikuivausmenetelmä
  - Puusta otetaan näyte, joka punnitaan, kuivataan lämpökaapissa 103 ±2 °C:n lämpötilassa ja punnitaan kuivana
  - Kosteus ilmoitetaan prosentteina haihtuneen vesimäärän suhteena kuivaan puuhun
  - Menetelmä on käytännössä riittävän tarkka. Jos puussa on runsaasti alhaisessa lämpötilassa haihtuvia aineosia, saattaa tulos vääristyä.

Kosteus: paino-% = 100 *(a-b)/b

a = kappaleen paino kosteana
b = kappaleen paino absoluuttisen kuivana

Puun kosteuden mittausmenetelmät 4 (7)

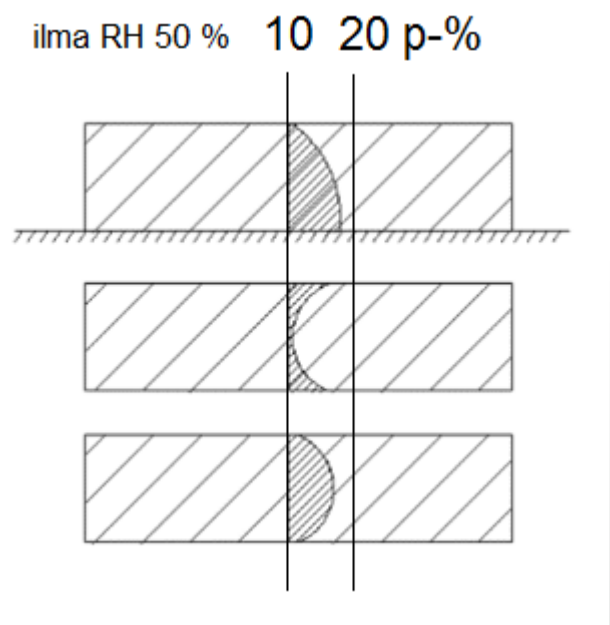
- Resistanssimenetelmä
  - Tarkkuus parhaimmillaan ±1 paino-% alueella 6..28 p-%
  - Lämpötilariippuvainen: mittalaitekohtaisesti selvitettävä kuinka mitataan muissa olosuhteissa kuin huonelämpötilassa
  - Esim. viilupuussa (LVL) piikit joudutaan kohdistamaan yksittäiseen noin 3 mm paksuun viiluun ja liimapuussa samaan lamelliin

Puun kosteuden mittausmenetelmät 5 (7)

- Kapasitiivinen menetelmä (toiminta-alue 2..28 p-%)
  - Riippuvainen mm. lämpötilasta ja puun tiheydestä
  - Käytetään pääasiassa levytuotteiden kanssa
  - Havaitsee herkemmin lähellä pintaa olevan kosteuden, joten sopii vain kartoittamiseen kuivissa tiloissa

Puun kosteuden mittausmenetelmät 6 (7)

- Kosteusgradientti – mitä todellisuudessa mitataan erityisesti pintakosteusmittareilla
- Huomioitava puukappaleen keskimääräinen kosteuspitoisuus kappaleen pinnan ollessa kuiva tai märkä
- Kappaleen sisäosien kosteus voi siirtyä myös kohti tiivistä pintaa (kuten betonirakenne päällystettäessä)



a) Tiiviillä pinnalla

b) Kostea pinnasta

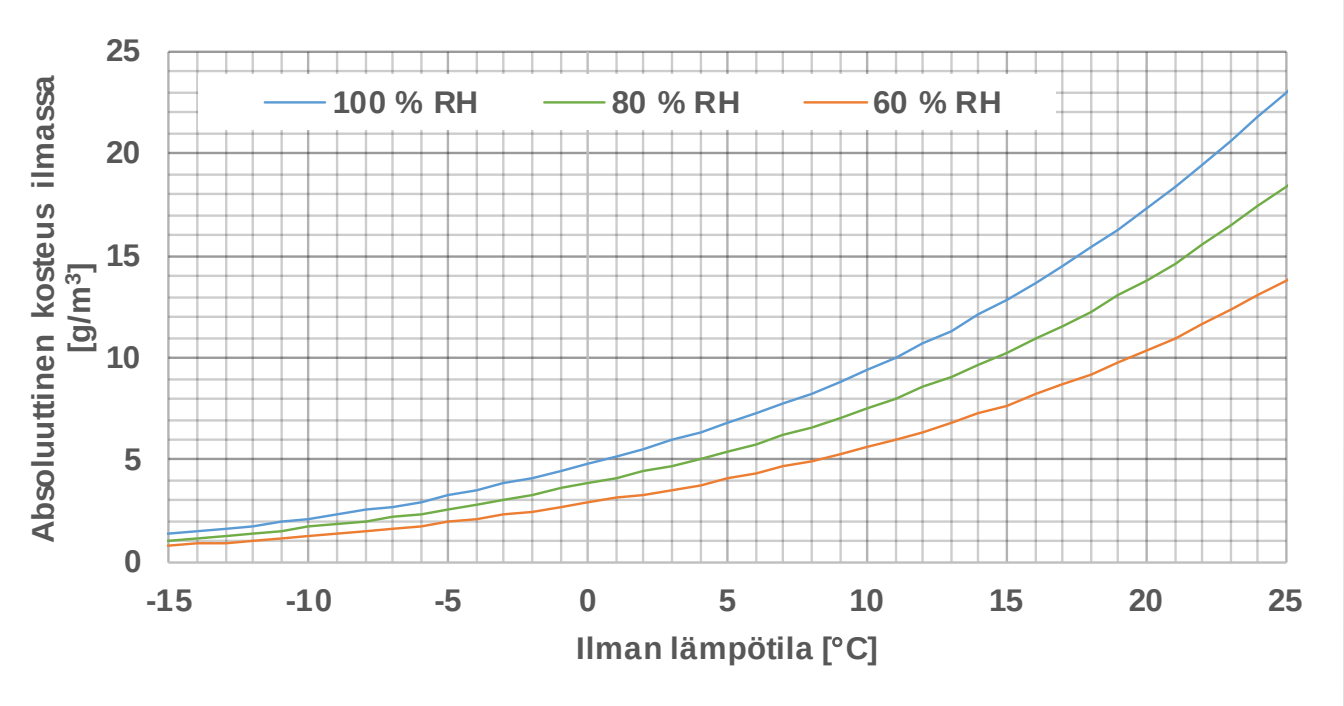
c) Kostea sisäosasta

Puun kosteuden mittausmenetelmät 7 (7)

- Porareikämittaus
  - Tiivistetyn porareiän ilma pyrkii tasapainokosteuteen ympäröivän materiaalin kosteuden kanssa
  - Puun vesihöyrynläpäisevyys eroaa merkittävästi syysuunnassa ja syysuuntaa kohtisuoraan (vrt. betonin huokosrakenne)
  - Mittausputkea käytettäessä sallittava kosteuden siirtyminen syiden suunnassa putkeen
  - Havainnoista varmistuminen näytepaloilla

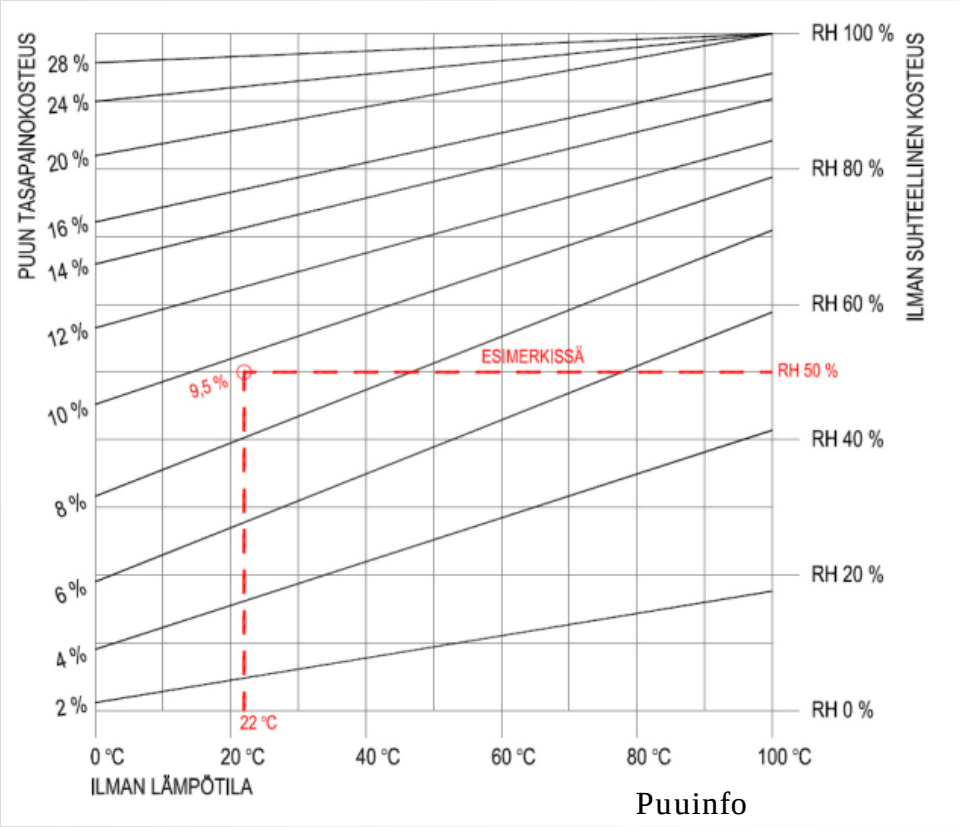
Kosteuden mittausmenetelmät

- Ilman vesihöyrypitoisuus eri lämpötiloissa
- Lämpimän ilman jäähtyessä alkaa tapahtua kosteuden tiivistymistä pinnoille eli kondenssia
  - Esim. sisäilman päästessä yläpohjarakenteisiin talvella



Kuvaajan tiedot: ISO 13788

Kosteuden mittausmenetelmät



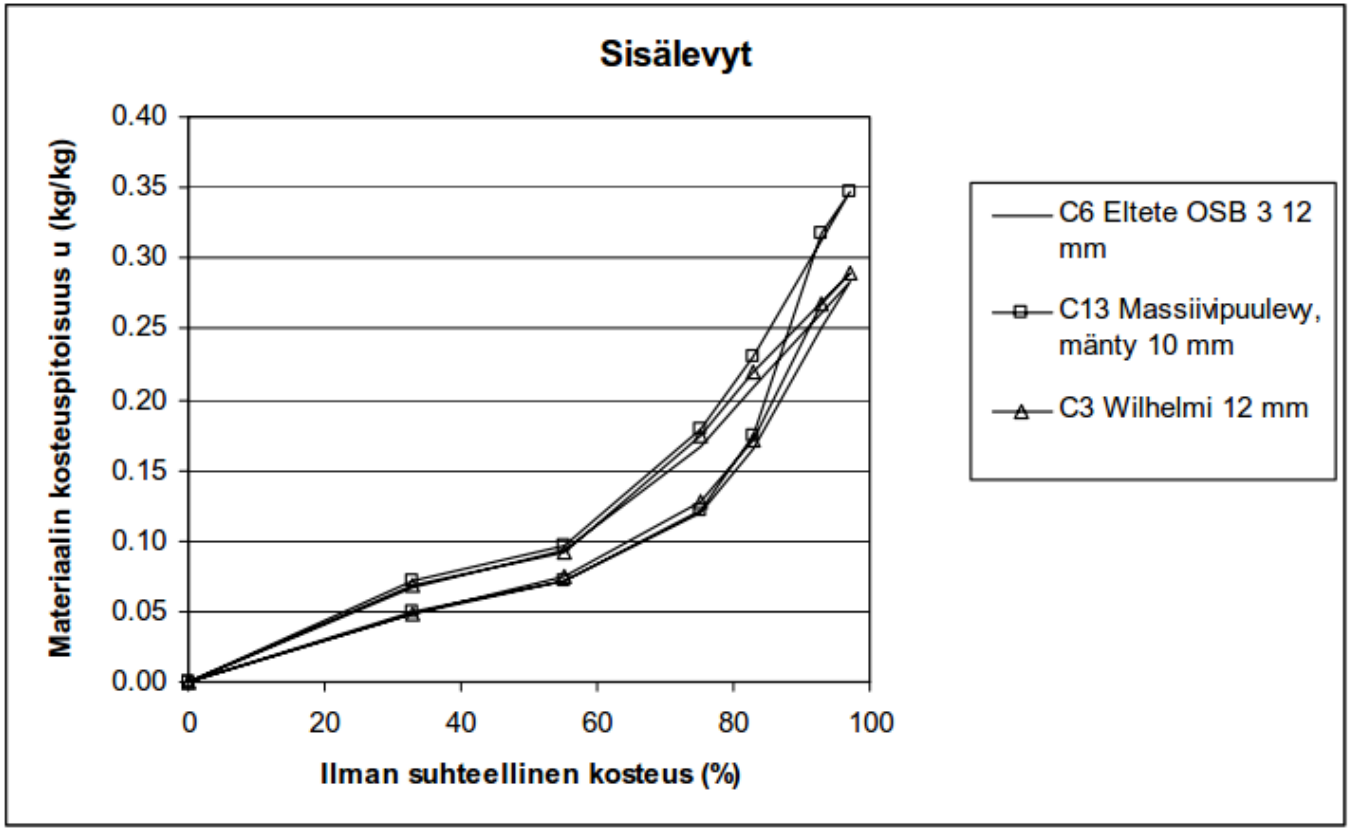
Kuvaaja yleisesti sahatavaralle kotimaisesta havupuusta.

Mikrobivaurion välttämiseksi puurakenteen kosteus ei saisi pitkäaikaisesti ylittää 17 p-% rajaa.

Käytännössä vain puun pintaosa seuraa ilman kosteutta (tasaantuu hitaasti).

Kuvaajassa ei näy hystereesiä, jolla tarkoitetaan tasapainokosteuden erilaisia arvoja kuivumis- ja kastumistilanteessa.

Kosteuden mittausmenetelmät



Kuva 4.13 Sisälevyjen tasapainokosteuksia (yksikkö kg/kg).

Taulukko 4.5 Tasapainokosteudet (kg/kg) eri lämpötiloissa 75 %:n suhteellisessa kosteudessa (adsorbtiotilanne).

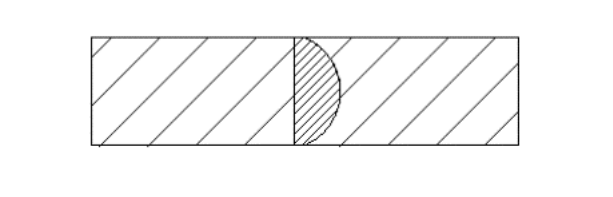
Lämpötila (°C) / Materiaali	23	5	-10
A1 Gyproc GTS 9 mm	0,0088	0,017	0,016
A2 Runkoleijona 25 mm	0,089	0,13	0,13
A3 Isover RKL 30 mm	0,0040	0,014	0,012
A4 Isover RKL-EJ 25 mm	0,0063	0,015	0,012
A5 Runkolevy TSL 30 mm	0,0029	0,0037	0,0033
A6 Isorunkolevy IRL 30 mm	0,0024	0,0036	0,0031
A11 Wisa 3 ply 9 mm	0,12	0,13	0,13
A13 Tuulileijona 12 mm	0,086	0,13	0,13
C13 massiivipuulevy, mänty 10 mm	0,12	0,13	0,14
D1 Isover KL-C 50 mm	0,016	0,018	0,013
D2 Isolevy IL 50 mm	0,0096	0,0041	0,0041
D4 Ekovilla 50 mm, 37 kg/m^3	0,11	0,10	0,11
D5 Pellavaeriste T^3 50 mm	0,087	0,11	0,12
D6 Sahanpuru 50 mm, 168 kg/m^3	0,11	0,14	0,15
D7 Kutterinlastu 50 mm, 130 kg/m^3	0,11	0,11	0,11

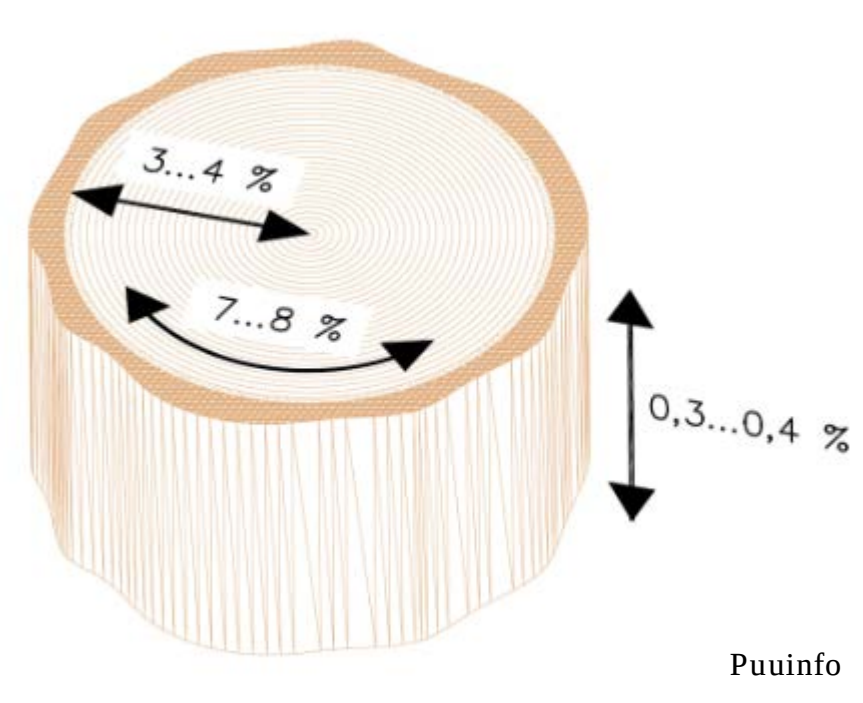
Massiivisen puurakenteen kuivaaminen

Massiivisten puurakenteiden kuivaaminen (halkeilun estäminen) 1 (3)

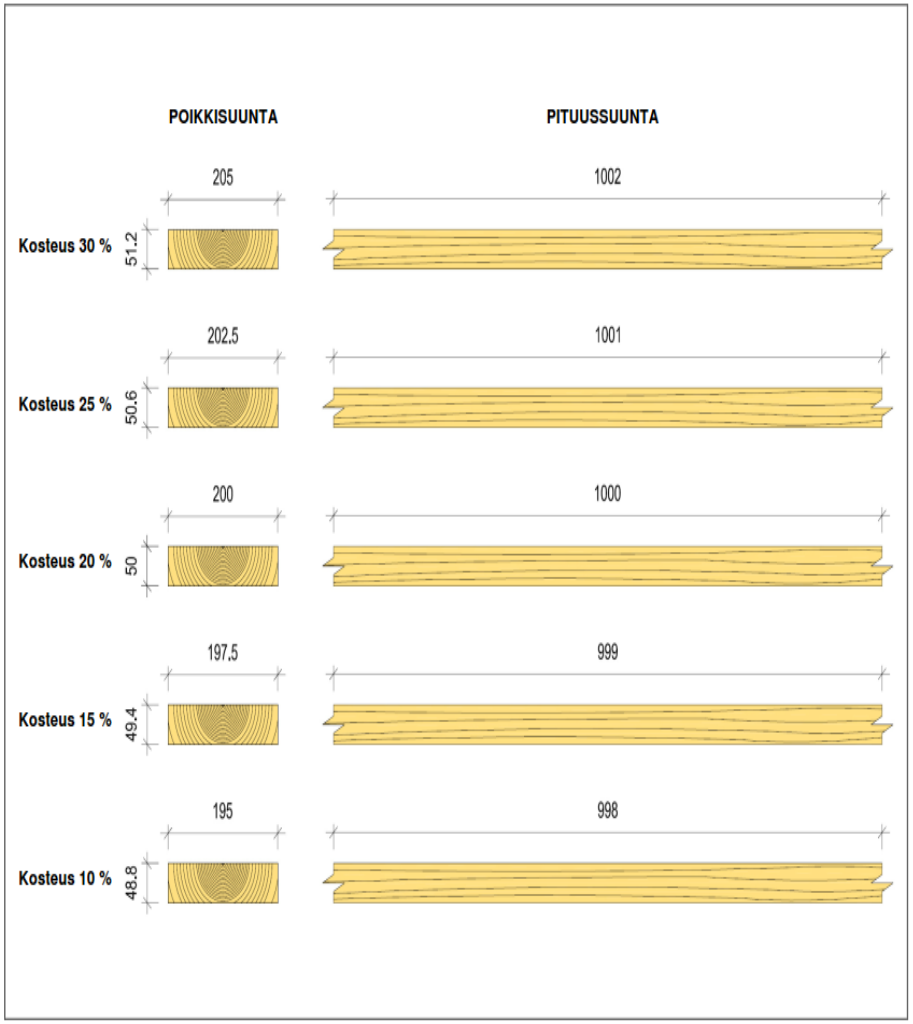
- Puun kosteuspitoisuuden ollessa alle 30 painoprosenttia (puun syiden kyllästyspiste) tapahtuu kuivuessa kosteusmuodonmuutoksia tangentin ja säteen suunnassa

Kosteusgradientin mukaan pinnan ja sisäosan kosteuspitoisuus vaihtelee
⇒ Muodonmuutos eri suuruinen
⇒ Jännitykset ja halkeilu





- TASAPAINOKOSTEUS
- (suositus)
- Runkotavara ≤ 24 %
- Ulkoverhous ≤ 18 %
- Sisäverhous ≤ 16 %
- Lattiaverhous ≤ 10 %



Kuva 5. Esimerkkejä sahatavarakappaleen mittamuutoksista puun kosteuspitoisuuden muuttuessa (mitat mm).

Massiivisten puurakenteiden kuivaaminen 2 (3)

- Eri puutuotteilla vaihtelee:
  - valmistuskosteus tehtaalla
  - toimituskosteus työmaalle
  - asennuskosteus (varastointi, suojaus, olosuhteet)
  - suunnittelukosteustila (käyttöluokka)
- Kuivumisen tavoitekosteus on suunnittelukosteustila tai tarkemmin määritetty kosteuspitoisuus
  - Suunnittelukosteus esim. lämmin sisätila tai katettu ulkotila
  - Pintarakenteet voivat sallia kuivumisen pinnoittamisen jälkeen (vesihöyrynläpäisy)
  - Kaikissa tapauksissa kuitenkin alle 17 p-%

Massiivisten puurakenteiden kuivaaminen 3 (3)

- Kuivumisvaiheen tavoite on enimmillään 6 painoprosenttia kerrallaan esim. puun lähtökosteus on 15 p-%, kuivaavan ilman sallittu kosteus alimmillaan RH 50 %
- Pahimmat halkeamat muodostuvat kohdissa, joissa muodonmuutos estetty esim. teräsosilla
- Nopeampi kuivuminen syiden suunnassa esim. palkin päissä

Lähde: VTT Puurakenteiden halkeilun hallinta opas 2006 ja SFS 5978

Kastuneen puurakenteen kuivausmenetelmät 5 (5)

- Taulukossa kuivumisaika päivinä rakenteen paksuuden mukaan eri lämpötiloissa (kuivatetaan 6 painoprosenttia kosteutta)
- Kuivuminen puukappaleen kahdelta sivulta
- Kuvaa palkin keskiosaa ja päätyosat kuivuvat nopeammin puun syiden ollessa näkyvissä

Leveys B (mm)	T (C°)			
	10	15	20	24
	Kerroin *k*			
	3	2	1,5	1
90	44	29	22	15
115	71	48	36	24
140	106	71	53	35
165	147	98	74	49
190	195	130	97	65
215	250	166	125	83

Lähde: VTT Puurakenteiden halkeilun hallinta opas 2006

Kiitoksia

Antti Souto

antti.souto@ains.fi

Vakuuttavia ja innovatiivisia asiantuntijoita jo vuodesta 1959