



# Rappauspintaisen erikoisseinä- rakenteen kuntotutkimus

Tomi Europaeus

OPINNÄYTETYÖ  
Toukokuu 2020

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka  
Kiinteistö ja korjausrakentaminen

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka  
Kiinteistö ja korjausrakentaminen

EUROPAEUS, TOMI:  
Rappauspintaisen erikoisseinärakenteen kuntotutkimus

Opinnäytetyö 34 sivua, joista liitteitä 1 sivu  
Toukokuu 2020

---

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia vuonna 1983 rakennetun rappauspintaisen talon seinärakenteen kosteusteknistä toimivuutta, eli miten talon seinärakenne ylipäättään toimii. Seinärakenne on varsin poikkeuksellinen aikaisekseen, rappaus on tehty suoraan vinolaudoituksen päälle. Eristeenä talossa on 80 mm EPS-levy ja tämän takana sisäpuolella 40 mm pellavaeriste. Sisäpuolella pellavaeristeen jälkeen on vaakalaudoitus ja hirsipaneeli. Alkuperäisessä rakenteessa on ollut sisäpuolella lastulevy. Vuonna 2018 tehdyssä saneerauksessa lastulevy on kuitenkin vaihdettu, mutta muuten seinärakenne on jätetty ennalleen.

Kyseisen kaltainen seinärakenne on varsin erikoinen, saattaa olla hyvin epätoiminnakkoista, että vastaavanlaista rakennetta löytyy mistään. Kun opinnäytetyötä lähdettiin tekemään ei ollut minkäänlaista varmuutta, kuinka hyvin seinärakenne on toiminut ajansaatossa. Pahimpana pelkona oli seinärakenteen osoittautuminen täysin mädäksi. Pientä osviittaa seinärakenteen toimivuudesta kuitenkin antoi vuonna 2018 tehty saneeraus, jossa uusi ovi asennettiin taloon, ja seinän sisärakenteen näki siinä yhteydessä.

Kuntotutkimuksen tulosten perusteella voidaan sanoa seinärakenteen olevan varsin toimiva. Tutkimuksessa tehtiin tarkat mittaukset rakenteen sisäosiin ja näiden perusteella ei ollut havaittavissa minkäänlaisia merkkejä seinärakenteessa olevista kosteusvaurioista. Rakennuksen säärasitetuimpaan kaakkoisnurkkaan tehtiin vielä rakenneavaukset, jotta nähtiin koko seinärakenteen koostumus ja vielä silmämääräisesti todettiin rakenteen kunto, rakenteessa ei havaittu vaurioita. Tutkimustulosten perusteella voidaan todeta rakenteen kestäneen hyvin 37 vuoden säärasitukset.

---

Asiasanat: kosteustekninen toimivuus, rappauspintainen seinärakenne

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Construction Engineering  
Facility Engineering and Renovation

EUROPAEUS, TOMI:  
Condition Survey of a Special Plastered Wall

Bachelor's thesis 34 pages, appendices 1 page  
May 2020

---

The purpose of this thesis was to study the technical moisture functionality of the wall structure of a plastered house built in 1983, and how the wall structure of the house works in general. The wall structure is quite unusual for its time, the plastering is done directly on top the diagonal boarding. The insulation in the house consists of 80 mm EPS board, 40 mm of linen insulation, scaled horizontal boarding and a log panel. In the original structure particle board was part of the insulation, but in renovations done in 2018 the particle board was removed. Otherwise the original wall structure has been left untouched.

Such a wall structure is quite peculiar, and it is very unlikely to find a similar structure anywhere else. When this study was begun, there was no certainty of how well the wall structure had aged over time. In worst case the whole structure could have been rotten. However, in the 2018 renovations a new door was installed and the internal structure of the wall could be observed, and it looked to be in good condition.

Based on the results of the condition survey, the wall structure is quite functional. In this study, accurate measurements of the interior wall of the structure were made, there were no signs of moisture damage in the wall. Structural openings were made in the most weathered southeast corner of the building to see if there was any damage in the structure. No damage was found. Based on the results of this study it can be said that the 37-year-old wall structure has withstood the weathering exceptionally well.

---

Key words: technical moisture functionality, plastered wall

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	5
2	YLEISTIETOA KUNTOTUTKIMUSKOHTEESTA JA KUNTOTUTKIMUKSEN TOTEUTUKSEN SUUNNITTELU .....	7
2.1	Yleistietoa kohteesta .....	7
2.2	Kuntotutkimuksen suunnittelu .....	8
3	KUNTOTUTKIMUKSESSA KÄYTETYT MITTALAITTEET JA MITTAUSMENETELMÄT .....	9
3.1	Pintakosteuskartoitus .....	9
3.2	Betonin kosteuden mittaaminen näytepalamittausmenetelmällä ..	10
3.3	Puun kosteuden mittaus piikkikosteusmittarilla .....	11
3.4	Porareikämittaus ja puikkokosteusmittaus .....	12
4	KENTTÄTUTKIMUKSIEN TOTEUTUS .....	14
4.1	Mittausten aloittaminen .....	14
4.2	Seinärakenne .....	17
4.3	Rakenneavaus .....	18
4.4	Rappauksen kosteuspitoisuuden mittaaminen .....	21
4.5	Vinolaudoituksen kosteuspitoisuuden mittaaminen .....	24
4.6	Eristetilan kosteusmittaukset .....	26
5	POHDINTA .....	31
	LÄHTEET .....	33
	LIITTEET .....	34
	Liite 1. Seinärakenteen leikkauskuva .....	34

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tavoitteena on tutkia, miten varsin erikoinen seinärakenne on toiminut ajansaatossa, eli mikä on seinärakenteen tekninen kunto tällä hetkellä. Kyseessä on vuonna 1983 tehty rappauspintainen talo, jossa rappaus on tehty suoraan vinolaudoituksen päälle. Eristeenä seinässä on käytetty EPS-levyä (kauppanimeltään mm. styrox-levy) ja pellavaeristettä. Kyseisen kaltainen seinärakenne on varsin ainutlaatuinen, tällaista seinärakennetta ei välttämättä löydy mistään muusta talosta.

Oliko seinärakenteen keksijä aikansa insinööritekniikan edelläkävijä vai osoittautuuko talon seinärakenne täysin mädäksi. Mielenkiintoista nähdä missä kunnossa harvinaisuusrakenne on säilynyt 37-vuoden ajan. Onko seinärakenne kestänyt lukemattomat myrskyt ja tuulten tuiverrukset, mielenkiintoista nähdä tämä.

Mittaukset pyritään kohdistamaan talon säärasitetuimpiin kohtiin ja vertailun vuoksi myös kuivempana pysyvään seinän yläosaan. Kaakkoisseinän alaosa altistuu kaikista eniten kastumiselle, joten tälle seinustalle mittauksia kohdistetaan ja lisäksi oletettuun kuivimpaan lounaisseinään. Pintakosteusmittarilla pyritään etsimään myös muita kosteita paikkoja julkisivusta ennen tarkempien mittauksien toteuttamista.

Muun muassa rintamamiestaloissa ja myös muissa 30-80-luvun taloissa on käytetty kyseistä puun päälle tehtyä rappausestekniikkaa. Näissä on todettu kosteusvaurioita julkisivussa. Ainakin kosteusvaurioita on löytynyt rintamamiestaloista, joissa rappauksen ja aluslaudoituksen välissä on ollut bitumikermin tapainen kelmu. Näissä taloissa talon sisältä tuleva kosteusrasitus on ollut osatekijä aluslaudoituksen kosteusvaurioissa.

Tätä taloa ei voi kuitenkaan verrata suoraan muihin samanlaisiin puun päälle tehtyihin rappauspintoihin. Tässä talossa on seinäeristeenä EPS-levy ja pella-

vaeriste, rintamamiestaloissa on käytetty muita eristemateriaaleja muun muassa sahanpurua. Nämä rakenteet ovat täysin erilaisia kosteustekniseltä käyttäytymiseltään, joten mitään suoraa vertailua rakenteiden välillä ei voida tehdä.

Tutkimusmenetelmänä rappauspinnasta mitataan kosteuspitoisuudet eri mitauskohdista näytepalamenetelmällä ja alla olevasta vinolaudoituksesta otetaan puun kosteusmittaukset piikkikosteusmittarilla. Seinän sisäosan kosteutta on tarkoitus mitata porareikämittauksen avulla ja suuntaa antavalla puikkokosteusmenetelmällä. Myös rakenneavaus olisi tarkoitus kohdistaa talon säärasitetuiman seinän alaosaan, jotta voidaan varmistua seinärakenteen kunnosta.

## 2 YLEISTIETOA KUNTOTUTKIMUSKOHTEESTA JA KUNTOTUTKIMUKSEN TOTEUTUKSEN SUUNNITTELU

### 2.1 Yleistietoa kohteesta

Kuntotutkimuskohteena on vuonna 1983 rakennettu rappauspintainen talo. Talon perustuksista ei ole tarkkaa tietoa, silmämääräisesti perustuksen reunasta tarkasteltuna näyttäisi, että kyseessä on jonkinlainen maanpäällä kelluva betonilaatta, laatan alapinnassa näyttäisi olevan paksu muovikalvo. Talossa on betonilattia. Seinärakenteena on vinolaudoituksen päälle tehty rappauspinta, seinässä ei ole tuuletusrakoa ulkoverhouksen ja seinän eristeiden välissä, kyseessä on siis niin sanottu tuulettumaton seinärakenne. Seinän eristeinä on käytetty EPS-levyä ja pellavaeristettä. Yläpohjassa on eristeinä sahanpurua noin 30cm. Vesikatteena on peltikate. Yläpohjan tuuletus on järjestetty talossa hyvin, sekä sivuräystäät, että päätyräystäät ovat kauttaaltaan tuulettuvia. Rakennuksessa on pitkät räystäät, jotka vähentävät hyvin seiniin kohdistuvaa säärasitusta.



KUVA 1. Kuvassa talon kaakkoispuolen päätyseinä ja lounaisseinä.

## 2.2 Kuntotutkimuksen suunnittelu

Suunnittelussa lähtökohtana oli etsiä talon säärasitetuimmat seinäkohdat. Kosteusrasitukselle eniten altistuviksi seinäkohdiksi oletettiin kaakkoisjulkisivu, kuivimmaksi seinäksi oletettiin hyvin sääsuojassa oleva lounaisjulkisivu. Ennen tarkempien mittauksien toteuttamista oli tarkoitus pintakosteusmittarilla kiertää talo kauttaaltaan, jotta voitiin varmistua kaakkoisseinän todella olevan märin. Myöhemmin mittauspäivänä pintakosteusmittari näytti kosteimpia arvoja juuri kaakkoisjulkisivusta, mutta arvot eivät poikenneet merkittävästi muiden seinien arvoista.

Itse seinärakenteen tutkiminen oli tarkoitus kohdistaa säärasitetuimpaan kaakkoisseinään ja kuivimpana pysyvään lounaisseinään. Tarkoituksena oli kohdistaa molempien seinien alaosaan 2 mittauskohtaa ja seinien yläosaan 2 mittauskohtaa. Yhteensä mittauskohtia siis olisi 8 kappaletta. Seinien alaosat altistuvat eniten kastumiselle, varsinkin kaakkoisseinän alaosa on kovassa säärasituksessa. Tarkoituksena oli nähdä miten seinien kuivan yläosan mittaustulokset eroavat kosteamman alaosan mittaustuloksista.

Jokaisesta 8 mittauskohdasta oli tarkoitus ottaa rappauksen suhteelliset kosteuspitoisuudet näytepalamittausmenetelmällä. Rappausnäytekohtien alta otettaisiin puun kosteusmittaukset alla olevasta vinolaudoituksesta piikkikosteusmittarilla. Samoista mittauskohdista olisi tarkoitus ottaa myös seinärakenteen sisäiset kosteusmittaukset porareikämittausmenetelmällä.

Seinärakenteen tarkkaa rakennetta ei tiedetty, joten ainakin kaakkoisjulkisivuun suunniteltiin tehtäväksi jonkinmoinen rakenneavaus, jotta tarkka seinärakenne nähtäisiin ja myös silmämääräisesti todettaisiin rakenteen kunto. Rakenneavaus tehtäisiin ennen seinärakenteen sisäisiä kosteusmittauksia, jotta porareikämittaukset saataisiin kohdistettua oikeaan syvyyteen.



### 3 KUNTOTUTKIMUKSESSA KÄYTETYT MITTALAITTEET JA MITTAUSMENETELMÄT

#### 3.1 Pintakosteuskartoitus

Suhteellisella ilmakestteudella tarkoitetaan ilman sisältämän vesihöyryn määrää tietyssä lämpötilassa suhteessa sen lämpötilan kyllästyskosteuteen. Kyllästyskosteudella tarkoitetaan 100 prosentin suhteellista kosteutta, tämän jälkeen ylimääräinen kosteus alkaa tiivistyä ilmasta nesteenä pinnoille. (RT 05-10710, 1) Absoluuttisella kosteudella tarkoitetaan ilman sisältämän veden määrää, yksikkönä käytetään grammaa/m<sup>3</sup>. Kastepisteellä tarkoitetaan lämpötilaa missä ilmassa oleva kosteus alkaa tiivistyä vedeksi. (kosteus-mittaus.fi)

Pintakosteuskartoituksella tarkoitetaan materiaalin pinnasta tehtävää kosteusmittausta, menetelmä on rakennetta rikkomaton mittausmenetelmä. Pintakosteusmittari ei mittaa rakenteen suhteellista kosteutta tai absoluuttista kosteuspiitoisuutta, vaan mittarin toiminta perustuu materiaalin sähkönjohtavuuden näyttämiseen. Mittari näyttää sitä suurempia lukemia mitä paremmin materiaali johtaa sähköä. Menetelmä antaa suuntaa antavaa tietoa materiaalin kosteuspiitoisuudesta. Mittarin näyttämään arvoon vaikuttaa rakenteessa olevat sähköä johtavat materiaalit muun muassa raudoitukset tai vesiputket yms. (Ympäristöopas 2016, 53)

Mittarilla pyritään etsimään muusta rakenteesta poikkeavia korkeita arvoja. Mitauksessa tärkeää on ottaa vertailun vuoksi ensin ylös mittarin näyttämä arvo määstä pinnasta esimerkiksi kämmenestä, jotta voidaan verrata saatuja mitaustuloksia mittarin näyttämään määkään arvoon. Suuntaa antavana mittausmenetelmänä mittarin näyttämät poikkeavat arvot täytyy varmistaa tarkemmilla rakennekosteusmittauksilla. (Ympäristöopas 2016, 53)



KUVA 2. Kuvassa Gann Hydromette RTU-600 kosteusmittari. Keskellä oleva pallopäinen mittapää on pintakosteusanturi.

### 3.2 Betonin kosteuden mittaaminen näytepalamittausmenetelmällä

Näytepalamittausmenetelmä on tarkka suhteellisen kosteuden mittausmenetelmä. Menetelmässä rakenteesta irrotetaan pieniä betonimursia koeputkeen, koeputken tilavuudesta noin yhden kolmasosan tulisi täyttyä mursista. Koeputkeen laitetaan välittömästi suhteellisen kosteuden mittapää. Koeputki tiivistetään välittömästi kosteutta läpäisemättömällä aineella esimerkiksi sinitarralla. Koeputken annetaan tasaantua huoneenlämmössä tavallisesti noin 5-12 tuntia, jonka jälkeen mittaustuloksen voi lukea. Menetelmä on varsin työläs rakennetta rikkova mittausmenetelmä. (Ympäristöopas 2016, 54)



KUVA 3. Näytepalamittaus koeputkia tasaantumassa huoneenlämmössä.

### 3.3 Puun kosteuden mittaus piikkikosteusmittarilla

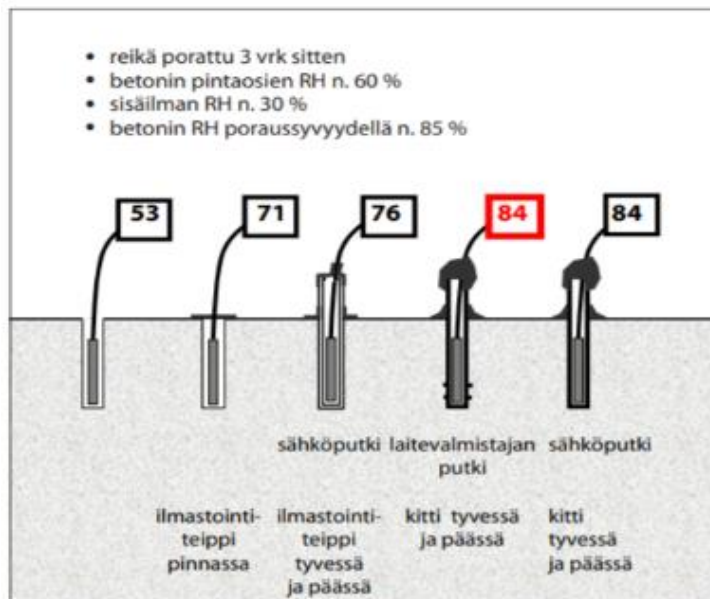
Puun kosteuden mittaaminen tapahtuu niin sanotulla piikkikosteusmittarilla. Mittarin piikit laitetaan puun sisään, mittari mittaa puunkosteuden painoprosenteissa. Mittari mittaa piikkien välisen sähkönjohtavuuden, jolloin kosteuspitoisuus saadaan selville. Mittarin mittausalue täytyy säätää puulajin mukaan. Mittarin mittaustulokseen vaikuttaa onko piikit asetettu puun syiden suuntaisesti vai syiden vastaisesti. Myös puun suolapitoisuus tai mahdolliset kyllästysaineet vaikuttavat mittaustulokseen. Mittari mittaa kosteuspitoisuuden koko piikkien matkalta, jos halutaan mitata puun kosteus vain tietystä syvyydestä, täytyy käyttää mittaria, jossa piikit ovat eristetty muualta paitsi kärjistä. (Ympäristöopas 2016, 58)



KUVA 4. Kuvassa Hydromette RTU-600 piikkikosteusmittari, mittari täytyy säätää oikealle asteikolle kunkin puulajin mukaan erikseen.

### 3.4 Porareikämittaus ja puikkokosteusmittaus

Porareikämittausmenetelmää käytetään pääasiassa betonin suhteellisen kosteuden mittaukseen, mutta menetelmällä voidaan mitata myös seinärakenteen sisäisiä suhteellisia kosteuksia. Tässä kuntotutkimuksessa porareikämittausta käytettiin seinärakenteen pellavavillatilan suhteellisen kosteuspitoisuuden mittaamiseen. Ensin rakenteeseen porataan reikä haluttuun syvyyteen, jonka jälkeen reikä puhdistetaan ja siihen asetetaan putki. Putken päähän asetetaan suhteellisen kosteuden mittapää, jonka jälkeen reikä tiivistetään huolellisesti sinitarralla tai jollain muulla kosteutta läpäisemättömällä tiivisteellä. Betonissa reiän täytyy antaa tasaantua 2-3 vuorokautta. (Ympäristöopas 2016, 54) Tässä kuntotutkimuksessa mittapään annettiin olla pellavavillatilassa noin 4 tuntia, pellavavillatilassa kosteus liikkuu hyvin, joten siinä ei vaadita vuorokausien tasaantumisaikoja.



KUVA 5. Havainnollistava esimerkkikuva porareikämittauksesta. (RT 14-10984)

Puikkokosteusmittauksella tarkoitetaan rakenteen hetkellistä kosteusmittausta, menetelmä on suuntaa antava mittausmenetelmä. Mittapään annetaan tasaantua rakenteessa tyypillisesti 15-45 minuuttia, jonka jälkeen mittaustulos on luettavissa. Reikä on tiivistettävä samoin kuin porareikämittauksessakin. Menetelmä on varsin yksinkertainen ja nopea tehdä. (Ympäristöopas 2016, 55)

## 4 KENTTÄTUTKIMUKSIEN TOTEUTUS

### 4.1 Mittausten aloittaminen

Seinärakenteen mittaukset suoritettiin kahtena eri päivänä. Ensimmäinen mittauspäivä oli 19.3.2020. Tuona mittauspäivänä tutkittiin talon rappauksen kosteutta ja rappauksen alla olevan vinolaudoituksen kosteutta. Toinen mittauspäivä oli 7.4.2020, vasta tuolloin oli riittävän lämmin sää, jotta seinärakenteen sisäiset kosteudet pystyttiin tutkimaan porareikämittauksella ja puikkokosteusmittauksella.

Ensimmäisen mittauspäivän 19.3.2020 aamuna ennen mittausten aloittamista laitettiin dataloggeri seuraamaan ulkoilman lämpötilaa ja suhteellista kosteuspitoisuutta. Dataloggerin annettiin olla räystäään alla aina siihen asti kuin seinän sisäiset kosteudet oltiin saatu selville toisena mittauspäivänä 7.4.2020. Mittausdatan analysoinnissa on tärkeää tietää ulkoilman tarkka suhteellinen kosteus ja lämpötila.

Mittaukset toteutettiin 8 eri mittauskohdasta. Säärasitetuimman kaakkoisseinän alaosa otettiin 2 näytettä ja samaisen seinän yläosa 2 näytettä. Säältä enemmän suojassa olevan lounaisseinän alaosa otettiin niin ikään 2 näytettä ja samaisen seinän yläosa 2 näytettä. Kaikki näytteet niin julkisivun kosteudet ja seinän sisäiset kosteudet oli tarkoitus toteuttaa samoista mittauskohdista. Toisena mittauspäivänä 7.4.2020 tehtiin vielä pienet rakenneavaukset säärasitetuimman kaakkoisseinän alaosaan ja yläosaan, jotta saatiin selville seinän tarkka rakenne ja nähtiin vielä silmämääräisesti seinärakenteen sisäpuolinen kunto mittaustulosten tueksi. Alapuolella kuvat kaakkois- ja lounaisseinän mittauskohdista.

Rappauksesta ei ollut otettu asbestianalyysyjä, joten molempina tutkimuspäivinä käytettiin asianmukaista suojavaatetusta, asbesti-hengityssuojainta ja lisäksi hepa-suodattimellinen imuri oli käytössä pölynpoistossa. Tämän kaltaisissa kalkkisementtirappauspinta-olosuhteissa ei pitäisi olla käytetty asbestia,

mutta koska asiasta ei ollut varmuutta niin asianmukaista suojavaarustusta käytettiin varmuuden varalta.

Ensimmäisenä mittauspäivänä ennen tarkempia rappauksen ja aluspuun kosteusmittauksia seinärakennetta tutkittiin Gann Hydromette RTU 600 pintakosteusmittarilla, mittauksella pyrittiin tutkimaan, onko seinässä poikkeavia kosteuspitoisuuksia eri seinillä. Tarkempia mittauksia oltaisiin pystytty kohdistamaan kyseiseen paikkaan, jos poikkeavia mittaustuloksia olisi löytynyt. Mittaustulosten perusteella mikään seinä ei kuitenkaan osoittautunut erityisesti muita seiniä kosteammaksi.

Pintakosteusmittaus on suuntaa antava mittausmenetelmä, joka mittaa rakenteen sähkönjohtavuutta. Säärasitetuimman kaakkoisseinän alaosan arvot olivat talon korkeimmat, mutta ne poikkesivat vain vähäisen muiden seinien arvoista. Seinän alaosien ja yläosien välillä oli vain vähäistä vaihtelua mittaustuloksissa. Korkeimmat arvot olivat säärasitetuimmassa seinässä, ja ne olivat noin 85-95 luokkaa, kun taas kuivimmat arvot seinien yläosissa olivat 60-65 lukemissa. Säärasitetuimmaltaakin seinältä mitattiin 65-70 arvoja. Kyseisen mittarin kyllästyskosteusarvo on 130 tiedämissä, joten saadut mittaustulokset ovat hyvää luokkaa. Rappauksen sisällä oleva kanaverkko ja naulat vaikuttivat mittaustuloksia häiritsevästi, jo muutaman senttimetrin etäisyyksillä lukemat saattoivat vaihdella 10 lukemankin verran. Mittari mittaa rakenteen sähkönjohtavuutta ja metalliosat rappauksessa vaikuttavat mittarin näyttämään lukemaan.

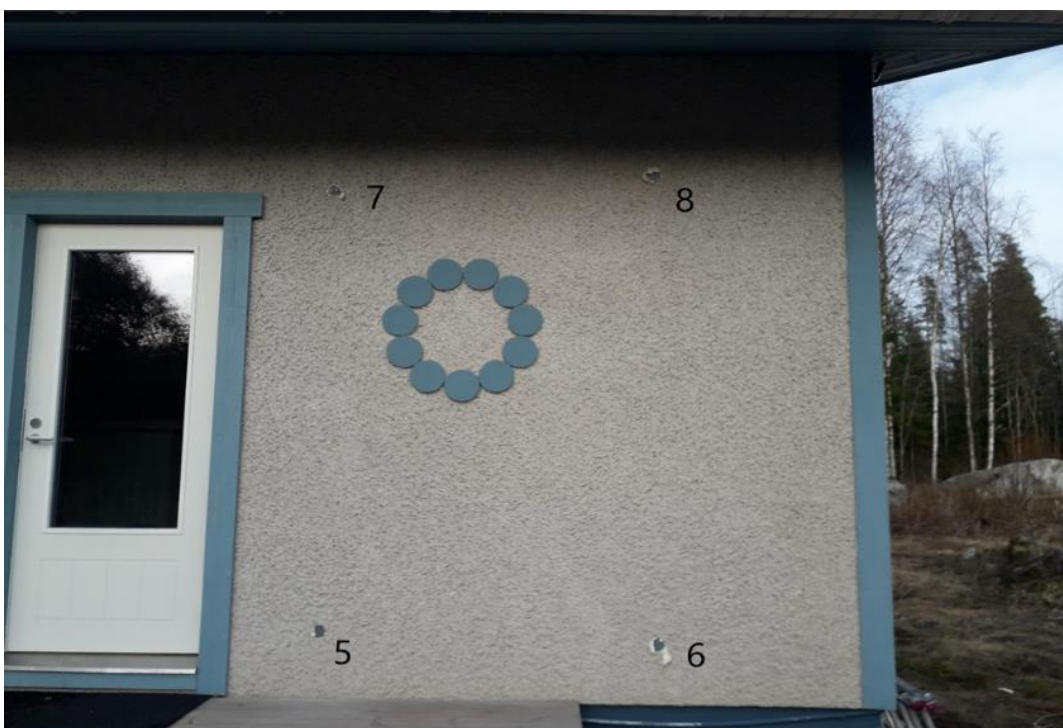


KUVA 6. Kuvassa säärasitetuimman kaakkoisseinän pintakosteusmittauksen tulos, tämän paikan läheisyydestä mitattiin korkeimmat seinän pintakosteusarvot. Tämä kohta on muutaman kymmenen sentin päässä seinän pintakosteusarvoiltaan kosteinta kohtaa, siihen paikkaan kohdistettiin myöhemmin toisena mittauspäivänä isompi rakenneavaus.





KUVA 7. Kuvassa rakennuksen säärasitetuin kaakkoisseinä. Tältä seinältä otettiin mittaukset neljästä eri mittauspaiasta. Rakenneavaus tehtiin myöhemmin toisena mittauspäivänä suunnilleen 1. ja 2. mittauskohdan puoliväliin. Ulkoilman olosuhteita havainnoiva dataloggeri näkyy kuvan vasemmassa ylälaudassa.

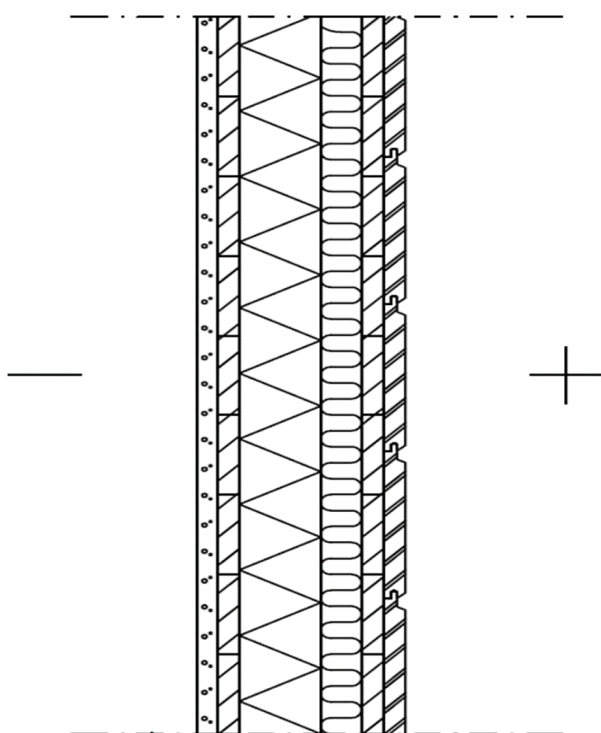


KUVA 8. Kuvassa säältä paremmin suojassa oleva rakennuksen lounaisseinä, talon pitkät räystäät suojaavat hyvin kyseistä seinää. Mittauspaikat on kuvassa peitetty ensimmäisen mittauspäivän jälkeen "viemäri" tulpilla, kyseessä on väliaikainen suoja, mittauspaikat korjataan rappauksella, kun kaikki mittaukset on saatu suoritettua.



## 4.2 Seinärakenne

Seinärakenne on muuten täysin alkuperäiskunnossaan, paitsi sisäpuolelle on tehty vuonna 2018 pintapuolinen saneeraus. Saneerauksessa ei ole koskettu talon eristeisiin. Seinärakenne on muuten alkuperäiskuntoinen, mutta sisäpuolelle on vaihdettu vanhan lastulevyn tilalle hirsipaneeli. Saneerauksessa hirsipaneelin alle on laitettu kosteutta läpäisevä ilmansulkupaperi.



Seinärakenne ulkoapäin katsottuna:

- 20mm kalkkisementtirappaus
- 22mm vinolaudoitus
- tuulensuojakangas
- 80mm EPS-levy
- 40mm pellavavillaeriste
- 22mm vaakalaudoitus
- ilmansulkupaperi
- 23mm hirsipaneeli

### 4.3 Rakenneavaus

Rakenneavaus tehtiin ennen seinän sisäisiä kosteusmittauksia, jotta tiedettiin tarkka seinän rakenne ja osattiin kohdistaa mittaukset oikeaan kohtaan seinärakennetta. Seinään tehtiin kaksi rakenneavausta, toinen isompi rakenneavaus tehtiin kaakkoisseinän alaosaan ja toinen pienempi rakenneavaus samaiseen seinään ylemmäksi. Isompi rakenneavaus tehtiin 100mm kovapalarasiaporanterällä ja pienempi 50mm kovapalarasiaporanterällä. Pienempi rakenneavaus tehtiin seinään vasta päivän lopulla, kun pellavaeristetilän kosteusmittaukset oltiin saatu jo tehtyä. Tämä toinen rakenneavaus tehtiin 3. mittauskohtaan ja rakenneavauksen tarkoituksena oli lähinnä vain selvittää, onko seinärakenne samanlainen seinän ylä- ja alaosassa. Seinärakenteen havaittiin olevan samanlainen ylä- ja alaosassa. Rakenneavauksessa havaittiin rappauksen alla olevan vinolaudoituksen olevan varsin hyväkuntoinen niin seinän alaosassa kuin yläosassakin. Vaurioita ei ollut havaittavissa kummassakaan vinolaudoituksesta otetussa näytteessä ja lisäksi ylemmän rakenneavauksen vinolaudoituksen voisi sanoa olevan kuin uusi, 37-vuotta vanha puuverhous tuskin olisi yhtä hyvässä kunnossa.



KUVA 9. Ylemmän rakenneavauksen puuta on vaikea uskoa 37-vuotta vanhaksi puuksi.

Seinässä eristeenä havaittiin olevan 80mm EPS-levy vinolaudoituksen jälkeen ja levyn takana on 40mm pellavaeristekerros. Vinolaudoituksen ja EPS-levyn välissä on puukuitupohjainen 80-luvun tuulensuojakangas. Pellavaeristeen jälkeen on vaakalaudoitus, jonka takana on ilmansulkupaperi ja sisäpaneeli. Seinästä ei löytynyt mitään vaurioita, käsissä pellavaeriste ja EPS-levy tuntuivat varsin kuivilta, 80-luvun aikainen tuulensuojapaperi oli myös rapsakan ja kuivan tuntuinen. Jonkin verran seinän alaosan rappaus oli pehmeämmän tuntuinen, kuin seinän yläosan rappaus, joka oli varsin kovaa ja vaikeasti porattavaa. Rappaus kuitenkin pysyi seinässä hyvin kiinni, eikä siitä lohkeillut palasia porattaessa.



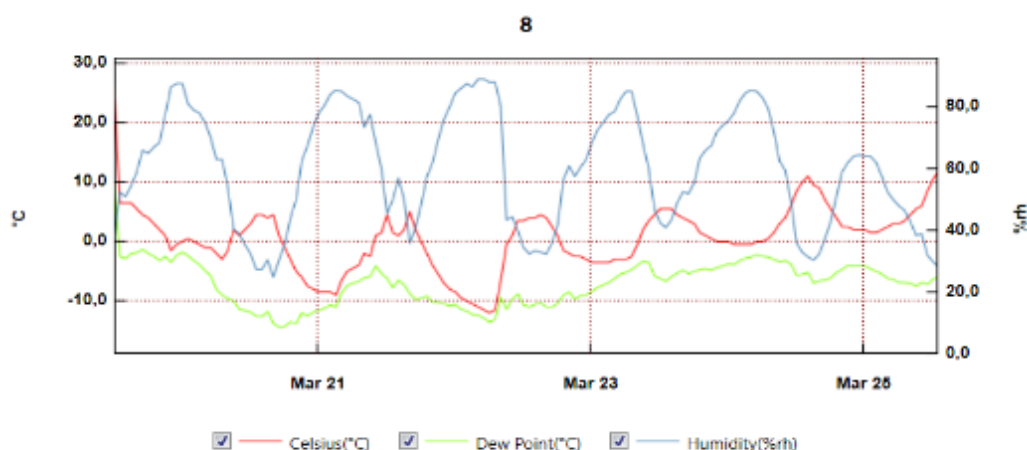
KUVA 10. Seinärakenteessa, EPS-levyn takana on 40mm pellavaeristekerros, rakenneavauksessa ei havaittu minkäänlaisia merkkejä kosteusvaurioista.



KUVA 11. Vinolaudoituksen ja EPS-levyn välissä on 80-luvun aikainen tuulen-suojakangas.

#### 4.4 Rappauksen kosteuspitoisuuden mittaaminen

Rappauksen suhteellinen kosteuspitoisuus tutkittiin näytepalamittausmenetelmällä. Mittalaitteena käytettiin Vaisala SHM40 betonin rakennekosteusmittaria. Rappaus oli jokaisessa mittauskohdassa paksuudeltaan noin 20mm. Näytepalaset yritettiin ottaa mahdollisimman tarkasti keskeltä rappausta. Mittauspäivänä sää oli kuiva, märästä seinästä ei näytteitä olisi kannattanut ottaakaan.



KUVA 12. Kuvassa kuuden päivän ulkoilman sääolosuhteet ensimmäisen päivän kosteusmittausten ottamisesta alkaen. Käyrästä näkyy, että mittauspäivänä ilman suhteellinen kosteus oli noin 50% ja lämpötila noin 5 astetta.

Mittauskohta	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Suhteellinen kosteus RH%	72,2%	69,4%	38,1%	72,2%	72,3%	76,4%	73%	66,8%
Lämpötila celsiusta	21,4	21,5	21,4	21,6	21,4	21,3	21,3	21,3
Kosteus g/m3	13,68	13,16	7,17	13,68	13,62	14,24	13,67	12,51

Taulukko 1. Kuvassa rappauksen suhteelliset kosteuspitoisuudet.

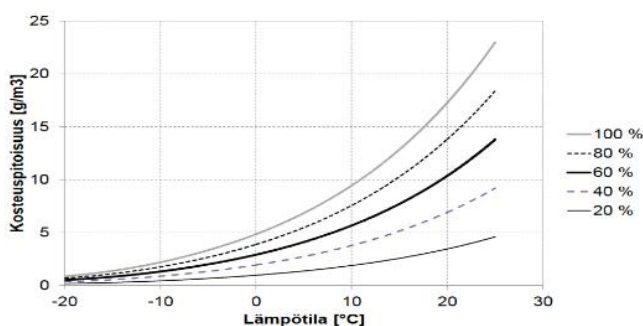
Näytteitä otettaessa havaittiin seinien alaosassa olevan rappauksen olevan hie-  
man pehmeämpää kuin yläosassa olevan rappauksen. Alaosan rappausnäyte-



palaset olivat helpompi irrottaa seinästä koeputkeen kuin yläosan rappauspalaset. Rappaus oli kuitenkin vielä hyvin vinolaudoituksessa kiinni, eikä rappauksesta ole lohkeillut palasia mistään kohdasta.

Rappauksen kosteuspitoisuuksien analysointi on melko hankalaa, betoni kun aina sisältää kosteutta. Mennyt talvi oli erityisen kostea sääoloiltaan, säärasiteuin seinä kastui litimäräksi lukuisia kertoja talven aikana, tämäkin saattaa vielä vaikuttaa rappauksen kosteuspitoisuuteen, betoni kun kuivuu varsin hitaasti.

Ilmatieteenlaitoksen arkistosta haettiin ulkoilman suhteellisen kosteuden arvot ja ulkolämpötilat kahden viikon ajalta ennen mittauspäivää 19.3.2020. ([www.ilmatieteenlaitos.fi](http://www.ilmatieteenlaitos.fi)) Ulkoilman suhteellisen kosteuden keskiarvo oli 84%RH ja ulkolämpötilan keskiarvo oli noin 1 aste. Alla olevalla taulukolla pystytään muuttamaan nämä arvot absoluuttisen kosteuden muotoon g/m<sup>3</sup>. Taulukon mukaan ulkoilma sisälsi keskimäärin vähän alle 5g kosteutta/kuutiota kohden ilmaa tämän kahden viikon mittausjakson aikana. Rappauksen absoluuttisten kosteuksien keskiarvo on 12,7g/m<sup>3</sup>, joten rappaus on ainakin märempi kuin ulkoilman kosteus viimeisen kahden viikon ajalta ennen mittausten ottamista.



Kuva 5.4. Ilman sisältämän vesihöyryn määrän riippuvuus ilman lämpötilasta ja suhteellisesta kosteudesta.

### KUVA 13. (Ympäristöopas 2016,103)

Rappauksessa olevaa kosteuspitoisuutta voidaan selittää hygrooskooppisuudella. Hygrooskooppisuudella tarkoitetaan materiaalin kykyä sitoa kosteutta ympäröivästä ilmasta ja päinvastoin luovuttaa kosteutta ympäröivään ilmaan. Materiaalit sitovat kosteutta enemmän itseensä matalissa lämpötiloissa (Ympäristöopas 2016, 104). Näin keväällä lämpötilat ovat vielä matalia, joten rappauksen

korkeampaa kosteuspitoisuutta suhteessa ympäröivän ilman kosteuteen voidaan pitää luonnollisena.

Rappauksen suhteellisen kosteuden arvojen pitäisi olla alhaisempia lähempänä kesää, kun rappaus on kuivunut talven aikaisesta kosteusrasituksesta. Ulkoil-massa olevaksi betonirakenteeksi rappauksen kosteuspitoisuudet ovat kuitenkin varsin hyvällä tasolla.



KUVA 14. Kuvassa kuivimmaksi osoittautunut mittauspaikka, rappauksen suhteellinen kosteus oli 38,5%.

#### 4.5 Vinolaudoituksen kosteuspitoisuuden mittaaminen

Vinolaudoituksen kosteuspitoisuudet otettiin rappausnäytteiden alta. Mittalaitteena käytettiin Gann Hydromette RTU 600 puun piikkikosteusmittaria. Mittari mittaa puun kosteuden painoprosenteina, kahden metallielektrodin välisen sähkönjohtavuuden avulla. Mittalaitteen piikit laitettiin suunnilleen puoliväliin vinolaudoitusta. Huomattavaa on, että mittari ei pelkästään mittaa puun sisäistä kosteutta vaan mittari mittaa kosteuden koko puussa olevien piikkien matkalta, näin ollen vinolaudoituksen ulkopinnassa oleva kosteus vaikuttaa myös mittaus tulokseen. Eli mittauksella ei saada vielä selville paljonko tarkka kosteuslukema vinolaudoituksen keskiosassa on.

Mittauskohta	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Puun kosteus painoprosenteissa	31,3%	28,4%	23,1%	24,1%	23,1%	22,3%	18,6%	18,7%

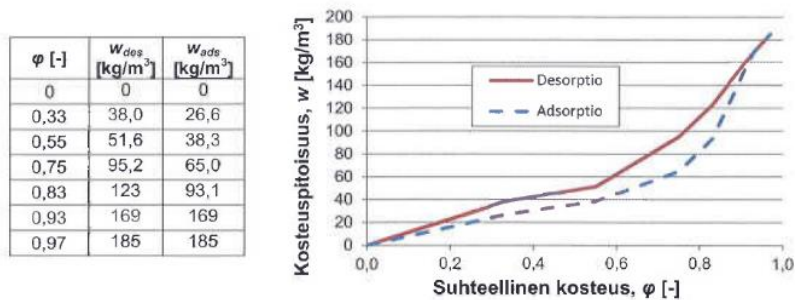
Taulukko 2. Vinolaudoituksen kosteuspitoisuudet painoprosenteissa.

Mittaustuloksista nähdään säärasitetuimman kaakkoissivun alaosa otettujen 1 ja 2 mittauskohdan tulosten olevan kaikista kosteimpia. Lounaisseinän yläosasta otetut 7 ja 8 näytteet olivat puolestaan kaikista kuivimmat, tämä oli varsin odotettu mittaustulos.

Jos puun kosteus pysyy pitkiä aikoja yli 20% puu alkaa vaurioitua, ympäröivän ilman suhteellinen kosteus on tällöin yleensä yli 80-90% ([www.puuinfo.fi](http://www.puuinfo.fi)). Vaikka kuuden mittauskohdan näytteiden kosteudet olivat yli 20 prosentissa, ei tämä vielä tarkoita, että puu olisi alkanut vaurioitua. Mittarin mittaamaan tulokseen vaikuttaa vinolaudoituksen pinnassa oleva kosteus, laudan sisällä oleva kosteus on luultavasti matalampi. Lisäksi talvi 2019-2020 oli erityisen märkä sääoloiltaan, lämpötilat olivat todella paljon plussan yläpuolella, ja seinärakenne kastui lukuisia kertoja litimäräksi erityisesti säärasitetuimman kaakkoisseinän kohdalta. Myös puun kaltaisille hygroskooppisille rakennusmateriaaleille täysin luonnollista hygroskooppista käyttäytymistä on se, että kylmissä ja kosteissa lämpötiloissa ne sitovat enemmän kosteutta itseensä (Ympäristöopas 2016,



104). Jos mittaukset tehtäisiin uudelleen myöhemmin keväällä puunkosteuksien pitäisi olla matalampia kaikissa mittauskohdissa.



Kuva L8.9. Männyn tasapainokosteuskäyrät (adsorptio ja desorptio,  $\rho_0 \approx 530 \text{ kg/m}^3$ ) taulukoituina /4/.

KUVA 15. Kuvasta nähdään kuinka ilman suhteellinen kosteuspitoisuus vaikuttaa materiaalin kykyyn sitoa kosteutta itseensä (RIL 255-1-2014, 466).

Myöhemmin toisena mittauspäivänä tehdyissä rakenneavauksissa selvisi, ettei vinolaudoituksessa ollut merkkejä vaurioitumisesta säärasitetuimman kaakkoisseinän alaosaan. Puu oli kauttaaltaan kovan ja kiinteän tuntuista, eikä edes vinolaudoituksen ulkopinta tuntunut olevan pehmenneen, mitään merkkejä puun lahoamisen alkamisesta ei siis ollut.



KUVA 16. Säärasitetuimman kaakkoisseinän alaosan rakenneavauksessa selvisi rappauksen alla olevan vinolaudoituksen olevan varsin hyväkuntoinen.

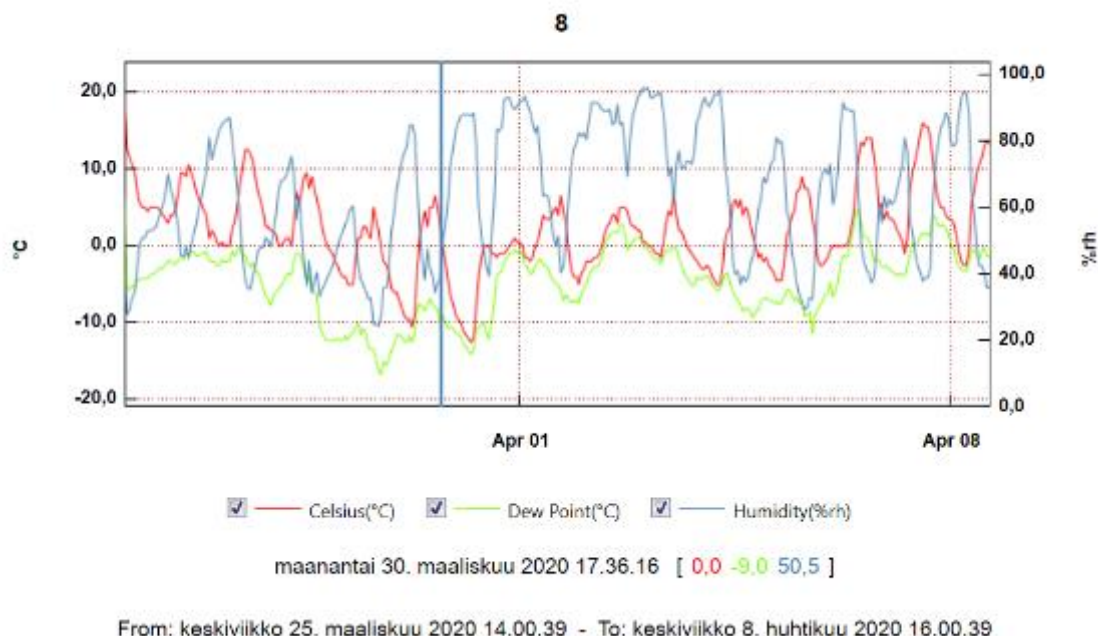


KUVA 17. Lounaisseinän yläosasta otetuissa 7 ja 8 mittauskohdissa puun kosteuspitoisuudet olivat alhaisimmat. Mittauskohdat ovat hyvin räystäään alla suojassa.

#### 4.6 Eristetilan kosteusmittaukset

Seinän sisäiset kosteusmittaukset toteutettiin porareikämittauksella pellavaeristetilaan. Mittalaitteena oli Vaisala SHM40 porareikämittalaitteisto. Anturin mitta-pää pyrittiin laittamaan tarkasti pellavaeristetilan keskiosaan. Seinään porattiin 16mm poranterällä reikä, joka pyrittiin puhdistamaan mahdollisimman hyvin porauksesta tulleesta EPS-purusta. Reikä porattiin mahdollisimman tarkasti 120mm syvyyteen vinolaudoituksen ulkopinnasta katsottuna. Porausreikään laitettiin 16mm paksu sähköputken pätkä, jonka päähän porareikäanturi sijoitettiin. Putken pää tiivistettiin tarkasti sinitarralla, ettei ulkoilman kosteus häiritsisi mit-taustulosta. Mittauspäivänä paistoi aurinko noin kello 14:00 asti, porareikäput-ken päähän laitettiin sinitarran päälle pieni mineraalivilla siipale, jonka tarkoitus oli minimoida auringon lämmittävää vaikutusta. Porareikäputki ei saisi päästä

paljoa lämpenemään mittauksen aikana, koska lämpö johtuisi putkea pitkin seinän sisälle ja tämä voisi vääristää suhteellisen kosteuden mittaustulosta. Anturin annettiin tasaantua noin 4 tuntia, kello 12:00-16:00. Tuolloin ulkolämpötila oli noin 13 astetta varjossa.



KUVA 18. Mittauspäivänä oli noin 13 astetta lämmintä ja ilman suhteellinen kosteus oli noin 40%RH dataloggerin tuloksista nähdään.

Mittauskohta	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
RH%	45,7%	39,1%	32,9%	43,7%	58,8%	41,2%	32,6%	36,0%
Lämpötila celsiusta	23,3	25,3	24,6	25,3	21,2	21,4	18,4	17,0
Kosteus g/m3	9,6	9,17	7,42	10,27	10,94	7,75	5,14	5,41

Taulukko 3. Pellavaeristetilan porareikämittausten tulokset, 5. mittauskohta osoittautui kosteimmaksi.

Keskiarvoltaan mittaukset näyttäisivät olevan suhteellisen kosteuspitoisuuden arvoiltaan varsin hyvää luokkaa. Mittaustuloksia saattoi vääristää jonkin verran EPS-puru, jota oli vaikea poistaa reiästä kokonaan. Mittauspäivänä talossa sisällä sisäilman suhteellinen kosteus oli noin 35% ja sisäilman lämpötila noin 25 astetta. Grammamääräinen sisäilman kosteus mittauspäivänä oli noin 8 g/m<sup>3</sup>. Pellavaeristetilan suhteelliset kosteuspitoisuudet näyttäisivät olevan samaa

luokkaa kuin sen hetkinen sisäilman suhteellinen kosteus, juuri niin rakenteen pitäisikin toimia.



KUVA 19. Kuvassa pellavaeristetilän 3. mittauskohdan lukemat.

EPS-levystä oli vaikeampi ottaa tarkkoja porareikämittaustuloksia, koska EPS-levyssä kosteus tasaantuu hitaammin kuin pellavaeristeessä. EPS-levyssä kosteus liikkuu hitaammin ja luotettavan mittaustuloksen aikaansaamiseksi mittausjakson pitäisi olla pidempi kuin muutamia tunteja. Yölämpötilat ovat tähän aikaan vuodesta vielä varsin alhaisia, joka vaikeuttaa rakennekosteusmittauksien tekemistä. EPS:sän kosteuksia päädyttiin mittaamaan suuntaa antavalla mittausmenetelmällä puikkokosteusmittauksen avulla. Mittalaitteena oli Vaisala SHM40 puikkomittausanturi. Mittaukset toteutettiin rakenneavauskohdista, mittapää laitettiin EPS-levyyn noin 30-40mm syvyyteen, mittapää tiivistettiin sinitaralla ja anturin annettiin olla EPS-levyssä noin 20 minuutin ajan.



EPS-levyn puikkomit- taustulokset	Alempi rakenneavaus	Ylempi rakenneavaus
Suhteellinen kosteuspi- toisuus	58%RH	27,4%RH
Lämpötila celsiusta	21,3	20,7
Kosteus g/m3	10,9	4,97

Taulukko 4. EPS-levyn puikkokosteusmittausten tulokset.



KUVA 20. Kuvassa kaakkoisseinän ylemmästä rakenneavauksesta tehty kosteusmittaus EPS-levyyn.

EPS-levyyn tehdyistä kosteusmittauksista huomataan seinän yläosan olevan EPS-levyn kosteusarvoiltaan kuivempi kuin seinän alaosa. Mittauskohta on hyvin räystäään suojassa, ja viistosade pääsee todella harvoin kastelemaan kyseistä kohtaa. Puikkomittauksella ei saada tarkkoja kosteustuloksia selvitettyä,

mutta hyvää suuntaa antavaa mittaustulosta saadaan tehtyä. Seinän yläosan EPS-levyn suhteellinen kosteus lukema on varsin hyvä verrattuna mittausajan kohdan ulkoilman kosteusarvoihin ja talon sisäkosteuteen.

## 5 POHDINTA

Rakenteen tutkimukset pyrittiin kohdistamaan rakennuksen säärasitetuimpiin seinän kohtiin ja kuivempaan pysyviin kohtiin. Mittaustuloksista voidaan todeta kummankin seinän alaosan kosteusarvojen olevan korkeampia kuin seinän yläosan kosteusarvojen. Varsinkin säärasitetuimmalla kaakkoisseinällä huomasi hyvin eron alaosan ja yläosan kosteusarvoissa rappauksesta, vinolaudoituksesta ja EPS-levystä otetuissa kosteusmittauksissa. Alaosaan tehdyssä rakenneavauksessa ei kuitenkaan todettu vaurioita rappauksen alla olevassa vinolaudoituksessa, puu oli varsin hyväkuntoista ikäisekseen. Puu oli vielä kovaa kauttaaltaan, eikä edes vinolaudoituksen ulkopinta ollut vielä alkanut pehmetä. Seinärakenteen sisälläkään ei ollut minkäänlaisia merkkejä kosteusvaurioista, tuulensuojapaperi oli varsin kuivan ja rapsakan tuntuinen, EPS-levy ja pellavaperiste tuntuivat kuivilta käsissä hypistellessä, sisäpuolinen vaakalaudoitus oli myös varsin terveen näköistä puuta. Kaakkoisseinän yläosaan tehdyssä pienemmässä rakenneavauksessa vinolaudoitus oli esimerkillisessä kunnossa, vaikea uskoa puun olleen 37-vuotta seinässä. Rakenneavauskohta on hyvin räystäään suojassa ja myös kosteusmittausarvot olivat tässä mittauskohdassa varsin hyviä.

Kokonaisuutena seinärakenteen voidaan sanoa toimineen varsin hyvin 37-vuoden aikana. Vaikka talon säärasitetuimmat kohdat altistuvat lukuisia kertoja vuoden aikana viistosateelle, seinä näyttäisi kestävän säärasitukset hyvin. Seinärakenteella on vielä vuosikausia käyttöikää jäljellä, säärasitetuimpien seinien alaosien vinolaudoitukset alkavat luultavasti jossakin vaiheessa iän myötä lahoamaan, mutta vielä ei minkäänlaisia merkkejä ollut näkyvissä.

Rakennuksen pitkät räystäät ovat vähentäneet merkittävästi seinään kohdistuvaa säärasitusta, ilman pitkiä räystäitä seinärakenne saattaisi olla paljon huonommassa kunnossa. Myös talon sisältä tuleva lämpövirtaus on luultavasti yksi merkittävä syy seinärakenteen hyvään kuntoon. Talossa on melko heikohko lämmöneristys, joten talon sisältä tuleva lämpövirtaus pääsee hyvin kuivattamaan seinärakennetta.

Hän, joka on aikanaan seinärakenteen 80-luvulla suunnitellut, voidaan sanoa onnistuneen varsin hyvin luomistyössään. Seinärakenne on kestänyt oikein hyvin 37-vuoden säärasitukset. Ikäisekseen seinärakenne on varsin hyväkuntoinen. Vielä ei ollut havaittavissa minkäänlaisia merkkejä seinärakenteen käyttöiän päättymisestä.



## LÄHTEET

Pitkäranta, M.2016. Ympäristöopas 2016. Rakennuksen kosteus- ja sisäilma tekninen kuntotutkimus. Helsinki: Ympäristöministeriö

Vinha, J. (toim.) 2014. RIL 255-1-2014. Rakennusfysiikka 1. Rakennusfysiikallinen suunnittelu ja tutkimukset. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien liitto RIL ry.

Rakennustieto Oy. 1999. RT 05-10710. Kosteus rakennuksissa. Ohjekortti.

Rakennustieto Oy. 2010. RT 14-10984. Betonin suhteellisen kosteuden mittaus. Ohjekortti.

<https://www.puuinfo.fi/puutieto/puu-materiaalina/kosteusteknisi%C3%A4-ominaisuuksia>. Luettu 21.4.2020

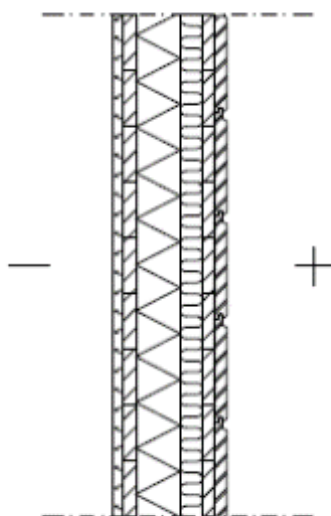
<http://kosteus-mittaus.fi/suhteellinen-ilmankosteus/>. Luettu 4.5.2020.

<https://cdn.fmi.fi/fmiodata-convert-api/preview/0349d398-f74b-4217-988f-07f107215cb0/?locale=fi>. Luettu 24.4.2020.

## LIITTEET

### Liite 1. Seinärakenteen leikkauskuva

Rakennuskohde Plentalo	Sisältö Leikkauspäristus	US1
Suunnittelija Europæus Tomi	Työ nro 1234	
	Päiväys 15.4.2020	



	<u>RAKENNE ULKOAPÄIN:</u>
20mm	Rappaus
22mm	Vinolaudoitus
—	Tuulensuojakangas
80mm	EPS
40mm	Pellavavilla
22mm	Vaakalaudoitus
—	Ilmansulkupaperi
23mm	Hirsipaneli