



Eelis Lahdenperä

# Vesivahinkokohteen kuivauksen työnsuunnittelu

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

05.05.2022

# Tiivistelmä

Tekijä: Eelis Lahdenperä  
Otsikko: Vesivahinkokohteen kuivauksen työsuunnittelu  
Sivumäärä: 31 sivua + 2 liitettä  
Aika: 05 toukokuuta 2022

Tutkinto: Insinööri (AMK)  
Tutkinto-ohjelma: Rakennustekniikka  
Ammatillinen pääaine: Projektinjohto  
Ohjaajat: Lehtori Markus Immonen  
Työpäällikkö Esa Nissilä

---

Tämän opinnäytetyön aihe on vesivahinkokohteessa suoritettavien kuivaus- ja mittaustöiden työsuunnittelu. Työ tehtiin vahinkoalalla toimivalle yritykselle nimeltä Master Kuivaus Oy.

Vahinkokohteista yleisimpiä ovat vesivahinkokohteet. Vesivahingon korjaustöihin liittyy oleellisena osana kastuneiden rakenteiden kuivaaminen ja kuivuuden todentaminen yleisesti hyväksytyin mittausmenetelmin. Kastuneiden rakenteiden kuivaaminen on tärkeä osa rakenteiden ennallistamista vahinkoa edeltävälle tasolle. Rakenteiden riittävä kuivuus on tärkeä osa rakenteen toimivuutta, sillä rakenteiden liiallinen kosteus voi altistaa rakenteen vaurioille ja kasvustoille.

Tärkeä osa rakenteiden kuivaamista on kuivumisen seuranta mittauksen avulla. Rakenteiden mittauksia voidaan toteuttaa usein erilaisin menetelmin, riippuen rakenteesta ja käytettävissä olevista mittausmenetelmistä. Työssä on tarkoitus selvittää millä tavoin rakenteiden kuivaukseen ja mittaukseen käytettävää aikaa voidaan hyödyntää, sekä miten rakenteiden kuivaus tulee suorittaa.

Opinnäytetyön laatimisen lähdeaineistona hyödynnettiin käytettävissä olevaa verkko- ja printtiaineistoa. Työn laatimisessa hyödynnettiin myös työn tilaajana toimivan yrityksen aineistoa, sekä yrityksessä hankittua osaamista.

Työn lopputuloksena yritykselle on laadittu selvitys eri keinoista, joilla työtapoja voidaan tehostaa, siten että toiminnan laatu pysyy ennallaan. Tavoite on löytää yritykselle uusia toimintatapoja, ilman laadun heikentymistä.

Avainsanat: Vesivahinko, rakenteiden kuivaus, mittaus, rakenne, kosteus, porareikämittaus

## Abstract

Author: Eelis Lahdenperä  
Title: Work Planning for Water Damage Drying  
Number of Pages: 31 pages + 2 appendices  
Date: 05 May 2022

Degree: Bachelor of Engineering  
Degree Programme: Civil Engineering  
Professional Major: Project Management  
Supervisors: Markus Immonen, Senior Lecturer  
Esa Nissilä, Project Manager

---

The subject of this thesis is planning drying and measurements work on the water damage site. The thesis was commissioned a company called Master Kuivaus Oy which operates in the damage industry .

The most common damage sites are water damage sites. An essential part of repairing water damage is the drying of wetted structures and the verification of dryness by generally accepted measurement methods. Drying wet structures is an important part of restoring structures to pre-damage levels. Adequate dryness of structures is an important part of the structure's performance and excessive moisture in the structures can expose the structure to damage and mold cultures. An important part of drying the structures is monitoring the drying by measurements. Measurements of structures can often be performed by different methods, depending on the structure and the measurement methods available. The purpose of the thesis was to find how the time used for drying and measuring the structures can be utilized, and how the drying of the structures should be performed.

The available online and printed material was utilized as the source material for the preparation of the thesis. In addition, material and knowledge acquired in the commissioning company were also utilized.

The end result of the thesis is the study of different alternatives to make the drying work more efficient so that the drying of the structures can be verified in accordance with the regulations. The goal is to find new ways to operate for the company, without compromising the quality.

Keywords: water damage, drying, measurement,  
structure, moisture

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Kosteuden siirtyminen fysiikka	2
2.1	Painovoimainen	3
2.2	Kapilaarinen	4
2.3	Diffuusio	5
2.4	Kosteuskonvektio	5
3	Betonin kosteusmittaukset	6
3.1	Porareikämittaus	7
3.2	Näytepalamittaus	12
4	Rakenteiden kuivumisen seuranta ja todentaminen	13
4.1	Mittaryhmä	14
4.2	Pintakosteusmittaukset	16
4.3	Suhteellisen kosteuden mittaus	17
4.3.1	Laitteet	19
4.3.2	Pinnoitettavuus	21
4.4	Mittauspöytäkirja	22
4.4.1	Toteutustapa	22
4.4.2	Vaihtoehtoinen toteutus	22
5	Työtehtävien seuranta	23
5.1	Työmaan tehtävien listaus	23
5.2	Työmäärän seurain	24
6	Rakenteiden koneellinen kuivatus	24
6.1	Käytettävät laitteet	25
6.1.1	Levykuivaimet	25
6.1.2	Ilmakuivaimet	27
7	Yhteenveto	30
	Lähteet	32

## Liitteet

Liite 1: Työlistaus työmaalle

Liite 2: Mittaryhmän työmäärän seuranta

## **Lyhenteet:**

mm: Millimetri

RH %: Suhteellinen kosteus, ilman sisältämän kosteuden suhteellinen määrä

# 1 Johdanto

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan vahinkoalalla toimivalle yritykselle rakenteiden kuivaukseen käytettäviä menetelmiä ja työtapoja. Vesivahingot ovat rakennukselle yleisin vahinkotyyppi. Kiinteistöissä tapahtuu vuosittain noin 37 000 vesivahinkoa Finanssialan selvityksen mukaan, ja ne muodostavatkin merkittävän osan kiinteistöille tehtävistä vahinkotöistä (Finanssiala 2022).

Vesivahingon tapahtuessa kiinteistössä tulee aina suorittaa tarvittavat toimenpiteet, jotta vaurioituneet osat saadaan vahinkoa edeltävälle tasolle. Työn tilaajana toimiva Master Kuivaus Oy toimii pääkaupunkiseudulla vahinkoalalla, ja yhtiön liikevaihdosta merkittävän osan muodostaa vesivahinkojen korjaus-, kuivaus- sekä mittaustyöt.

Vesivahingon korjaustoimet ovat aina kiinteistön käyttäjälle haittaa aiheuttavia, joten vahinkokohteen korjausten työajan lyhentäminen on myös käyttäjän näkökulmasta tärkeä osa-alue. Vahinkokohteen työajan tehostaminen on myös työn suorittavan yhtiön edunmukaista resurssien ja kustannusten säästämisen vuoksi. Työtapojen ja menetelmien suunnittelulla voidaan saavuttaa kohteen työajoissa merkittäviä säästöjä.

Työn tavoitteena on selvittää erilaisia tapoja ja järjestelmiä, joilla kohteessa suoritettavien kuivaus- ja mittaustöiden työaikaa saadaan sekä lyhennettyä että tehostettua. Tässä opinnäytetyössä selvitetään myös rakenteiden kuivaukseen vaikuttavat tekijät, sekä mittauksen menetelmät ja mittaukseen asetetut vaatimukset. Yrityksessä on haluttu selvittää mahdollisia uusia järjestelmiä tai menetelmiä, joilla työn suorittamista saataisiin tehokkaammaksi. Työssä ei tutkita vahinkokohteelle suoritettavia muita töitä, kuten rakenteiden purkamiseen ja ennallistamiseen liittyviä työsuoritteita.

## 2 Kosteuden siirtyminen fysiikka

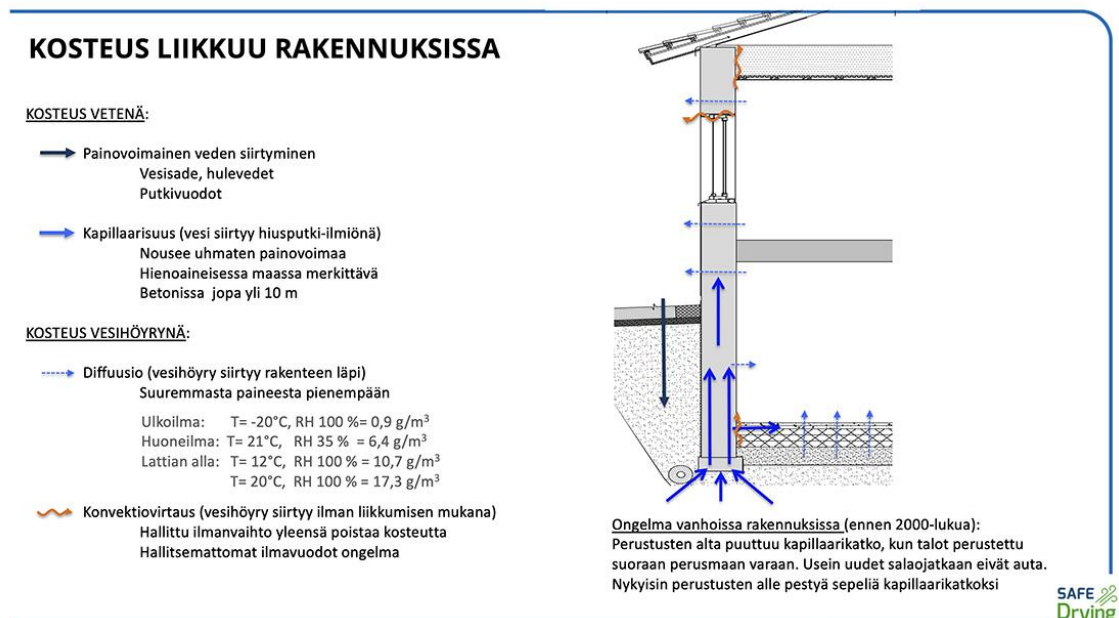
Rakenteiden kuivuminen tapahtuu aina fysikaalisesti; joko painovoimaisesti, kapilaarisesti, diffuusiolla tai kosteuskonvektiolla. Rakenteen kuivumisessa kosteus siirtyy rakenteesta ympäröivään rakenteeseen tai ympäröivään ilmaan. Kuivumista voidaan tehostaa vaikuttamalla rakenteen ympäröiviin olosuhteisiin, että olosuhteista luodaan optimaaliset rakenteen tehokkaalle kuivumiselle. Rakenteessa oleva ylimääräinen kosteus siirtyy kapilaarisesti rakenteen pinnalle, josta se haihtuu olosuhteista vaikutuksesta ympäröivään ilmaan.

Vesivahinkokohteissa rakenteiden kuivumiseen voivat vaikuttaa useat rakennekerrokset, joiden vaikutus kuivumiseen tulee aina huomioida tapauskohtaisesti. Kuivattavan rakenteen pinnoilla olevat sulkevat pinnat hidastavat rakenteesta siirtyvän kosteuden haihtumista merkittävästi. Rakenteesta poissiirtyvän kosteuden siirtymiseen vaikuttavat tekijät ovat rakenteen lämpötila, höyrynläpäisevyys rakenteen pinnalla sekä ympäröivät olosuhteet. Rakenteen lämpötila vaikuttaa kosteuden liikeisiin rakenteessa. Rakenteissa olevaa kosteutta saadaan siirtymään lämpötilaa nostamalla. Lämmittämisen seurauksena rakenteen materiaaleissa olevat sitoutuneet vesimolekyylit irtoavat materiaalissa olevien huokosten pinnalta, jolloin materiaalin kosteusvirran ulostulo tehostuu. Rakenteista lämmittämisen avulla siirtyvän kosteuden haihtumiseen ympäröivään ilmaan vaikuttaa rakenteen pinnan höyrynläpäisevyys sekä ympäröivän ilman kyky ottaa kosteutta vastaan. Rakenteen kuivauksessa käytettävässä lämmittämisessä tulee aina huomioida kosteuden liikesuunnat rakenteessa. Rakenteen lämmittämisellä on mahdollista aiheuttaa rakenteeseen sitoutuneen kosteuden siirtyminen ympäröivään materiaaliin.

Pinnan höyrynläpäisevyyttä voidaan tehostaa avaamalla rakenteiden pinnoilta sulkevia kalvoja. Näin saadaan rakenteen pinnalle mahdollisimman suuri kyky luovuttaa kosteutta ympäröivään ilmaan. Esimerkiksi betonipinnoille jääneet betoniliimat voivat hidastaa rakenteiden kuivumista huomattavasti.



Ympäröivät olosuhteet vaikuttavat rakenteesta poistuvan kosteuden haihtumiseen. Ympäröivän ilman suhteellinen kosteus vaikuttaa merkittävästi rakenteen kuivumiseen. Rakenteen kuivuminen voi pysähtyä tai siirtyä negatiiviseksi, mikäli ympäröivän ilman suhteellinen kosteus on liian korkea. Ympäröivän ilman suhteellisen kosteuden tulee näin ollen olla aina mahdollisuuksien mukaan laskettuna mahdollisimman alas, jotta rakenteesta haihtuva kosteus sitoutuu ympäröivään ilmaan mahdollisimman tehokkaasti. Ympäröivän ilman suhteellisen kosteuden riittävänä tasona on pidetty yleisesti n. RH 50 %. Tällöin rakenteesta haihtuva kosteus pystyy tehokkaasti sitoutumaan ympäröivään ilmaan. Kosteuden haihtumisessa ympäröivään ilmaan oleelliset tekijät ovat riittävä ilman lämpötila sekä ilmavirta rakenteen pinnalla.



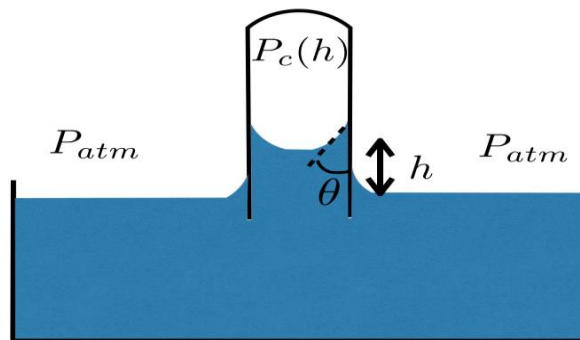
Kuva 1. Kuvassa havainnollistettuna kosteuden liikkumista rakennuksessa (Safe Drying)

## 2.1 Painovoimainen

Painovoimaisessa rakenteen kuivumisessa kosteus siirtyy ilmanpaine-eron, ilmavirran, vesipisaroiden liike-energian tai pintajännityksen avulla. Painovoimainen kuivuminen tapahtuu rakenteessa jatkuvasti koko rakenteen elinkaaren ajan. (Hyyppöläinen, Mattila & Lindberg 1999, 21.)

## 2.2 Kapilaarinen

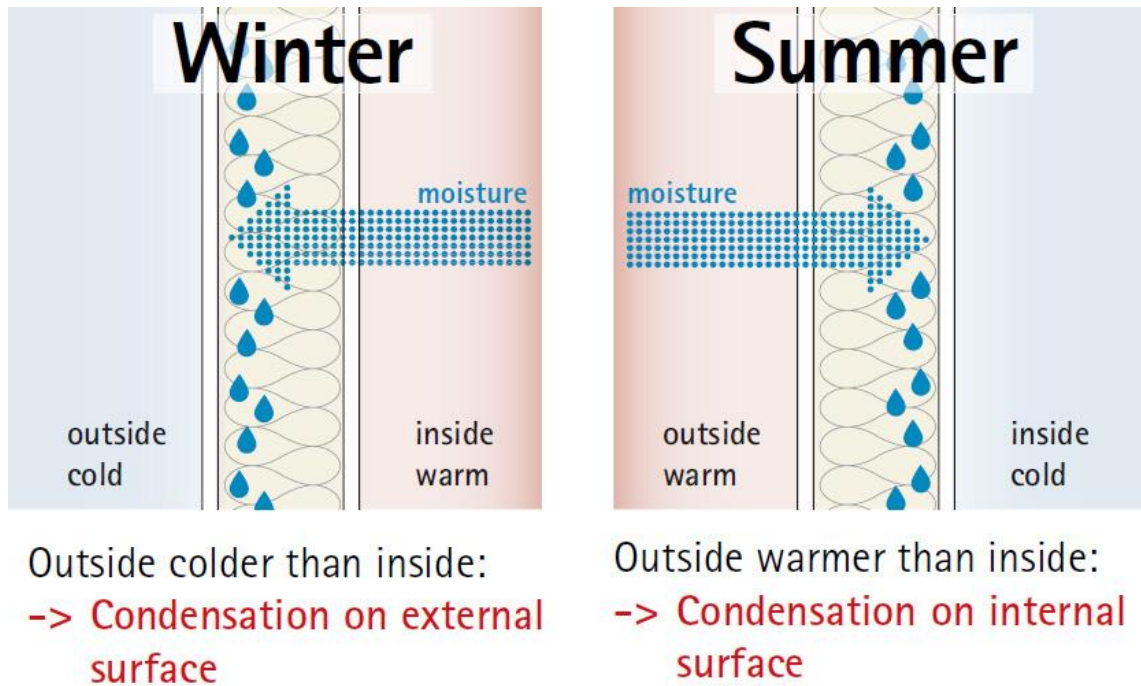
Kosteuden kapilaarisessa siirtymisessä kosteus siirtyy rakennusaineesta tai maaperästä toiseen. Kapilaarisuudella tarkoitetaan rakennusaineen, tai maaperän kykyä siirtää ja imeä kostetta niiden ollessa kosketuksissa veden kanssa. (Björkholtz 1997, 53.) Rakennusmateriaalin kastumisessa rakenteen kapilaarihuokokset täyttyvät vedellä. Rakenteen sisällä olevien huokosten sisällä oleva suhteellinen kosteus on 98-100% ja kosteus on sitoutunut rakenteen sisäisiin huokosiin kapilaarisesti. Kosteuden ollessa huokosten sisällä 98-100% kosteuspitoisuutta ei voida määrittää mittaamalla. Kosteus- tai vesivahinkotilanteessa huokoisten materiaalien kosteuspitoisuus voi olla huomattavasti ilman 100% RH:ta vastaava tasapainokosteus. (Hyypöläinen, Mattila & Lindberg 1999, 20.)



Kuva 2. Kapilaarinen kosteuden siirtyminen havainnollistettuna kuvassa. Vesi pyrkii siirtymään kapilaarisesti materiaalissa ylöspäin

## 2.3 Diffuusio

Diffuusiolla tarkoitetaan kosteuden siirtymistä suuremmasta vesihöyryn osapaineesta pienempään. Kosteuden absoluuttinen määrä vaikuttaa vesihöyryn osapaineeseen. Rakenteen tai ilman RH % ei ole vaikutusta vesihöyryn osapaineeseen. (Hyypöläinen, Mattila & Lindberg 1999, 21.)



Kuva 3. Kuva havainnollistaa kosteuden liikkumista vesihöyryn osapaineen mukaan.

## 2.4 Kosteuskonvektio

Vesihöyry siirtyy kosteuskonvektiossa ilmavirtauksien kuljettamana. Ilmavirtauksien aikaansaamiseksi rakenteiden eri puolille tarvitaan eriarvoiset ilman kokonaispaineet. Tärkein kosteuskonvektion tekijä on siis ilmanpaine-erot, näitä voidaan aiheuttaa keinotekoisesti ilmanvaihdolla ja puhaltimilla. Ilmanpaine-eroja

saadaan aikaiseksi myös lämpötilaeroilla sekä luonnollisella ilman liikkeellä kuiten tuulella. (Björkholtz 1997, 57.)

### 3 Betonin kosteusmittaukset

Betonin kosteusmittauksilla pyritään selvittämään betonirakenteen huokosilmassa oleva suhteellinen kosteus. Betonin huokosilmassa olevan kosteuden määrittämisessä tulee aina noudattaa työn suorittamiseen laadittuja RT-kortistoja. (Rakennustieto Oy 2021.) RT-103333 kortissa ”Betonin suhteellisen kosteuden mittaus” selvitetään menetelmät ja työtavat, joiden noudattamisella voidaan varmistua mittaustulosten olevan luotettavasti luettavissa. Betonin päällystettävyyttä arvioitaessa tulee noudattaa työtapoja ja menetelmiä, sillä rakenteiden pintojen sulkemisella rakenteen kosteufysikaalinen toimivuus muuttuu. Pahimmillaan rakenteen suhteellisen kosteuden ollessa liian korkea pinnoittamiselle, voidaan aiheuttaa lisävaurioita. Rakenteiden liian aikainen pinnoittaminen ja rakenteiden vaurioituminen sen seurauksena aiheuttaa työmäärän lisääntymistä pinnoitetun rakenteen purkutöiden vuoksi. Vesivahinkokohteen korjausajan minimoimiseksi rakenteiden pinnoitettavuus tulee aina mitata luotettavasti, jotta mahdollista lisävaurioilta voidaan välttyä.

Tämän työn tilaajana toimivan yrityksen yhtenä pääliiketoiminta alueena ovat vesivahinkokohteiden rakenteiden kosteusmittaukset. Yrityksessä mittaustoimintaa suorittaa 2–4 mittaryhmää, joiden kokoonpano koostuu mittaustoimintaan koulutetusta 1–2 henkilöstä. Kahden henkilön mittaryhmällä on mahdollista saavuttaa joissain tapauksissa työkohteessa käytettävän työajan lyhentämistä. Kahden henkilön työryhmällä ei voida saavuttaa merkittävää kohteessa käytettävän ajan lyhentämistä pääsääntöisesti. Poikkeuksena ovat kohteet, joissa mittaustoimintaa suoritetaan laajalle alalle, tai mitattavia pisteitä on runsaasti. Tällöin kahden henkilö ryhmällä voidaan saada lyhennettyä yhteen kohteeseen käytettävää aikaa. Myös vesivahinkokohteen kuivausasetamisessa ja kuivaimien poistamisessa kahden henkilön ryhmällä voidaan saavuttaa työajan lyhentämistä. Pääsääntöisenä betonirakenteen suhteellisen kosteuden mittaus-

menetelmänä käytetään tilaavassa yrityksessä porareikämittausta, jonka suorittaa koulutettu mittaushenkilö. Mittaryhmän henkilöstö on koulutettu suorittamaan mittaustoiminta RT-kortiston mukaisesti.

### 3.1 Porareikämittaus

Porareikämittauksella pyritään määrittämään betonirakenteen huokosilmassa oleva suhteellinen ilmankosteus. Porareikämittauksen suorittajan tulee olla tietoinen ympäröivien olosuhteiden ja tekijöiden vaikutuksesta mittauksen onnistumiseen. Porareikämittauksessa rakenteeseen tehdään reikä, josta mittaus suoritetaan. Porareikämittaus voidaan suorittaa rakenteeseen haluttuun kohtaan sekä syvyyteen. Porareikämittauksen mittareikää tehtäessä tulee huomioida rakenteen sisällä mahdollisesti kulkevat sähkö- ja putkivedot. Mittareian porauksella talotekniikan vetoihin voidaan aiheuttaa rakenteelle merkittäviä vahinkoja, sekä lisää korjaustarvetta. Rakenteissa kulkevat talotekniikkavedot tulee aina mahdollisuuksien mukaan selvittää ennen mittauksien aloittamista. Tämä tieto on hyvä lisätä mittaussuunnitelmaan. Yleisiä vesivahinkokohteiden rakenteissa kulkevia sähkö ja putkivetoja ovat lattialämmityksen johdot, sekä viemäri- ja vesiputket.



Kuva 4. Mittareikien porauksessa tulee huomioida rakenteissa kulkevat talotekniikan vedot. Mittaputken tiivistys tehdään "sinitarralla".

Rakenteen kosteutta mitattaessa tietystä syvyydestä tulee mittareikä tiivistää putkella sekä ilmatiiviillä massalla mittaputken yläpäästä. Näin ollen voidaan varmistua mittaustulosten osoittavan mitattavan kohdan huokosilman kosteutta. Mittarein ollessa epätiivis, pääsee kosteus tasaantumaan ympäröivän ilman kanssa ja mittatulos ei näin ollen osoita mitattavassa syvyydessä rakenteen huokosilmassa vallitsevaa suhteellista kosteutta.



Kuva 5. Master Kuivaus Oy:llä käytössä oleva mittareian tiivistykseen tarkoitettu putki. Putken alapäässä helmat, joilla putki tiivistyy tiiviisti mittareikään. Mittaputken halkaisija tarkoitettu 16 mm mittareikään.

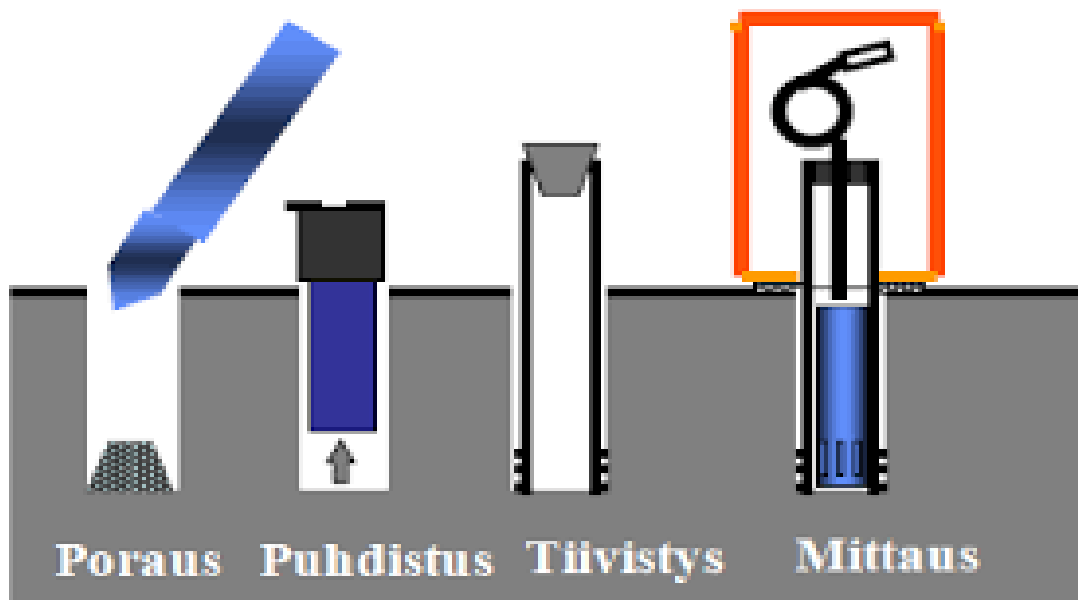
Porareikämittaus suoritetaan Master Kuivaus Oy:llä 16 mm mittareistä, joka tiivistetään mittareikään valmistetulla mittaputkella sekä sinitarralla. Mittareian halkaisijan suuruuteen vaikuttaa käytettävä mittapää sekä käytettävissä olevat laitteet sekä välineet. Mittareian suuruuden tulee kuitenkin vähintään olla halkaisijaltaan 10 mm. Pienemmän halkaisijan omaavasta mittareistä ei voida luotettavasti suorittaa rakenteen huokosilman suhteellisen kosteuden mittausta. Reiän pohjan pinta-ala on alle 10 mm reiässä liian pieni suhteellisesti verraten putken ilmatilaan, jolloin luettu mittatulos ei kerro luotettavasti rakenteen suhteellista kosteutta.

Porareikämittauksen mittareian porauksesta mittatulosten lukemiseen mittareian lämpötilan tulee olla mahdollisimman muuttumaton. Raja-arvona pidetään  $\pm 3$  °C. Mitattavan kohteen olosuhteiden tulee tasaantua vuorokausi ennen mit-

tauksen suorittamista. Rakenteen mahdolliset kuivaukset tulee näin ollen keskeyttää rakenteiden mittauksen ajaksi, riittävän aikaisin ennen mittareikien poraamista. Rakenteen lämmittäminen kuivaimilla tai lattialämmityksellä tulee huomioida mittausta suunniteltaessa. Rakenteen liiallinen lämmön muutos mittauksen aikana aiheuttaa mittauserätarkkuutta. Mittauksen epätarkkuudella voidaan aiheuttaa rakenteen pitkittynyttä kuivausaikaa.

Porareikämittauksen toteutus etenee seuraavasti:

- Reiän poraus kuivamenetelmällä mitattavaan syvyyteen
- Mittareiän syvyyden varmistaminen
- Mittareiän puhdistaminen porauspölystä
- Mittareiän putkittaminen sekä tiivistäminen
- Mittaustulosten lukeminen porareiän sekä mittapään tasaantumisen jälkeen.



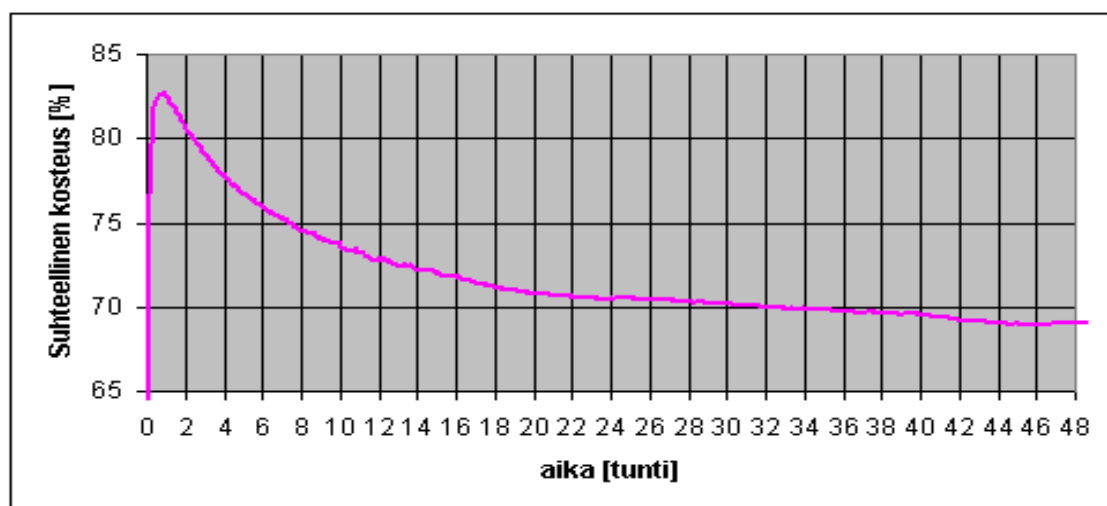
Kuva 6. Porareikämittauksen vaiheet esitettynä kuvassa



Pinnoitettavuus mittausta suoritettaessa ilman lämpötilan on suositeltavaa olla +18 - +25 °C. Ilman lämpötila noudattaa täten riittävältä osin sisäilman lämpötilaa, jolle rakenne altistuu käytön aikana. Lämpötilan ollessa rakenteessa tai rakennetta ympäröivässä ilmassa korkeampi kuin +25°C tai matalampi kuin +18°C, tulee rakenteen pinnoitettavuus mittausta suorittaa näytepalamenetelmällä. (Rakennustieto Oy 2021.)

Porareikämittauksen tulokset ovat yleisesti epätarkempia mitä aikaisemmin mitattut tulokset on luettu reiän poraamisesta. Mittaus tulisi aina suorittaa vähintään kolme vuorokautta reikien poraamisen jälkeen, tällöin mitattut tulokset ovat luotettavasti luettavissa. Mikäli mittaus suoritetaan aikaisemmin, tulee tästä olla mainittu aina erikseen mittauksesta tehtävässä raportoinnissa. Mittauksen epätarkkuudet tulee huomioida pinnoitettavuutta arvioitaessa. Muissa kuin pinnoitettavuusmittauksissa voidaan harkinnanvaraisesti käyttää lyhyempää tasaantumisaikaa.

Porareikämittaukset suoritetaan aina mittalukulaitteen sekä mittapään valmistajan ohjeiden mukaisesti. Eri valmistajilla voi olla eri vaatimuksia mittalaitteiden käyttöön.



Kuva 7. Kuvaaja havainnollistaa mittareian suhteellisen kosteuden tasaantumisen. Pystyakselilla esitetty suhteellinen kosteus reiässä, vaaka-akselilla aika tunteina reiän poraamisesta

### 3.2 Näytepalamittaus

Näytepalamittaukseen käytetään samoja mittalaitteita ja antureita kuin porareikämittaukseen. Näytepalamittauksessa betonirakenteesta halkaistaan pala tietyltä syvyydeltä rakenteesta, josta mitataan betonirakenteen sisällä olevan huokosilman suhteellista kosteutta. Rakenteesta halkaistu näytepala asennetaan ilmatiiviiseen näyteputkeen, jossa näytepalan kosteuden annetaan tasaantua koeputken sisäpuoleisen ilman kanssa. Näytepalamittaukseen voidaan käyttää luotettavasti myös olosuhteissa joihin porareikämittaukseen ei voida käyttää. Lämpötilan ollessa alle +18°C tai ylitse +25°C on näytepalamittaus ainoa tapa mitata rakenteen pinnoitettavuutta. Näytepalamittauksen etuna on, että rakenteen lämpötilalla tai ympäröivän ilman lämpötilalla ei ole vaikutusta merkittävästi mittaus tulokseen. Näin ollen joissain tapauksissa näytepalamittauksella voidaan säästää aikaa rakenteen jäädyttämisessä. Vesivahinkokohteiden mittauksessa näytepalamenetelmän huonona puolena esiintyy työläys mittauskertojen välissä. Näytepaloja joudutaan ottamaan uudestaan joka kerta pinnoitettavuutta mitattaessa. Näytteiden ottamiseen kuluva työmäärä useimmiten hidastaa mittaryhmän toimintaa, verraten porareikämittaukseen.

Näytteiden ottaminen suoritetaan aina kuivamenetelmällä mitattavan rakenteen kastumisen välttämiseksi. Piikkaus tai kruunuporausmenetelmät ovat yleisesti käytettyjä näytteiden otto menetelmiä. Koeputkeen asennettavat näytekappaleet tulee olla halutulta mittaussyvyydeltä. Rakenteesta irrotetut näytekappaleet asennetaan koeputkeen, jossa näytekappaleiden kosteus alkaa tasaantua koeputken sisäilman kanssa. Koeputken sisältä kosteus mitataan porareikämittauksella vastaavalla tavalla. Ennen mittausten suorittamista tulee varmistua näytteen riittävästä tasaantumisaikasta. Riittävänä näytteiden tasaantumisaikana pidetään 5–12 h. Näytepalamenetelmällä rakenteen suhteellinen kosteus voi olla siis määriteltävissä yhden työvuoron aikana. Kiireellisissä mittauksissa tuleekin aina harkita mahdollisuutta käyttää näytepalamenetelmää työajan lyhentämiseksi. (Rakennustieto Oy 2021.)



Kuva 8. Näytepalat otettuna betonilattiasta. Kuvassa näytepalamittaukseen käytettävää laitteistoa sekä näytepalat asennettuna mittaputkeen.

#### 4 Rakenteiden kuivumisen seuranta ja todentaminen

Rakenteiden kuivumisen seurannalla ja todentamisella tarkoitetaan vesivahinkokohteessa suoritettavia betonin suhteellisen kosteuden mittauksia sekä kuivattavan alueen pintakosteusmittauksia. Vesivahinkokohteen kuivaus- ja mittaustyöt alkavat yleisesti vahinkokartoituksessa suositeltujen purkutöiden valmistuttua. Rakenteisiin suoritettavilla mittauksilla voidaan joissain tapauksissa vielä tarkentaa tarvittavia purkutöitä. Purkutöiden järkevällä toteutuksella voidaan lyhentää rakenteille tarvittavaa kuivausta. Vesivahinkokohteessa tulee aina suunnitella järkevästi mitkä rakenteet ovat järkevämpiä poistaa, kuin kuivata.

Vesivahinkokohteiden kuivaustyöt kestävät yleisesti useita viikkoja, joten vahinkokohteella tehdään useita käyntejä kuivauksen aikana. Vesivahinkokohteen kuivaus- ja mittaustöihin käytettävä aika on merkittävä osa vahinkokohteen kokonaistyöaikaa. Useimmissa tapauksissa kuivaustyöt ovat eniten aikaa vievä

työvaihe. Mittauksia suoritetaan kohteessa viikoittain, jotta kuivattavan rakenteen kuivumista voidaan ajantasaisesti seurata ja kuivaustoiminta ei pitkitty tarpeettomasti välttämätöntä pidemmäksi. Rakenteiden kuivumisen seurannan ja todentamisen suorittaa mittaryhmä. Mittaryhmän työkuvaan kuuluvat kohteeseen asennettujen kuivainten poiskytkentä, siten että mittaustyöt voidaan suorittaa luotettavasti.

Rakenteiden kuivumisen seurannalla saadaan dokumentoitua tietoa, rakenteen kosteuskäyttäytymisestä. Kohteeseen suoritettavat säännölliset mittaukset toimivat vahinkokohteen tilaajalle dokumentaationa kohteessa suoritettavien töiden etenemisestä. (Rakennusten kosteus- ja homeongelmat 2012.)

Master Kuivaus Oy:llä vesivahinkokohteita, joissa suoritetaan kuivaus-, mittaus- töitä on vaihtelevasti viikosta riippuen. Töiden määrään vaikuttavia tekijöitä ovat valmistuneet työmaat sekä uudet työmaat. Työkohteiden määrä on vaikeasti ennakoitavissa. Työkohteiden määrällä on suuri merkitys mittaus ja kuivaustoiminnan suunnittelussa. Mittaus ja kuivaustoiminnan työsuunnittelulla pyritään minimoimaan kohteessa käytettävä aika, siten että mittaukset voidaan suorittaa luotettavasti. Kohteeseen käytettyjen henkilötyötuntien määrällä on suora vaikutus kohteesta aiheutuneisiin kustannuksiin.

#### 4.1 Mittaryhmä

Master Kuivaus Oy:llä mittaustoimintaa suorittavat henkilöt eivät osallistu vesivahinkokohteen muihin töihin, kuten kartoitus, purku tai kasaustöihin. Mittaustoiminnan yhtenä osa-alueena ovat vesivahinkokohteiden kuivausten asennukset, sekä kuivauksen seuranta. Mittaryhmän kokoonpano on 1–2 mittaustoimintaan koulutettua henkilöä. Master Kuivaus Oy:llä mittausta suorittavia ryhmiä on yleisesti 2–4 kappaletta. Käynnissä olevien työmaiden määrä vaihtelee viikoittain reilusti. Viikoittain hoidettavana kuivaus- ja mittaus työmaita on noin. 100–200.

ma	Kuiv. as	Sammutus	poraus	mittaus	Gann	nouto	yht.	ei ehtinyt
<u>MR 1</u>	2	3	4	2	2	2	15	
<u>MR 2</u>	1	1	6	3			11	
<u>MR 3</u>	1	2	4	3			10	

Kuva 9. Esimerkki kolmen mittaryhmän seurannalla saaduista yhden päivän kohdekäyntien määrästä.

Mittaustoiminnan työmäärien seuraamisella voidaan saada saavutetuksi tehostettua mittausryhmien toimintaa. Mittaryhmien työmäärä on keskimäärin työpäivään kohden 12 kohdekäyntiä. Kohteessa käytettyyn aikaan vaikuttaa työnkuva, jota kohteeseen mennään suorittamaan. Kohteiden maantieteellisellä jaottelulla tulee pyrkiä mahdollisimman lyhyisiin siirtymineen. Mahdollisimman lyhyiden siirtymien etuina ovat kohdekäyntien määrän lisääminen, sekä siirtymistä aiheutuneiden ympäristöhaittojen minimointi. Kohteiden kuivaus- ja mittaustoiminnan kohteiden toteutusjärjestys tulisi siis aina suunnitella järkevästi tuotannon tehostamisen näkökulmasta. Kohdekäyntien suunnittelun tulee aina huomioida myös kohteen käyttäjän tarpeet sekä näkökulmat. Kohteen käyttäjien tarpeiden huomioimisella voi olla negatiivisia vaikutuksia kohteiden järjestyksen suunnittelussa. Mikäli mahdollista tulisi siis mittaryhmän kohdekäynnit sopia käyttäjien kanssa siten että työkohteiden sijainnin sekä määrän muuttuessa voidaan kohteiden toteutusjärjestystä muuttaa työajan käytön kannalta mahdollisimman tehokkaaksi. Tällöin voidaan saavuttaa työajan sekä kustannusten säästöjä mittaryhmän toiminnassa.

Mikäli kohdekäynnit ylittävät jatkuvasti merkittävästi seurannalla saavutetun keskiarvon, kohteiden mittaus- ja kuivaustoiminnan laadun heikentymisen riski kasvaa. Mittaustoimintaa suoritettaessa luotettavasti, tulee mittaryhmien määrän olla riittävä, jotta ryhmäkohtainen kohdekäyntien määrä ei kasva liian suureksi.

## 4.2 Pintakosteusmittaukset

Vesivahinkokohteiden mittaus- ja kuivaustoiminnassa hyödynnetään pintakosteusmittauksia avustavana toimenpiteenä. Pintakosteusmittauksilla mittaryhmän toimintaa voidaan tehostaa mitattavan sekä kuivattavan alueen paikallistamisella. Pintakosteusmittarilla voidaan nopeasti saada käsitys kuivattavan sekä mitattavan alueen laajuudesta, sekä suuntaa antavasta kuivauksen tarpeesta. (Pitkäranta 2016.)



Kuva 10. Esimerkki vahinkokohteen kuivausalueen laajuuden selvittämisessä käytettävästä pintakosteusmittarista. Kuvassa mittalaite sekä jatkovarrellinen mittapää.

Pintakosteusmittaukset eivät ole koskaan pätevä arviointiperuste pinnoitettavuutta arvioitaessa. Pintakosteusmittarien toiminta perustuu mittaustulosten vertailuun kuivaksi todetulta alueelta. Pintakosteusmittarin toimintaperiaatteena toimii rakenteen sähkönjohtavuuden mittaus. Kosteassa rakenteessa sähkönjohtavuus on suurempi kuin kuivassa rakenteessa. Pintakosteusmittausta tehtäessä tulee huomioida rakenteen vaikutus pintakosteustuloksiin. Rakenteessa kulkevat mm. teräkset sekä sähköjohdot vaikuttavat pintakosteusmittarilla saataviin

vertailuarvoihin. Pintakosteusmittauksilla saadut väärät tulokset voivat aiheuttaa virheellisiä tulkintoja vahinkoalueesta. Virheellinen tulkinta kuivaus- ja mittaus- töiden tarpeesta voi johtaa työmäärän lisääntymiseen. Kohteessa tehtävän työmäärän lisääntymisellä vahinkokohteen kuivaus- sekä mittaustyöt pitenevät. Työajan sekä työmäärän lisääntymisellä on vaikutuksia mittaryhmän resursseihin sekä töistä aiheutuviin kustannuksiin. (Sisäilmayhdistys ry.)

### 4.3 Suhteellisen kosteuden mittaus

Betonirakenteen suhteellisen kosteuden mittaus suoritetaan Master Kuivauksen lähes jokaisella vesivahinkotyömaalla. Suhteellisen kosteuden mittausmenetelmänä käytetään porareikämittausta. Porareikämittaus on yleisimmin vesivahinkokohteissa käytetty suhteellisen kosteuden määrittämenetelmä, johtuen rakenteiden pienemmästä vaurioitumisesta, sekä näytepalan ottamiseen kuluvasta ajasta. Näytepalamenetelmän käyttämisellä voitaisiin kuitenkin joissain tapauksissa saavuttaa merkittävää säästöä ajankäyttöön. Näytepalamenetelmässä mittaustulokset saadaan 5–12 tunnin sisällä näytepalan asettamisesta mittaputkeen. Porareikämittauksella mittaustulos saadaan nopeimmillaankin n. 3 vuorokauden kuluttua mittaustöiden aloittamisesta. Porareikämittauksen tasaantumisaikat tulisivat huomioida mittaryhmän työtehtäviä suunniteltaessa siten, että työaika ja kohdekäynnit saataisiin mahdollisimman tehokkaiksi. Näytepalamenetelmä ei sovi vesivahinkokohteiden jatkuvaan mittaukseen. Mahdollisuudet menetelmän käyttämiseen kiireellisissä tapauksissa tulee huomioida menetelmän nopeuden vuoksi.

Taulukko 1. Taulukossa esitetty menetelmät suhteellisen kosteuden määrittämiseen sekä niihin kuluvat ajat.

<u>Mittausmenetelmä:</u>	<u>Mittaustulos tunteina:</u>
Porareikämittaus	vähintään 72 h
Näytepalamittaus	5–12 h

Suhteellisen kosteuden mittaus on normaali toimenpide vahingon laajuuden selvittämisessä, sekä rakenteiden kuivumisen seurannassa. Suhteellisen kosteuden mittaamisella saadaan selville rakenteen huokosilmassa oleva ilman suhteellinen kosteus. Suhteellisen kosteuden mittauksilla voidaan myös havaita rakenteiden kuivauksen seurauksena tapahtuvaa kosteuden liikkumista rakenteessa. Porareikämittauksia suoritettaessa on mahdollista käyttää RT 103333 kortista poikkeavia tasaantumisaikoja. Tämä tulee kuitenkin aina mainita mittauksen raportoinnissa. Lyhyemmällä tasaantumisajoilla on mahdollista saavuttaa mittaustoiminnan tehtäviä suunniteltaessa työajan tehostamista, mutta sen vaikutus mittauksissa tulee aina selvittää tapauskohtaisesti.

Lyhyemmän tasaantumisaajan käyttö voi tulla kyseeseen tapauksissa, joissa voidaan olettaa, että rakenteen RH % ei ole vielä pinnoitettavuuden raja-arvojen lähellä. Kyseisissä tapauksissa porareikien tasaantumisella saavutettavat tarkkuudet mittaustuloksissa eivät ole lopputuloksen kannalta merkittäviä, sillä mittauksilla ei pyritä rakenteen pinnoitettavuuden arviointiin. Vesivahinkokohteissa suhteellisen kosteuden mittauksessa tulee huomioida, että rakenneratkaisut voivat poiketa nykyaikaisista rakenneratkaisuista merkittävästi. Rakenteiden poikkeavuus tulee huomioida aina mittauksia suoritettaessa. (Kosteudenhallinta 2020.)



Vesivahinkokohteessa suhteellisen kosteuden mittauksen tärkeimpänä tavoitteena pidetään rakenteen pinnoitettavuuden arviointia. Suhteellisen kosteuden mittauksella määritetään lopulta, milloin rakenne voidaan pinnoittaa. Pinnoitettavuutta määritettäessä suhteellisen kosteuden mittaus on ainoa luotettava menetelmä. Rakenteen pinnoitettavuuden arvioimiseksi tehtävät suhteellisen kosteuden mittaukset tulee tehdä aina RT 103333 kortin mukaisesti. Tällöin voidaan varmistua rakenteen olevan riittävän kuiva pinnoitettavaksi, ja mittaustuloksen olevan luotettava. Mikäli pinnoitettavuus tehdään ohjeistusten vastaisella tavalla, ei voida luotettavasti todeta rakenteen olevan riittävän kuiva pinnoitettavaksi. Rakenteen suhteellisen kosteuden ollessa liian korkea pinnoitusta tehtäessä voi tämä aiheuttaa pinnoittamisessa käytettävien materiaalien toimimattomuutta sekä vaurioitumista. Rakenteen pinnoitettavuuden luotettava mittaus sekä dokumentointi ovat aina välttämätön toimenpide vesivahinkokohteessa.

#### 4.3.1 Laitteet

Suhteellisen kosteuden mittauksessa käytetään mittalaitetta sekä mittapäättä. Mittapää asennetaan mittauksessa joko koeputkeen, jos mittaus tehdään koe-palamenetelmällä, tai mittareikään, mikäli mittaus suoritetaan porareikämittauksena. Mittapään käytössä tulee aina noudattaa valmistajakohtaisia ohjeistuksia mittatulosten luotettavuuden varmentamiseksi. Mittalaitteella luetaan mittapään antamat arvot. Suhteellisen kosteuden mittaukseen on tarjolla useiden eri valmistajien tuotteita.



Kuva 11. Mittaryhmän käytössä oleva mittasalkku betonin suhteellisen kosteuden mittaukseen. Mittasalkussa on mittapäitä sekä mittalaite.

Tilajana toimivassa yrityksessä suhteellisen kosteuden mittaus toteutetaan aina mittahenkilön tekemällä porareikämittauksella. Tilajayrityksessä on halukkuus selvittää, onko vaihtoehtoisia toteutustapoja mittahenkilön suorittamalle mittaukselle. Etäluettavia mittalaitteita ei ole tilajayrityksessä käytössä eikä ole ollut kokeilussa. Mittalaitteiden etäluettavuudessa tulee aina huomioida mahdolliset olosuhteiden muutokset kohteessa. Etäluettavilla laitteilla mittaustoimintaa voitaisiin tehostaa huomattavasti, sillä kohteeseen tehtävät käynnit vähenisivät merkittävästi. Mittaustoiminnan suorittaminen osittain tai kokonaan etäluettavilla laitteilla voi osoittautua ongelmaksi rakennuskuivaimien käytön yhteydessä. Rakenteita lämmittävät kuivaimet nostavat rakenteen lämpötilaa reilusti. Tuotevalmistajan sivuilta ei löydetty tietoa etäluettavan mittapään sopivuudesta käytettäväksi samanaikaisesti rakennuskuivaimen yhteydessä.

Etäluettava mitta-anturi asennetaan kohteeseen haluttuun mittauskohtaan, sekä syvyyteen. Mitta-anturi lähettää mitattavasta kohteesta reaaliaikaista tietoa internetin välityksellä, rakenteen suhteellisesta kosteudesta sekä lämpötilasta. (Rakennustieto Oy 2020.)



Kuva 12. Wiiste Oy:n valmistama etäluettava betonin suhteellisen kosteuden mittaukseen tarkoitettu anturi

#### 4.3.2 Pinnoitettavuus

Rakenteiden kosteusmittauksissa lopullinen mittaus suoritetaan aina siten, että tulos on RT 10333 kortiston mukaisesti suoritettu, jotta mittaustulosta voidaan käyttää pinnoitettavuuden arvioinnissa. Pinnoitettavuuden arviointiin vaikuttaa mitattava rakenne, sekä materiaali, jolla mitattava rakenne tullaan pinnoittamaan. Materiaaleille on asetettu materiaalikohtaiset vaatimukset pohjan suhteellisen kosteuden osalta. Materiaalin suhteellisen kosteuden tulee yleisesti olla pienempi, mikäli rakenne on hyvin kosteuden liikkumista sulkeva. (Betonteollisuus ry.)

## 4.4 Mittauspöytäkirja

Vesivahinkokohteessa suoritettavista mittaustoimista laaditaan aina mittauspöytäkirja. Mittauspöytäkirjan laadintaan on määritelty RT 103333 kortissa ohjeistukset. Mittauspöytäkirjan laatii mittaryhmässä mittaukset suorittanut henkilö, jolla on riittävä perehtyneisyys ja tietämys kohteessa suoritetuista mittauksista. Mittauspöytäkirjan tarkoituksena on laatia dokumentointi kohteeseen tehdyistä kosteusmittauksista. Mittauspöytäkirjaan merkitään kohteen mittapisteet, joista mittaukset on suoritettu. Mittauspöytäkirjassa kerrotaan myös olosuhteet, joissa mittaukset on tehty, sekä mitatun rakenteen lämpötila. Mittauspöytäkirjasta tulee myös selvittää mitä mittausmenetelmää suhteellisen kosteuden määrittämiseen on käytetty, sekä mistä rakenteesta mittaukset on tehty. (Rakentamisen sertifikaatit 2018.)

### 4.4.1 Toteutustapa

Tilaaajayrityksessä mittauspöytäkirja tehdään mittaustöiden valmistumisen jälkeen yrityksen toimipisteellä. Mittauspöytäkirjan laadintaan käytetään Microsoft Wordiin laadittua mallipohjaa, johon mittausraportissa tarvittavat tiedot täydennetään. Mittauspöytäkirjan laadintaan käytetään mittaryhmän resursseja, jotka voisivat olla käytettävissä mittaustoimintaan, mikäli raportti tehtäisiin suoraan kohteessa.

### 4.4.2 Vaihtoehtoinen toteutus

Tilaaajayrityksen käyttöön on hankittu sähköinen raportointijärjestelmä, jonka ominaisuutena on myös mittauspöytäkirjan laadinta sähköisenä. Mittauspöytäkirjan laadinta sähköisenä vesivahinkokohteessa mittauksia suoritettaessa säästäisi työvaiheita, joihin käytetään resursseja. Sähköisen mittauspöytäkirjan laadinnalla suoraan kohteessa voidaan saavuttaa mittaryhmän toimintaan ajallisia sekä kustannuksellisia säästöjä.

## 5 Työtehtävien seuranta

Vesivahinkokohteessa tehtävien kuivaus- ja mittaustöiden seurannalla pyritään selvittämään kohteisiin tarvittavia resursseja sekä mahdollisia kustannussäästöjä. Mittaryhmän toiminta on mittaryhmien itse johtamaa. Töille ei ole yrityksessä nimetty työnjohtajaa, joka seuraisi töiden suorittamista ja etenemistä. Kuivaus- ja mittaustoiminnan työnjohtamisella saavutettaisiin todennäköisesti työtehtävien laadukkaampaa suunnittelua. Työnjohdon avulla mittaustoimintaa voitaisiin kehittää huomattavasti tehokkaammin, mittaryhmän resurssien ollessa täysin vesivahinkokohteiden kuivaus- sekä mittaustoiminnassa. Kuivaus- ja mittaustoiminnasta vastaavan työnjohtajan tehtäviin tulisi sisällyttää työn laadun valvominen, käytettävien resurssien seuraaminen sekä niiden muuttaminen työmäärän mukaiseksi ja kohdekäyntien jakaminen mittaryhmien välille. Työtehtävien seurannan tarkoituksena ei ole puuttua yksittäisen työntekijän työsaavutukseen.

Tämän työn osana yritykselle on laadittu työn laadun sekä tehokkuuden parantamiseen käytettäviä seurantalistoja. Seurantalostat ovat yrityksen käytössä, ja niillä pyritään seuraamaan sekä dokumentoimaan vahinkokohteissa tehtäviä töitä. Työtehtävien sekä työmäärän seurannalla saavutetaan ajallisia sekä kustannuksellisia säästöjä resurssien ollessa optimoituna.

### 5.1 Työmaan tehtävien listaus

Yritykselle on laadittu (Liite 1) vesivahinkokohteeseen asennettava työlistaus. Työlistaus asennetaan vesivahinkokohteeseen purkutöiden valmistuttua, kuivaus- ja mittaustöiden ajaksi. Työtehtävien listaukseen kirjataan nähtäväksi työkohteessa tehty työnkuvaus, kohteessa käynyt henkilö ja kohteeseen tehtävä seuraava käynti. Työmaan kohdelistauksen pyrkimyksenä on informoida kohteessa olevaa tilan käyttäjää töiden ajantasaisesta tilanteesta. Tilan käyttäjän ajankohtaisella informoinnilla saavutetaan yhteydenottojen väheneminen työtä suorittavalle yritykselle. Yhteydenottojen määrän vähentämisellä saavutetaan mittaryhmien resurssien olevan käytössä toisessa kohteessa.

Vesivahinkokohteessa tehtäviä mittaustöitä voi suorittaa useampi eri mittaryhmä. Työlistauksen tarkoituksena on myös informoida kohteeseen tulevaa mittaryhmää kohteessa tehdyistä töistä. Kohteessa tehtävällä laadukkaalla informoinnilla saavutetaan eri mittaryhmien tekemien töiden olevan yrityksen linjauksen mukaisia.

## 5.2 Työmäärän seurain

Osana tätä työtä tilaavalle yritykselle on laadittu yrityksen käyttöön mittaryhmän työmäärän, sekä työtehtävien seurantaan käytettävä lista (Liite 2). Työmäärän seurantalistaan täydennetään jokaisen mittaryhmän päivän aikana tekemät kohdekäynnit sekä työtehtävät. Kuivaustoiminnassa työmäärien määrä vaihtelee runsaasti viikoittain.

Työmäärän seurannalla tavoitellaan mittaryhmien resurssien optimointia tehokkaaksi. Työmäärän seurannan avulla voidaan vaikuttamaan mittaryhmien kokoonpanoon sekä mittaryhmien määrään. Seurannan avulla voidaan saavuttaa työ tehokkuuden kasvattamista sekä kustannussäästöjä. Työmäärän seurannan tulokset ovat nähtävissä listauksen ollessa käytössä yrityksessä pidemmän aikaa.

## 6 Rakenteiden koneellinen kuivatus

Vesivahinkokohteissa rakenteiden koneellinen kuivatus on yleinen rakenteen kuivatusmenetelmä, johtuen rakenteen luonnollisen kuivumisen hitaudesta. Koneellisella kuivatuksella tehostetaan kosteuden siirtymistä rakenteesta tai rakenteesta. Vesivahinkokohteessa rakenteiden kuivattaminen koneellisesti tulee aina suunnitella työkohde kohtaisesti. Käytettävien kuivainten valintaan vaikuttavat vahingon laajuus sekä kuivattavat rakenteet. Koneellisen kuivatuksen käytössä tulee aina huomioida kuivaimen vaikutus rakenteeseen. Koneellisella kuivatuksella voidaan aiheuttaa vaurioita rakenteisiin. Rakenteen kuivumiseen voidaan vaikuttaa laskemalla rakenteen ympäröivän ilman suhteellista kosteutta,

nostamalla rakenteen lämpötilaa ja ilmavirran tehostaminen rakenteen pinnalla. (Kosteudenhallinta 2020.)

## 6.1 Käytettävät laitteet

Tilaaajaryityksessä on käytössä usean toimintaperiaatteen omaavia rakennuskuivaimia. Rakennuskuivaimien käytön perustana tulee olla aina kuivauksen suunnitelmallisuus. Rakennuskuivainta käytettäessä on järkevää hyödyntää useaa eri menetelmää. Rakenteen lämmittämällä yhdistettynä rakenteen pinnalle tehtävällä ilmavirralla saadaan tehostettua kosteuden liikettä rakenteesta ulospäin. Rakenteiden kuivaamiseen käytettävät sisäilman kosteuden poistajat tehostavat myös luonnollista rakennusfysikaalista kosteuden liikettä rakenteesta ulospäin. Useamman rakennuskuivaimen yhdenaikaisella käytöllä voidaankin saavuttaa rakenteen kuivumisajan merkittävää lyhentymistä. Rakenteiden kuivaukseen käytettävä laitteisto tulee aina suunnitella kohdekohtaisesti. Kuivainten käytön suunnittelussa tärkeää on huomioida koneiden toimivuus rakenteiden sekä toisten kuivauslaitteiden kanssa. Porareikämitattavassa kohteessa lämmitettävien rakennuskuivaimien vaikutus mitattavaan kohteeseen tulee huomioida.

### 6.1.1 Levykuivaimet

Rakenteiden kuivaamisessa yleinen kuivauslaite on lämmitettävät levykuivaimet. Levykuivaimet ovat yleisiä vesivahinkokohteissa käytettäviä rakennuskuivaimia. Levykuivainten toimintaperiaate on levyn lämmittämällä aikaan saatava kosteuden liikkuminen rakenteessa.

Levykuivaimien käytössä on erityisen tärkeää huomioida levykuivaimen lämpenemisen vaikutukset lämmitettävään rakenteeseen. Lämmitettävän rakenteen tulee kestää levyn lämmityksestä aiheutuva lämpörasitus. Levykuivainten käytössä tulee kiinnittää huomiota levyjen korkeaa lämpötilaan. Levykuivaimet tulee siirtää mittakohteeseen siten että rakenne kyetään jäähdyttämään ennen pora-

reikämittauksia. Levyjen siirtämisessä levyn kuumuus voi aiheuttaa työtapaturmia. Varovainen työskentely onkin aina tärkeää lämmitettävien levykuivainten kanssa. Teräsrunkoisten levykuivainten massa on suuri verrattuna alumiinirunkoisiin levykuivaimiin. Työskentelytehokkuuden vuoksi alumiinirunkoisten levykuivainten käyttö tulisikin aina olla ensisijainen vaihtoehto.



Kuva 13. Kuvassa teräsrunkoinen lämmitettävä levykuivain.





Kuva 14. Alumiinirunkoisen levykuivaimen hyötynä on sen keveys, joka helpottaa työskentelyä sekä siirtämistä. Alumiinirunkoisen levykuivaimen massa on n.10 kg.

### 6.1.2 Ilmakuivaimet

Ilmakuivaimilla tarkoitetaan rakenteiden kuivauksen avuksi käytettäviä ilman kosteuden poistajia. Rakenteen ympäröivän ilman suhteellisen kosteuden laskemisella voidaan tehostaa rakenteen kykyä luovuttaa kosteutta ilmaan. Ilmakuivaimilla poistetaan koneellisesti ilmasta kosteutta. Kosteuden poistamiseen on eri menetelminä adsorptiokuivaimet, joiden toimintaperiaatteena on ilman kosteuden sitominen kuivaimessa olevaan kuivausaineeseen. Laitteessa ollessaan kosteasta ilmasta sitoutuu kosteus ja kuiva ilma puhalletaan takaisin huonetilaan. Näin saadaan laskettua huonetilan suhteellista kosteutta.

Ilmankuivaimia on myös kondensoivina. Kondensoivassa ilmankuivaimessa huonetilan ilma johdetaan jäähdyttimen lävitse, jolloin ilmassa oleva kosteus tiivistyy vedeksi. Vedet johdetaan kuivaimesta pois ja kuiva ilma johdetaan takai-

sin huonetilaan. Kondenssikuvainten käyttö kuivaustoiminnassa tulee kyseen tapauksissa, joissa ilman suhteellista kosteutta halutaan laskea nopeasti. Säiliöllisen kondenssikuvaimen asennus on mittaryhmän toimintaa nopeuttava verraten adsorptiokuvaimiin. Vesien poistaminen kondenssikuvaimesta aiheuttaa merkittävästi lisäkäyntejä kuivattavaan kohteeseen, joten kondenssikuvaimen käyttöä tulee aina harkita siten että järkevällä kuvainten käytöllä saavutetaan mahdollisimman tehokasta työskentelyä.



Kuva 15. Kuvassa adsorptiomenetelmällä toimiva kuvain, kuivausaine sijaitsee kuvaimen sisällä, johon sisäilma johdetaan.



Kuva 17. Kondenssimenetelmällä toimiva rakennuskuivain. Ilmasta kondensoitava vesi voidaan johtaa kuivaimeen tai kuivaimesta letkulla ulos.

Rakennuspuhaltimen käytöllä saavutetaan kuivattavan rakenteen pinnalle ilmavirta, joka parantaa kastuneen rakenteen kykyä luovuttaa kosteutta ympäröivään ilmaan. Ilmakuivainten toimintaperiaate on tuottaa ilmavirta sähköllä toimivalla propellilla. Rakennuspuhaltimien käyttö on hyvä tapa tehostaa rakenteen kuivumista yhdessä muiden kuivausmenetelmien kanssa.



Kuva 16. Rakennuspuhaltimen käyttö yhdessä muiden menetelmien kanssa on tehokas menetelmä nopeuttaa rakenteen kosteuden luovuttamista

## 7 Yhteenveto

Tämä opinnäytetyö on laadittu Master Kuivaus Oy:n kuivaus- ja mittaustoiminnan työsuunnittelun avuksi. Mittaustoiminnan työskentelyn huolellisella suunnittelulla voidaan saavuttaa säästöjä ajankäytössä ja sitä kautta kustannuksissa. Työn suunnittelussa on tärkeää muistaa laadun merkitys toiminnassa. Työskentelytapojen ja menetelmien tehokkuuden kasvattamisella ei saa olla heikentäviä vaikutuksia toiminnan laadukkuuteen.

Rakennuksissa tapahtuu runsaasti vesivahinkoja, joiden korjaukseen vaaditaan rakenteiden kuivauksia sekä kosteusmittauksia. Kuivausten ja kosteusmittausten suorittaminen tulee aina suorittaa siten, että jokaisen kohteen yksilölliset ominaisuudet otetaan huomioon. Vesivahinkokohteiden kuivaus on tärkeä osa rakenteen saattamista vahinkoa edeltävään kuntoon. Kuivaustöiden avuksi tällä opinnäytetyöllä selvitetään tapoja, menetelmiä sekä laitteita, joilla rakenteiden

kuivaustyöt voidaan toteuttaa. Jokaisella rakenteiden kuivaimia asentavalla henkilöllä tulee kuitenkin olla riittävä käsitys rakennusfysiikasta sekä kosteuden käyttäytymisestä rakenteessa.

Rakennusten kosteusmittauksien suorittaminen on aina tehtävä ohjeistuksien mukaisesti. Mittaukset tulee suorittaa luotettavin sekä tunnetuin menetelmin. Tällöin voidaan varmistua tulosten olevan luotettavia ja käytettävissä vesivahinkokohteen töiden etenemisessä.

Opinnäytetyössä laaditun selvityksen avulla voidaan havaita mittaus- ja kuivaustoiminnan menetelmiä, joilla työn tehokkuutta voidaan parantaa laadukkaasti. Työtehtävien sekä työmäärien seuraamisella pystytään reagoimaan yrityksen muuttuvaan työtilanteeseen. Tämä opinnäytetyö kertoo vesivahinkoalalla toimiville henkilöille kuivaustoimintaan liittyvät rakennusfysikaaliset rakenteen kuivumisen periaatteet, sekä antaa selvityksen toimintatavoista, joita voidaan kehittää.

Opinnäytetyötä tehdessä havaittiin vahinkoalalla olevan paljon normalisoituneita työskentelytapoja, joiden toimivuuteen ei ole kiinnitetty tarpeeksi huomiota. Työtapojen muuttaminen ei tapahdu nopeasti. Pitkäjänteisellä työllä sekä suunnitelmallisuudella työskentelyn tehokkuus saadaan kasvamaan kaikkia hyödyttävällä tavalla.

## Lähteet

- Finanssiala. 2022. Palo-, murto- ja vuotovahingot. Verkkoaineisto. <<https://www.finanssiala.fi/aiheet/palo-murto-vuotovahingot/#/>>. Luettu 14.4.2022
- Safe Drying. Kapillaarinen kosteus. Verkkoaineisto.<<https://www.safe-drying.fi/kapillaarinen-kosteus/>>. Luettu 3.5.2022
- Rakennustieto Oy. 2021. RT-103333 Betonin suhteellisen kosteuden mittaus
- Rakennustieto Oy. 2020. RT-103300 Langaton kosteudenhallintajärjestelmä
- Hyyppöläinen, T., Mattila, J., Lindberg, R. 1999. Kosteuskorjausten laadunvarmistus. Tampere: Tampereen teknillinen korkeakoulu
- Björkholtz, D. 1997. Lämpö ja kosteus Rakennusfysiikka Helsinki: Rakennustieto
- Eduskunnan tarkastusvaliokunnan julkaisu 2012. Rakennusten kosteus ja homeongelmat
- Pitkäranta, M. 2016. Ympäristöopas. Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus. Verkkoaineisto.<[https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/75517/YO\\_2016\\_Kuntotutkimusopas.pdf](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/75517/YO_2016_Kuntotutkimusopas.pdf)>. Luettu 3.5.2022.
- Sisäilmayhdistys ry. Kosteusmittaukset. Verkkoaineisto. <<https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Ongelmien-tutkiminen/Rakennustekniset-tutkimukset/Kosteusmittaukset>>. Luettu 3.5.2022
- Kosteudenhallinta. 2020. Toimenpiteet. Verkkoaineisto.<<http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/toimenpiteet/mittaus/103-rakenteista-tehtaevaet-mittaukset>>. Luettu 3.5.2022
- Betoniteollisuus ry. Betonilattian pintatarvikkeet. Verkkoaineisto. <<https://betoni.com/arkkitehtisuunnittelu/arkkitehtisuunnittelu/lattiat/betonilattian-pintatarvikkeet/>>. Luettu 3.5.2022
- Rakentamisen sertifikaatit. 2018. Kosteusmittaustulosten vaatimusten mukainen raportointi. Verkkoaineisto. <[https://rakentamisesertifikaatit.fi/uutiset/kosteusmittaustulosten\\_raportointi\\_042018](https://rakentamisesertifikaatit.fi/uutiset/kosteusmittaustulosten_raportointi_042018)>.

Kosteudenhallinta. 2020. Rakenteiden kuivuminen. Verkkoaineisto. <<http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakennushankkeen-vaiheet/rakentamisvaihe/rakenteiden-kuivuminen>>. Luettu 3.5.2022

## **Työlistaus työmaalle**

Työmaalla käytettävä listaus, jossa selvitetään tilan käyttäjälle kohteessa tehtäviä töitä, sekä informoidaan töiden etenemisestä.



## Työlista

Kohteessa käyty: _____	Työ jatkuu: _____
Kohteessa käyty: _____	Työ jatkuu: _____
Kohteessa käyty: _____	Työ jatkuu: _____
Kohteessa käyty: _____	Työ jatkuu: _____
Kohteessa käyty: _____	Työ jatkuu: _____
Kohteessa käyty: _____	Työ jatkuu: _____
Kohteessa käyty: _____	Työ jatkuu: _____
Kohteessa käyty: _____	Työ jatkuu: _____
Kohteessa käyty: _____	Työ jatkuu: _____
Kohteessa käyty: _____	Työ jatkuu: _____
Kohteessa käyty: _____	Työ jatkuu: _____
Kohteessa käyty: _____	Työ jatkuu: _____
Kohteessa käyty: _____	Työ jatkuu: _____
<p style="text-align: center;">Kohteeseen suoritetaan kuivaus- ja mittaustöitä.            Kuivaus- ja mittaustöitä suoritetaan viikoittain. Mittaaja ottaa yhteyttä ennen seuraavaa käyntiä.            Mikäli suoritettavista töistä kysyttävää ottakaa yhteyttä toimistoomme            toimisto@masterkuivaus.fi tai (09) 8196 3554</p>	

## **Mittaryhmien työmäärän seurain**

Mittaryhmän työmäärän seuraamiseen laadittu taulukko, jolla voidaan seurata mittaryhmien kohdekäyntien määrää ja reagoida muuttuviin tarpeisiin.

Keikkamäärät



	ma	Kuiv. as	Sammutus	poraus	mittaus	Gann	nouto	yht.	ei ehtinyt
<u>MR 1</u>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<u>MR 2</u>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<u>MR 3</u>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<hr/>									
	ti								
<u>MR 1</u>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<u>MR 2</u>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<u>MR 3</u>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<hr/>									
	ke								
<u>MR 1</u>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<u>MR 2</u>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<u>MR 3</u>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<hr/>									
	to								
<u>MR 1</u>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<u>MR 2</u>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<u>MR 3</u>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<hr/>									
	pe								
<u>MR 1</u>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<u>MR 2</u>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<u>MR 3</u>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<hr/>									
Yht:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<hr/>									