

Sampsa Raevaara

Päiväkodin uudisrakennustyömaan kosteudenhallinta

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

16.10.2016

Tekijä Otsikko	Sampsa Raevaara Päiväkodin uudisrakennustyömaan kosteudenhallinta
Sivumäärä Aika	36 sivua + 2 liitettä 16.10.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Rakennetekniikka
Ohjaajat	Lehtori Jouni Ruotsalainen Valvontapäällikkö Esko Lindblad
<p>Tämän insinööriyön aiheena oli toteuttaa Itä-Hakkilan päiväkodin uudisrakennustyömaalle kosteudenhallintasuunnitelma, sekä käsitellä kosteudenhallinnan teoriaa yleisellä tasolla. Vantaan kaupungille toteutettua kosteudenhallintasuunnitelmaa on tarkoitus käyttää esimerkkipohjana Vantaan kaupungin tulevissa rakennushankkeissa. Vantaan kaupunki tulee vaatimaan urakoitsijoilta vastaavan laajuuden omaavia kosteudenhallintasuunnitelmia tulevissa kohteissaan.</p> <p>Työn tavoitteena oli toteuttaa toimiva kosteudenhallintasuunnitelma, joka ottaa huomioon kosteudenhallintaan liittyvät asiat, niiden tarvitsemassa laajuudessaan. Työhön kerättiin myös yleisellä tasolla tietoa kosteudenhallinnasta sekä käsiteltiin keinoja ongelmien ratkaisemiseksi ja ennakoimiseksi. Tarkoituksena oli saada opinnäytetyöstä sopivan laaja tietopaketti asiaan perehtymättömille suunnittelijoille, sekä kaikille urakoitsijoille ja tilaajille.</p> <p>Opinnäytetyössä tarkasteltiin kosteudenhallintaa kokonaisuutena ja pohdittiin siihen vaikuttavia tekijöitä. Työssä haettiin apukeinoja yleisimpiin ongelmiin ja yritettiin tuoda esille usein toistuvia virheitä.</p> <p>Työn lopputuloksena voidaan todeta kosteudenhallinnan olevan todella laaja ja monimutkainen kokonaisuus, minkä kehittämisessä on vielä paljon työtä tehtävänä. Hyvin hoidettuna, se tulee kuitenkin säästämään rahaa pitkällä aikavälillä.</p> <p>Opinnäytetyöstä syntyi tiivis tietopaketti kosteudenhallinnasta, mikä antaa hyvät lähtötiedot aiheen parissa työskenteleville. Se antaa myös kokeneemmille tekijöille ideoita, mistä aihealueista oppia voisi syventää. Toimiva kosteudenhallinta ei ole pelkkiä tyhjiä lupauksia, vaan yhdessä toteutettuja konkreettisia tekoja kohti parempaa rakentamista.</p>	
Avainsanat	Kosteudenhallinta, kosteudenhallintasuunnitelma, uudisrakentaminen, päiväkotito, valvonta

Author Title	Sampsa Raevaara Moisture Management for Building site of New Daycare Centre
Number of Pages Date	36 pages + 2 appendices 16 October 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	Structural Engineering
Instructors	Jouni Ruotsalainen, Senior Lecturer Esko Lindblad, Head of Supervision
<p>The subject of this thesis was to implement a moisture management plan for the new building site of Itä-Hakkila daycare centre, as well as to examine moisture management theory in general. This moisture management plan executed for the City of Vantaa is meant to be used as an example for future construction projects. From contractors, the City of Vantaa will demand the same kind of moisture management plans for its future construction projects.</p> <p>The aim was to implement an effective moisture management plan that considers the issues related in managing moisture, to the extent necessary. Information was collected on a general level about moisture management, and tools were researched to resolve and predict problems. The goal was to create a thesis that is extensive enough for inexperienced designers, as well as to all contractors and customers.</p> <p>The thesis examines moisture management as a whole and discusses the factors affecting it. The study researched tools for solving the most common problems and aimed to reveal the most frequent flaws.</p> <p>In conclusion, moisture management can be considered to be truly extensive and complex subject, and its development still requires a lot of work. It can also be noted that when well managed, it will save money in the long run.</p> <p>The thesis is a concise information pack about moisture management, which provides useful source information for people involved in moisture management. It will also provide ideas for the more experienced. Effective moisture management involves concrete actions undertaken jointly, towards better constructing.</p>	
Keywords	Moisture management, moisture management plan, new building, daycare centre, supervision

Sisällys

Sanasto ja lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Kosteus	1
2.1	Veden olomuodot	1
2.2	Ilman suhteellinen kosteus	3
2.3	Kosteuden siirtymistavat	4
2.3.1	Kapillaarinen virtaus	5
2.3.2	Diffuusio	5
2.3.3	Konvektio	6
2.3.4	Painovoimainen veden liike	6
2.3.5	Tuulenpaineen vaikutus	6
3	Kosteudenhallinnan teoria	6
3.1	Materiaalien kastumisen hallinta	6
3.2	Materiaalien vaihtaminen	8
3.3	Betonin kuivuminen	9
3.3.1	Lämpötilan ja suhteellisen kosteuden merkitys betonin kuivumiseen	10
3.3.2	Ilmanvaihto	10
3.3.3	Betonin kiviaineksen rakeisuus (H)	11
3.3.4	Vesi-sementtisuhte (v/s)	11
3.3.5	Betonin notkeus	11
3.3.6	Liian nopea kuivattaminen	11
3.3.7	Kuivumisaikojen arvioiminen	12
3.3.8	Hyväksyttävät mittausmenetelmät	12
3.4	Rakennekosteuden vaikutukset	15
3.5	Materiaalivalinnat	17
3.6	Kosteudenhallintasuunnitelma	20
4	Kosteudenhallinta rakennushankkeen eri vaiheissa	23
4.1	Hankesuunnittelu	23
4.2	Luonnossuunnittelu	23
4.3	Toteutussuunnittelu	24
4.4	Rakentamisvaihe	25
4.5	Viritys ja vastaanotto	25

4.6	Käyttö ja huolto	25
5	Itä-Hakkilan uudisrakennustyömaan kosteudenhallinta	26
5.1	Kosteudenhallinnan tavoite	26
5.2	Kosteudenhallintasuunnitelma	27
5.3	Materiaalien kastumisen ehkäiseminen	27
5.4	Kuivumisaika-arviot	28
5.5	Lattioiden pinnoitusolosuhteet	28
5.6	Valvontakäynnit ja mittaukset	29
6	Kosteudenhallinnan kehittäminen	31
6.1	Kosteudenhallinta yhteiseksi päämääräksi	31
6.2	Kosteudenhallinnan näkeminen sijoituksena tulevaisuuteen	32
7	Johtopäätökset	33
8	Yhteenveto	33
	Lähteet	35
	Liitteet	
	Liite 1. Työmaan kosteudenhallintasuunnitelma	
	Liite 2. Riskirakenteiden rakennedetailit	

Sanasto ja lyhenteet

Alkalinen materiaali	Materiaali, jonka pH on korkea, eli materiaali on emäksinen.
Kapillaarinen nostokorkeus [m]	Kapillaarivoiman aiheuttama nesteen ylin nousukorkeus materiaalissa. Hienorakenteinen maalaji nostaa nestettä korkeammalle. Saven nostokorkeus voi olla jopa 10 metriä ja karkean hiekan noin 4-15 cm.
Kosteuskapasiteetti	Aineen kyky sitoa ja luovuttaa kosteutta.
Luonnollinen konvektio	Ilman tiheyseroista johtuvaa pystysuoraa ilman virtausta.
Rakennuskosteus	Rakennusaineisiin ja -tarvikkeisiin valmistuksen, varastoinnin tai rakentamisen aikana joutunutta ylimääräistä kosteutta.
RH [%]	Ilman suhteellinen kosteus prosentteina.
Sääsuojat	Sääsuoja on tilapäiseen käyttöön tehty suojarakenne, jonka tarkoituksena on suojata työkohte, työntekijät ja rakennusmateriaalit sään ja sen muutosten vaikutuksilta, kuten sateelta, lumelta, jäältä, tuulelta, pakkaselta tai liialta auringonvalolta.
VOC-yhdisteet	Haihtuvat orgaaniset yhdisteet.
Z	Materiaalin vesihöyrynvastus.

1 Johdanto

Kosteudenhallinta on ajankohtainen aihe Suomessa, vaikka aihe on ollut esillä jo pitkään. Toimintamalleja on kehitetty ahkerasti ja osaamista on jaettu mahdollisimman paljon. Lopputulokset määräävät kuitenkin onnistumisen ja siinä on vielä parantamisen varaa. Monimutkaistuva rakentaminen, ulkomainen työvoima ja työmenetelmien tehostaminen luovat jatkuvasti uusia haasteita kosteudenhallinnan onnistumiselle. Kosteudenhallinta on kokonaisuutena suuri osa-alue, eikä sen hallitseminen ole itsestäänselvyys.

Opinnäytetyö tehdään Suomen Sisäilmakeskus Oy:lle, joka on rakennusterveyden ja sisäilmaston asiantuntija. Yritys on erikoistunut rakennuksista aiheutuvien terveyshaittojen selvityksiin sekä sisäilmahaittojen kokonaisvaltaiseen ratkaisemiseen. Rakentamisen aikainen kosteudenhallinta on ennakoivaa työtä, jotta yllä mainittuja ongelmia ei pääsisi syntymään. Suomen Sisäilmakeskus tarjoaa konsulttipalveluja kaikissa kosteuden ja sisäilmaan liittyvissä ongelmissa, sekä niiden ehkäisemisessä. Suomen Sisäilmakeskus Oy:n omistaa Hengitysliitto ry.

Opinnäytetyön aiheena on toteuttaa Vantaan kaupungin uudisrakennuskohteeseen, Itä-Hakkilan päiväkodin työmaalle kosteudenhallintasuunnitelma sekä suorittaa valvonta- ja mittauskäyntejä. Kohde rakennetaan teräsbetonirunkoiseksi ja siinä tulee olemaan kaksi kerrosta. Katto on pulpettimuotoinen.

Opinnäytetyö käsittelee kohteen kosteudenhallinnan lisäksi yleisesti kosteudenhallinnan teoriaa ja kosteudenhallinnan nykytilaa Suomessa. Opinnäytetyön tiedonlähteinä käytetään alan kirjallisuutta, internet-lähteitä, sekä omaa työkokemusta aiheesta.

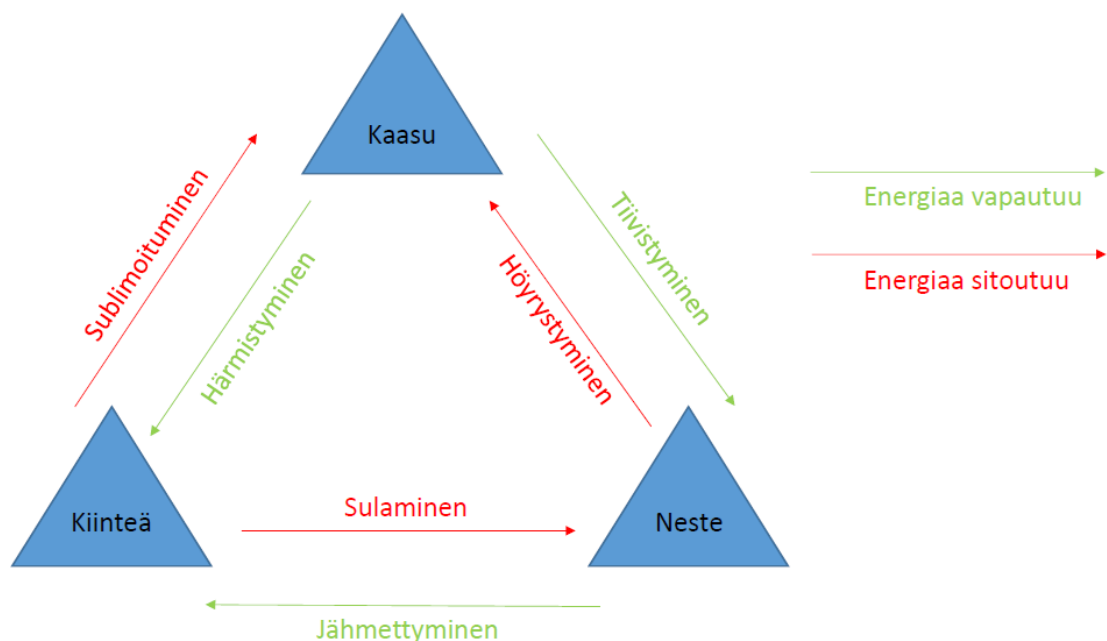
2 Kosteus

2.1 Veden olomuodot

Vesi esiintyy kolmessa eri olomuodossa, kaikilla olomuodoilla on omat erityispiirteensä. Kylmimmästä alkaen olomuodot ovat kiinteä, neste ja kaasu. Veden olomuodot tunnetaan myös nimityksillä jää, vesi ja vesihöyry. [10.]

Rakentamisen kannalta on tärkeää ymmärtää veden eri olomuotojen ja niiden muutoksien ominaisuudet. Kiinteässä muodossa vesi ei käytännössä läpäise ainetta ollenkaan, mutta kaasuna se läpäisee pitkän ajan kuluessa lähes kaikki materiaalit, poikkeuksena lasi ja teräs. Edes siveltävä vedeneriste ei ole täysin hengittämätön materiaali. Vesihöyryn liikkuminen vedeneristeen läpi on hidasta, mutta sitä tapahtuu. Koska vesi käyttäytyy eri olomuodoissa eri tavoilla, voidaan toteuttaa materiaaleja, jotka läpäisevät vettä vain tietyissä olomuodoissa.

Vedellä on kuusi erilaista olomuodon muutosta. Muutoksiin liittyy aina energian vapautumista tai sitoutumista.



Kuvio 1. Veden olomuodon muutokset.

Puhtaan veden olomuotojen muutoksiin vaikuttavat vallitseva ulkoisen aineen paine ja lämpötila. Yhden baarin normaalipaineessa muutokset tapahtuvat lämpötiloissa 0 °C ja +100 °C. Vesi esiintyy kiinteänä alle 0 °C lämpötiloissa, nesteinä 0-100 °C lämpötiloissa ja kaasuna yli +100 °C lämpötiloissa. [11.]

2.2 Ilman suhteellinen kosteus

Yllä mainituilla lämpötila-alueilla esiintyvien veden olomuotojen lisäksi vettä esiintyy aina ilmaan sitoutuneena vesihöyrynä. Ilmaan sitoutunut vesihöyry on massaltaan vähäistä. Kuutiometriin ilmaa pystyy sitoutumaan vain 17,3 g vesihöyryä, kun ilman lämpötila on +20 °C. Mitä lämpimämpää ilma on, sitä enemmän se pystyy sitomaan vesihöyryä itseensä.

Taulukko 1. Ilman kosteussisältö kuutiota kohden lämpötiloissa 0...20 °C, suhteellisen kosteuden ollessa 60 %, 70 %, 80 %, 90 % ja 100 %.

Lämpötila	RH 100% [g/m ³]	RH 90% [g/m ³]	RH 80% [g/m ³]	RH 70% [g/m ³]	RH 60% [g/m ³]
0	4,85	4,37	3,88	3,40	2,91
1	5,21	4,69	4,17	3,64	3,12
2	5,58	5,02	4,47	3,91	3,35
3	5,98	5,38	4,78	4,19	3,59
4	6,40	5,76	5,12	4,48	3,84
5	6,84	6,16	5,47	4,79	4,11
6	7,31	6,58	5,85	5,12	4,39
7	7,80	7,02	6,24	5,46	4,68
8	8,32	7,49	6,66	5,83	4,99
9	8,87	7,98	7,10	6,21	5,32
10	9,45	8,51	7,56	6,62	5,67
11	10,06	9,06	8,05	7,04	6,04
12	10,71	9,64	8,56	7,49	6,42
13	11,39	10,25	9,11	7,97	6,83
14	12,10	10,89	9,68	8,47	7,26
15	12,86	11,57	10,29	9,00	7,71
16	13,65	12,29	10,92	9,56	8,19
17	14,49	13,04	11,59	10,14	8,69
18	15,37	13,84	12,30	10,76	9,22
19	16,30	14,67	13,04	11,41	9,78
20	17,28	15,56	13,83	12,10	10,37

Aiheen ympärillä käytetään paljon termistöä, jonka ymmärtäminen on tärkeää. Tässä opinnäytetyössä suhteellista kosteutta ja siihen liittyvää termistöä käsitellään pelkästään normaalipaineessa.

- Vesihöyryn osatiheys, ilman absoluuttinen kosteus tai ilman kosteussisältö

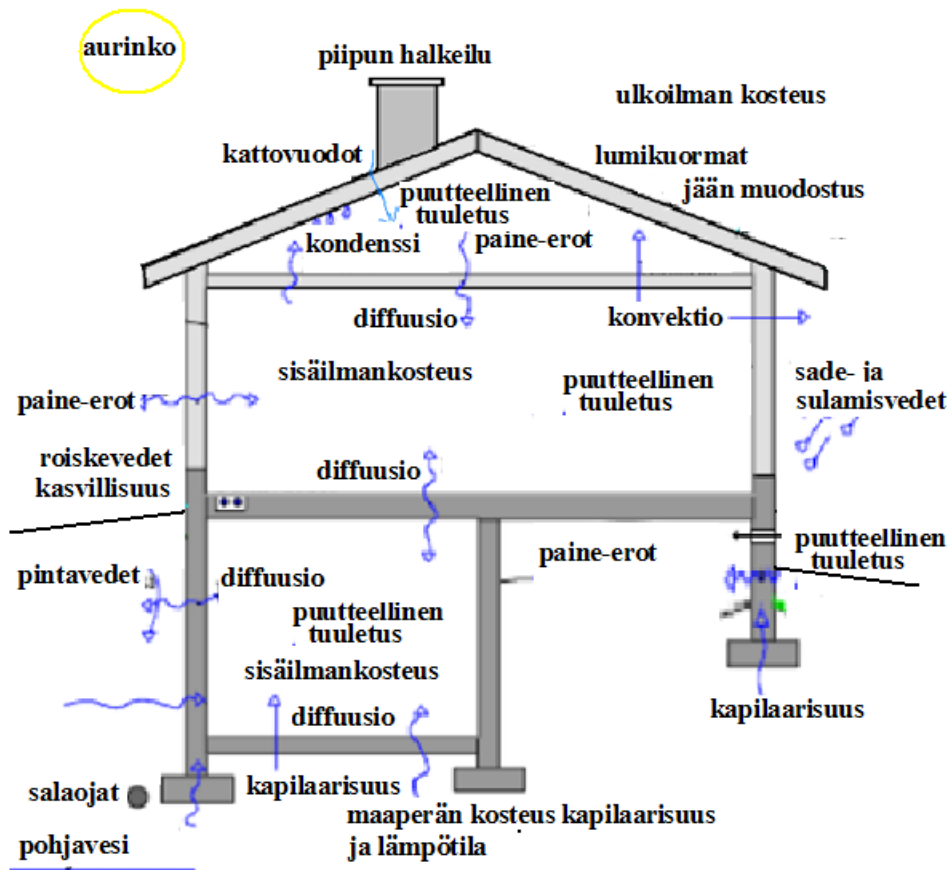
Suure ilmaisee ilman sisältämän vesihöyryn massan. Yksikkönä käytetään tavallisesti grammaa kuutiometrissä [g/m³].

- Kylläisen höyryn paine
Suure ilmaisee vesihöyryn suurinta mahdollista painetta tietyssä lämpötilassa. Yksikkönä käytetään tavallisesti Pascalia [Pa].
- Vesihöyryn osapaine
Osapaineella tarkoitetaan vesihöyryn painetta ilmassa. Vesihöyryn osapaineen avulla voidaan määrittää ilman kosteuspitoisuus, kun tiedetään ilman lämpötila. Yksikkönä käytetään tavallisesti Pascalia [Pa].
- Ilman kyllästyskosteus
Ilmaisee ilman suurinta mahdollista kosteussisältöä tietyssä lämpötilassa. Yksikkönä käytetään tavallisesti grammaa kuutiometrissä [g/m^3].
- Kondensoituminen
Vesihöyryä sisältävän ilman jäähtyessä, sen kyllästyskosteus laskee. Jos kyllästyskosteus laskee alle sen kosteussisällön, alkaa vesihöyryä tiivistyä ympäröiville pinnoille. Tätä ilmiötä kutsutaan kondensoitumiseksi.
- Kastepistelämpötila tai kastepiste
Kastepiste kertoo mihin lämpötilaan ilma pystyy jäähtymään ilman että kondensoitumista alkaa tapahtua. Yksikkönä käytetään tavallisesti celsiusastetta [$^{\circ}\text{C}$].
- Ilman suhteellinen kosteus
Ilmaisee tietyn lämpöisen ilman kosteussisällön suhdetta kyllästyskosteuteen. Voidaan käsitellä vesihöyryn massan tai osapaineen avulla. Yksikkönä käytetään prosenttiyksikköä [%].

[11.] [12.]

2.3 Kosteuden siirtymistavat

Kosteus voi siirtyä monella eri tavalla. Rakentamiseen liittyvässä kosteudenhallinnassa yleisimmät ja tärkeimmät siirtymistavat ovat esitetty alla.



Kuva 1. Taloa kosteudelle altistavia tekijöitä. [16.]

2.3.1 Kapillaarinen virtaus

Kapillaarisuudella tarkoitetaan rakennusmateriaalin tai maa-aineksen kykyä imeä ja kuljettaa kosteutta. Hienorakeiset materiaalit nostavat vettä korkeammalle kuin suurirakeiset. Aineen kapillaarisuudella on iso merkitys pohjarakenteiden kanssa, koska maaperässä on aina kosteutta.

2.3.2 Diffuusio

Diffuusiosta kosteus siirtyy vesihöyryinä. Vesihöyry siirtyy aina suuremmasta osapaineesta pienemmän suuntaan. Materiaalin vesihöyrynvastus (Z) vaikuttaa kosteuden siirtymisnopeuteen. Diffuusion merkitys on suuri suunniteltaessa rakenteiden rakennekerroksia.

2.3.3 Konvektio

Konvektio on ilmavirran siirtämää kosteutta. Konvektio aiheuttaa ongelmia ilman virratessa lämpimästä ja kosteasta tilasta kylmempään tilaan. Konvektion mukana kosteutta saattaa siirtyä suuriakin määriä ja se on merkittävä tekijä rakennuksen ilmavuodoissa.

2.3.4 Painovoimainen veden liike

Nestemäisessä muodossa esiintyvä vesi liikkuu pääasiassa painovoimaisesti. Pintavedet ja sadevedet liikkuvat rakenteita ja maaperää pitkin alaspäin, pintoja mukaillen. Väärin ohjatut ja vapaasti liikkuvat hulevedet voivat aiheuttaa merkittäviä kosteusvaurioita rakenteille.

2.3.5 Tuulenpaineen vaikutus

Vähemmän huomioitu, mutta merkittävä kosteuden siirtymistapa on tuulenpaineen vaikutuksesta liikkuva vesi. Katoille ja julkisivuille satava vesi saattaa ajoittain kulkeutua jyrkkääkin pintaa ylöspäin tuulen voimasta. Vesi saattaa päästä silmämääräisesti mahdottomiin paikkoihin, kuten limitettyjen peltien, tai ikkunapellityksien taakse. Ilmiö on ajoittainen, mutta kovaan sateeseen yhdistettynä se saattaa kastella isojakin alueita rakenteissa.

[10.]

3 Kosteudenhallinnan teoria

3.1 Materiaalien kastumisen hallinta

Rakennushankkeen aikana materiaalit saattavat kastua jo kuljetuksessa, tai vasta suojaamattomassa keskeneräisessä rakennuksessa. Materiaalien kuljetus tulee vaatia aina sääsuojattuna. Rakennusmateriaalien myyntipakkaukset eivät ole sääsuoja, eivätkä takaa materiaalien saapumista perille kuivina. Materiaalien saapuessa työmaalle, tulee purun tapahtua hallitusti. Saapuvat materiaalit tarkastetaan ja kastuneet palautetaan. Työmaan tulee ottaa kuorma vastaan ja suojata se välittömästi. Vaihtoehtoisesti

rakennustyömaalle voidaan toteuttaa sääsuojattu tila, johon kuljettaja sitoutuu purkamaan kuorman. Kuormaa ei saa purkaa sääsuojaamattomalle alueelle, ilman työmaan henkilökunnan läsnäoloa.

Työmaalla säilytettävät rakennusmateriaalit säilytetään aina maasta irti ja erillisellä sääsuojalla suojattuina. Työmaalla aina sääsuojalla suojattavia materiaaleja ovat kaikki paitsi muovi-, lasi- ja teräsrakenteet. Teräsrakenteissa on huomioitava erikseen ruostumisen riskit ja niiden vaikutukset käytettävään rakenneosaan.

Rakennettavan rakennuksen sääsuojaus tulisi toteuttaa viimeistään perustusten valamisen jälkeen. Suojaus voidaan purkaa, kun rakennuksen vaippa (vesikatto ja julkisivu) ovat täysin tiiviitä ja valmiita. Aikataulussa huomioituna ja hyvin suunniteltuna, voidaan kantavat rakenteet ja vesikatto rakentaa ilman sääsuojausta. Jos kantava runko rakennetaan ilman sääsuojausta, tulee sillä olla olosuhteiden puolesta mahdollisuus, sekä riittävästi aikaa kuivua ennen pintarakenteiden asentamista. Rakenteiden kosteus tulee määrittää betonirakenteiden osalta porareikä- tai näytepalamittauksin. Pintakosteusmittaukset ovat aina vain suuntaa antavia mittauksia, eikä niiden perusteella voida ohjata rakennustöitä.

Keskeneräisen rakennuksen sääsuojauksessa tulee huomioida normaalin sateen lisäksi lumi, jää, viistosateet, tuuli, aurinko, sekä ilmankosteus. Lumi ja jää saattavat aiheuttaa yllättäviä ja merkittäviä kuormia keskeneräisille rakenteille. Viistosateet saattavat tunkeutua rakenteisiin huomaamattomista paikoista. Peltikatolla vesi voi liikkua yläviistoon pitkiäkin matkoja kovan tuulen voimasta. Kuuma auringonpaiste voi olla haitallista betoni- ja maalaustöille. Ilmankosteuden merkitys tulee huomioida ainakin kesäkuukausina, jolloin se saattaa saavuttaa rakennuksen sisäpuolisen kosteuden, vaikka rakennusta tuuletettaisiin oikeaoppisesti. Betonirakenteiden ja tasoitteiden kuivuminen saattaa pysähtyä tai hidastua merkittävästi. Tällöin tuulettaminen voi muuttua haitalliseksi ja tila tulee saada tiiviimmäksi.



Kuva 2. Espoon sairaalan sääsuojaus. [14.]

3.2 Materiaalien vaihtaminen

Suojauksista huolimatta joskus rakennusmateriaalit altistuvat kosteudelle. Syy voi olla pettäneissä suojuuksissa, putken tai laitteen rikkoutumisessa, tai muussa odottamattomassa tapahtumassa.

Jos kastunut materiaali on lasia, muovia tai terästä, ei sen kuivaaminen vaadi suuria toimenpiteitä. Edellä mainitut materiaalit eivät ole myöskään hyviä alustoja mikrobikasvustolle. Suulakepuristetut eristelevyt kestävät pääasiassa hyvin vettä, mutta niiden asentaminen pintamärkänä ei ole suositeltavaa.

Puiset rakenneosat imevät itseensä sitä enemmän vettä, mitä pidempään ne ovat altistuneena vedelle. Puisten runko-osien kuivattaminen on mahdollista ilman, että niihin tulee pysyviä vaurioita. Kuivumisen onnistuminen tulee todeta puulle tarkoitetulla piikkikosteusmittarilla. Tarvittaessa puusta voidaan ottaa myös materiaalinäyte mikrobiviljelyä varten. Puuhun kuivumisen jälkeen jääneet kuivumisjäljet, tai muut ulkonäkömuutokset ovat merkki aiheellisesta materiaalinäytteen viljelystä. Vanerit ja muut puupohjaiset levyt tulee vaihtaa niiden altistuttua vedelle.

Kastunut betoni on mahdollista kuivattaa turvallisesti. Kuivumiseen tulee varata runsaasti aikaa ja betonin kuivuminen voidaan todeta ainoastaan poreikä- / näytepalamitauksilla. Vedelle altistunutta betonia ei voi pinnoittaa ennen kuin se on kauttaaltaan kuivunut tavoitearvoonsa ja kuivumisen onnistuminen on todettu asianmukaisin mittauksin. Betonille soveltuvat ohjeet pätevät myös tiilirakenteille.

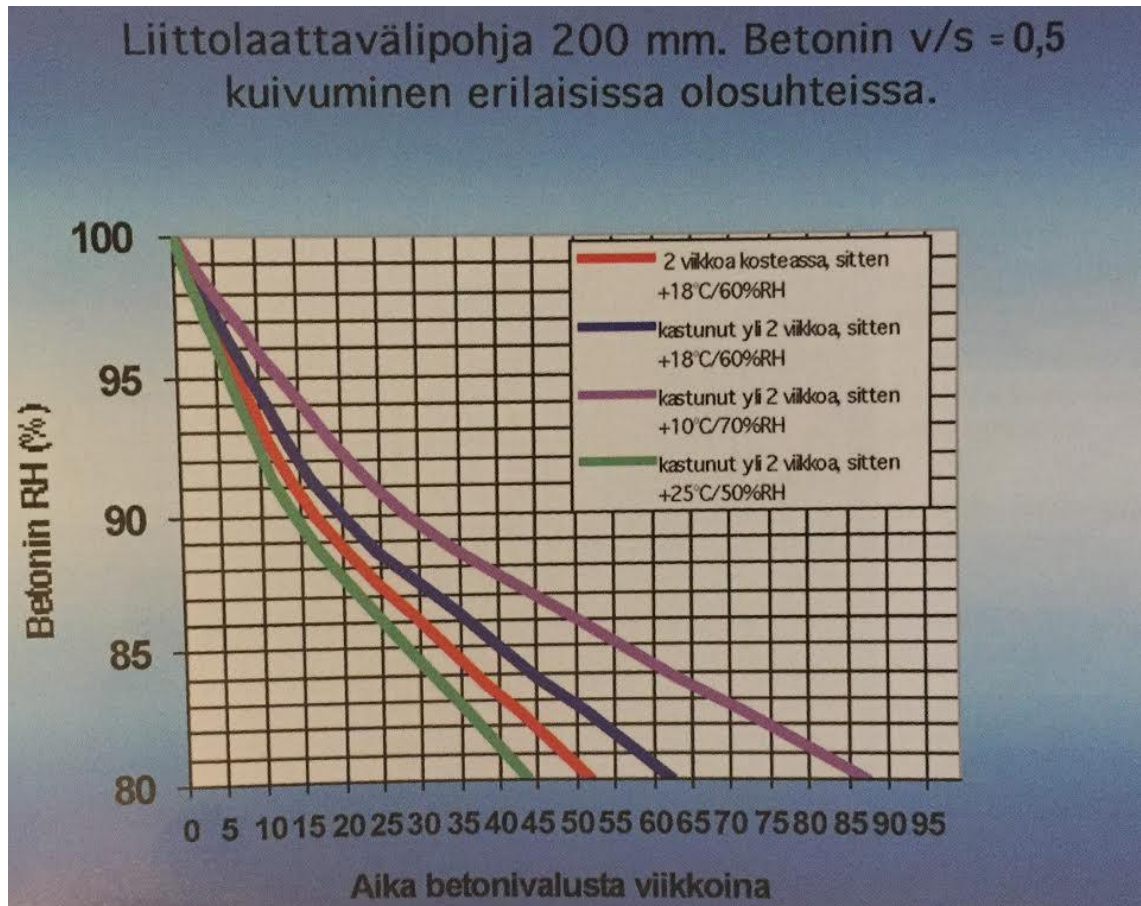


Kuva 3. Keskeneräisen katon ja puuttuvan sääsuojauksen vuoksi kastunut betonilaatta. [15.]

Yllä mainittujen lisäksi rakennustyömaalla useasti kastuvia materiaaleja ovat mineraalivillat ja kipsilevyt. Niiden kuivattaminen ei ole suositeltavaa missään olosuhteissa. Altistuneet materiaalit tulee vaihtaa kuiviin.

3.3 Betonin kuivuminen

Koska betonin kuivattaminen on hidas prosessi ja sen vaikutus muihin työvaiheisiin on merkittävä, kannattaa siinä ottaa kaikki mahdollinen huomioon. Pieneltä tuntuvat muutokset saattavat vaikuttaa lopulliseen kuivumisaikaan viikkoja tai kuukausia.



Kuva 4. Paksun liittolaatan kuivuminen eri olosuhteissa. [7.]

3.3.1 Lämpötilan ja suhteellisen kosteuden merkitys betonin kuivumiseen

Tilan lämpötilan nostaminen laskee tilan suhteellista kosteutta. Suhteellisen kosteuden laskiessa betonirakennetta ympäröivän ilman on mahdollista sitoa enemmän kosteutta itseensä, mikä nopeuttaa betonin kuivumista. Suhteellisen kosteuden täytyy olla aina reilusti alle 100 %, jotta kuivumista tapahtuu. Hyvissä kuivumisolosuhteissa suhteellinen kosteus on alle 50 % ja lämpötila yli +20 °C. [1.]

3.3.2 Ilmanvaihto

Suhteellisen kosteuden noustessa tavoitearvojen yläpuolelle, lämpötilan nostosta huolimatta, tulee ilman vaihtuvuutta tehostaa. Kuivatettavan tilan absoluuttisen kosteuden ollessa ulkoilman absoluuttista kosteutta selvästi korkeampi, on tilan ilmanvaihto riittämätön. Kesäkuukausia lukuun ottamatta (kesä-, heinä-, elokuu), ulkoilman absoluuttinen kosteus on pääasiassa tarvittavan alhainen, jotta ulkoilma toimii korvausilmana

ilman erillistä kuivatusta. Kesäkuukausina tarvitaan mahdollisesti lisäksi ilmankuivatusjärjestelmä. Ilmankuivatusjärjestelmää käytettäessä tulee kiinnittää huomiota tilan ilma- vaihtoon. Jos ilmaa kuivatetaan tilassa alle korvausilman absoluuttisen kosteuden, tulee ilman vaihtuvuutta rajoittaa. Muuten ajaudutaan tilanteeseen, jossa kuormitetaan kuivatusjärjestelmää kostealla korvausilmalla. [1.]

3.3.3 Betonin kiviaineksen rakeisuus (H)

Suurempi raekoko ja jatkuva runkoainekäyrä vähentävät betoniseoksen vedentarvetta [13]. Vaativissa kohteissa kannattaa kosteudenhallinta aloittaa jo betonin suhteituksesta. Raekoon kasvattamisella on kuitenkin myös epäedullisia vaikutuksia työstettävyyteen, betonin lujuteen sekä se tulee ottaa huomioon raudoitusten suunnittelussa [1.]

3.3.4 Vesi-sementtisuhte (v/s)

Vesi-sementtisuhte määrää betonirakenteen sisältämän vesimäärän kuivumisen alkaessa. Osa vedestä sitoutuu betoniin kemiallisesti, eikä sitä tarvitse kuivattaa pois. Kemiallisesti sitoutumaton vesi määrittää betonin huokostilan suhteellisen kosteuden, jonka perusteella betonirakenteen kosteuspitoisuutta arvioidaan. Betonin vesi-sementtisuhte tulee ottaa huomioon jo suunnitteluvaiheessa. [1.]

3.3.5 Betonin notkeus

Betonin työstettävyyttä voidaan parantaa betoniin sekoitettavilla notkistimilla. Notkistimien avulla voidaan vesi-sementtisuhte pitää pienempänä ja saada betonirakenne kuivumaan nopeammin. Joidenkin notkistimien käyttö voi lisätä betonirakenteen kutistumaa. Aikataulultaan tiukoissa projekteissa kannattaa harkita notkistimien käyttöä betonimassassa. [1.]

3.3.6 Liian nopea kuivattaminen

Liian nopea betonin kuivattaminen aiheuttaa betonin halkeilua. Tästä syystä kuivumisaikojen suunnittelussa tulee ottaa huomioon noin kahden viikon mittainen jälkihoito betonipinnalle. Lattialämmityksen käyttö betonilaatan kuivattamisessa on suositeltavaa, mutta lämmitystehoa ei saa nostaa liian suureksi. Erilliset lämmittimet ja puhaltimet

tulee myös suunnata niin, etteivät ne vaurioita betonipintaa. Lämmitintä tai puhallinta ei saa suunnata suoraan laatan pintaan, ellei se ole tarpeeksi kaukana. [1.]

3.3.7 Kuivumisaikojen arvioiminen

Betonilaattojen kuivumisaikoja voidaan arvioida, kun tiedetään rakenteen paksuus, liittyvät rakenteet, betonimassan osa-aineiden suhteet ja kuivumisolosuhteet [7.]. Betonirakenteen tavoitekosteuden määrittää yleensä siihen asennettava pintamateriaali, mutta myös muut liittyvät rakenneosat tulee huomioida. Betonirakenteessa tulee arvioida sen mahdollisuus kuivua pinnoittamisen jälkeen. Esimerkiksi välipohjalaatan pintamateriaalina voi olla epoksinnoite, joka kestää yli RH 90 % kosteuden. Kuitenkaan laatan alapuolelle kiinnitettävä ääneneristysjärjestelmä ei kestä suuria kosteusrasituksia. Ennenaikaisella laatan pinnoituksella aiheutetaan laatan kuivumisen merkittävä hidastuminen, mikä aiheuttaa riskin alapuolisen ääneneristyslevytyksen vaurioitumisesta.

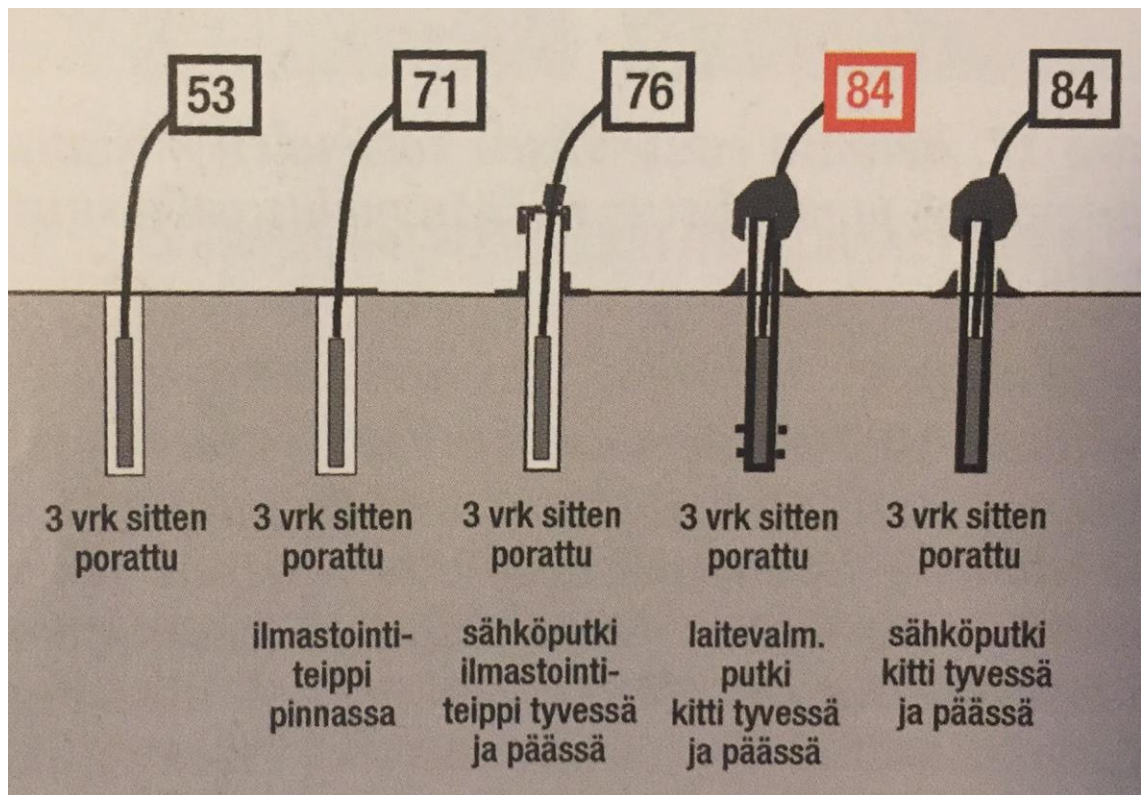
3.3.8 Hyväksyttävät mittausmenetelmät

Betonirakenteen kosteutta mitataan pääasiassa kahdella hyväksytyllä menetelmällä. Rakenteen ja sisäilman ollessa +18 – 22 °C, eikä suurta lämpötilavaihtelua ole tiedossa, voidaan käyttää mittaamiseen porareikämenetelmää. Rakenteen tai sisäilman lämpötilan ollessa <18 °C tai >22 °C, on suositeltavaa käyttää näytepalamenetelmää. Molemmissa menetelmissä mitataan betonirakenteen ilmahuokosten suhteellista kosteutta.

Porareikämenetelmä

Betonirakenteen suhteellisen kosteuden mittaamiseen porareikämenetelmällä, kuluu aikaa vähintään kolme vuorokautta. Se on paljon hitaampi menetelmä kuin näytepalamenetelmä. Mittauspaikan valinnan jälkeen betonirakenteeseen porataan 2-4 reikää, Ø 16 mm kiviterällä. Reikien määrä riippuu betonirakenteen paksuudesta ja selvittävästä asiasta. Rakenteen pinnoitusta varten riittää kaksi mittausreikää oikeille syvyyksille, mutta kosteuslähteen selvittämiseksi on hyvä porata reikiä useammalle syvyydelle. Reikien poraamisen jälkeen reiät imuroidaan ja niihin asennetaan mittausputket. Mittausputkien asennuksen jälkeen putken imuroidaan vielä kerran sisäpuolelta. Asennet-

tavat putket tulee tiivistää juuresta sekä putken päästä, tarkoitukseen soveltuvalla kitillä.

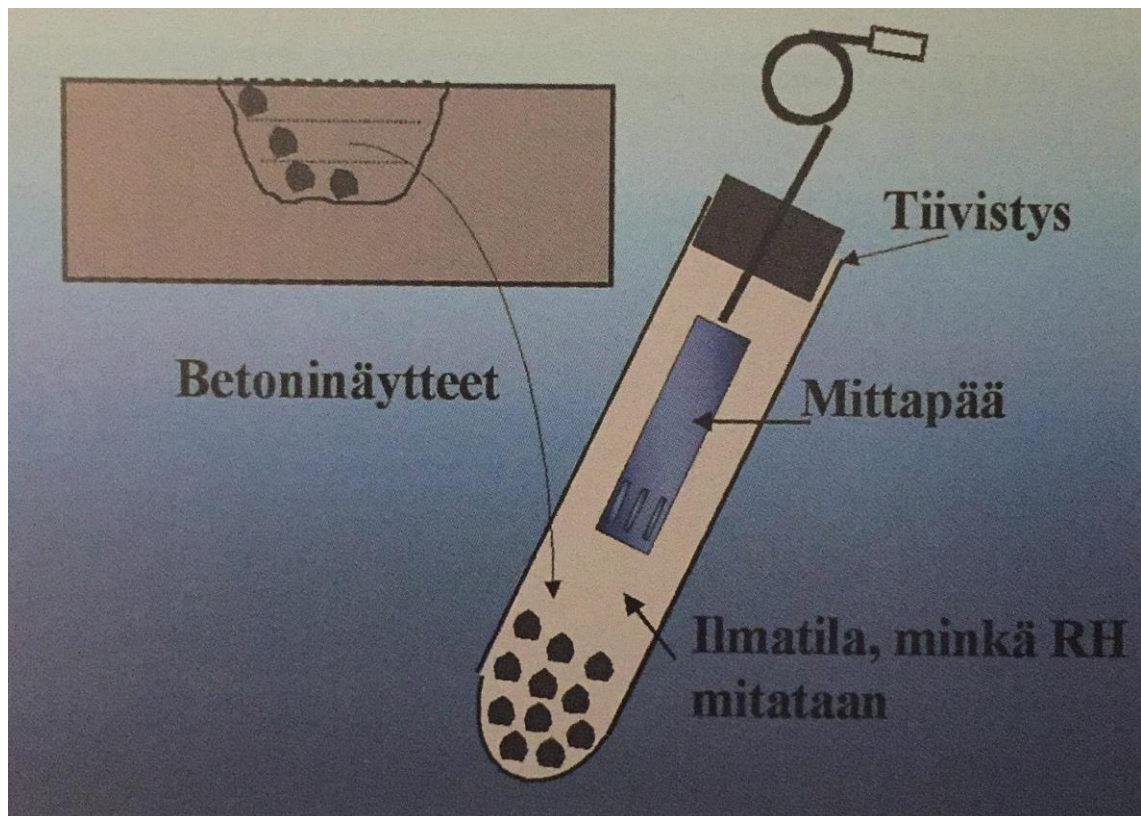


Kuva 5. Mittausreiän tiivistyksien vaikutus mittaustulokseen. [7.]

Mittaputkien tulee tasaantua tiivistettyinä vähintään kolme vuorokautta. Parhaimman mittaustuloksen saavuttamiseksi mitta-anturit tulisi asentaa mittaputkiin tasaantumisaian alussa. Jos anturit asennetaan mittaputkiin vasta tasaantumisaian jälkeen, on erityisen tärkeää tasata anturien lämpötila tilan ja rakenteen lämpötilaan vastaavaksi, ennen niiden asennusta mittaputkiin. Asennuksen jälkeen anturien täytyy antaa tasaantua mittaputkessa vähintään yhden tunnin ajan. Todellinen tasaantumisaika riippuu mitta-anturin ominaisuuksista. Jos anturin vaatima tasaantumisaika ei ole tiedossa, tulee anturi asentaa mittaputkeen kolmen vuorokauden tasaantumisaian alussa. Lopuksi anturien lukemat luetaan ja kirjataan muistiin, minkä yhteydessä mitataan myös tilan ja ulkoilman olosuhteet.

Näytepalamenetelmä

Näytepalamenetelmä on porareikämenetelmää huomattavasti nopeampi, eikä se aseta vaatimuksia rakenteen tai tilan lämpötilalle. Näytepalamenetelmässä tarkan syvyyden määrittäminen on hankalampaa ja se saatetaan kokea työläämmäksi. Mittaus aloitetaan poraamalla piiri, joka on halkaisijaltaan noin 100...150 mm. Piirin voi porata kiviterällä \varnothing 10...16 mm tai vastaavasti kuivaporausruunulla \varnothing 100...150 mm. Piirin sisään jäänyt betoni piikataan tai lyödään irti. Tavoitepinta on noin 5 mm halutun mitauspinnan yläpuolella. Lopuksi esiin jääneestä pinnasta piikataan pieniä palasia irti, jotka laitetaan välittömästi koeputkeen mittapään kanssa. Koeputkeen tulisi tulla vähintään 1/3 betonia niin, että mittapää mahtuu sinne vielä kokonaan. Koeputken suu kitataan vesihöyrytiivillä ja tarkoitukseen soveltuvalla kitillä.



Kuva 6. Näytepalat ja mittapää koeputkessa. [7.]

3.4 Rakennekosteuden vaikutukset

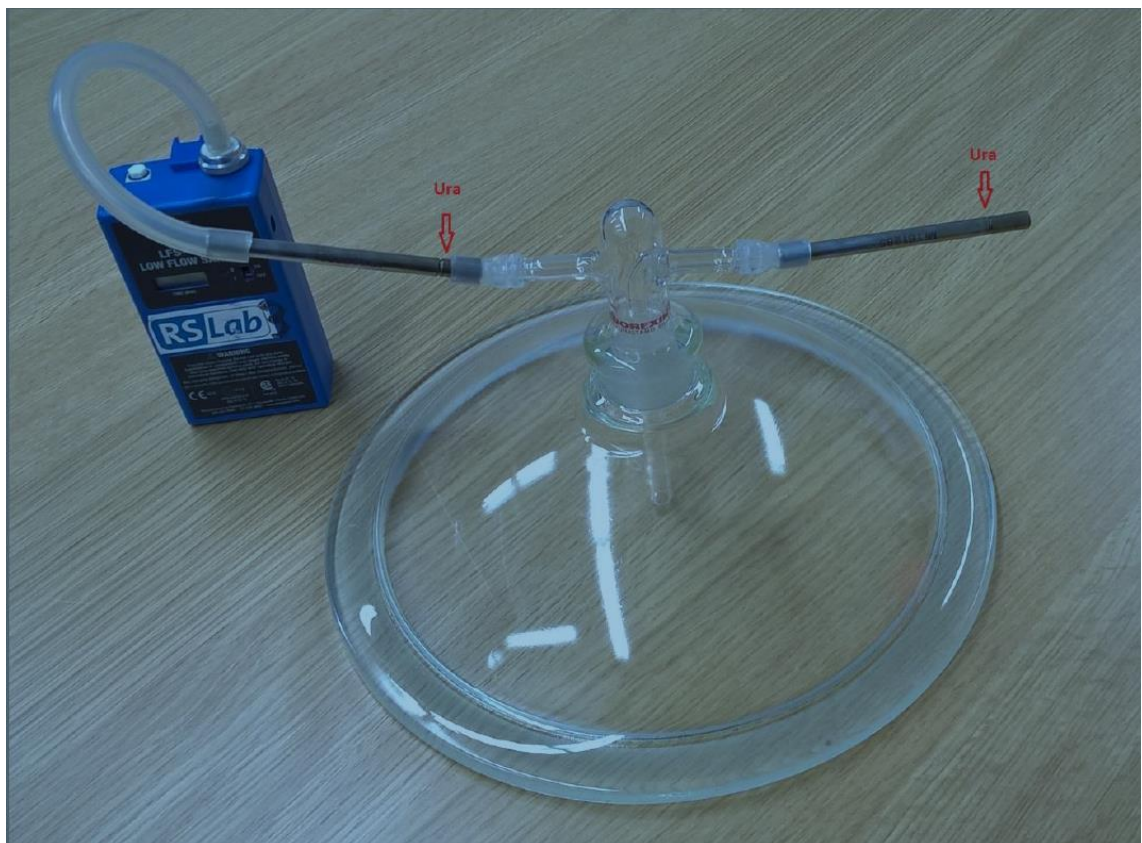
Rakenteeseen jäävä kosteus vaikuttaa monin tavoin ja sen vaikutuksien ennakoiminen voi olla hankalaa. Selkeä ja kiistaton vaikutus syntyy materiaalin lämmöneristävyyteen. Huokoisen materiaalin ilmataskut eristävät lämpöenergian siirtymistä kylmälle puolelle. Jos ilmataskuihin pääsee hyvin lämpöenergiaa johtavaa vettä, alkaa materiaalin lämmöneristävyys heikentyä.

Kosteus, sopiva lämpötila ja ravinto ovat mikrobikasvuston kolme tärkeintä edellytystä. Näistä tärkein ja helpoiten hallittava on kosteus. Suhteellisen kosteuden ollessa alle 30 %, ei mikrobikasvustoa synny. Mikrobit eivät kuitenkaan kuole rakenteen kuivuessa, vaan ne pysyvät elinkykyisinä. Suhteellisen kosteuden ollessa yli 70 %, on mikrobikasvusto todennäköinen. Vaikka mikrobikasvuston optimilämpötila on +20...25 °C, ei rakenteiden lämpötila estä mikrobikasvua. Osa mikrobeista kasvaa jopa +50 °C ja osa muutamassa pakkasasteessa. Mikrobikasvusto tarvitsee aina ravintoa kasvaakseen. Ravinnoksi sille kelpaa melkein kaikki orgaaninen aines, kuten huonepöly. Näin ollen ainoa tapa pitää mikrobikasvusto varmasti poissa, on pitää rakenteet ja huoneilma tarpeeksi kuivina. [3.]



Kuva 7. Mikrobikasvustoa seinän ja alapohjan liittymässä. [17.]

Betonipinnalle liimattavat materiaalit kuten muovi-, kumi-, linoleum- ja tekstiilipäällykset kestävät kosteutta vaihtelevasti. Pääasiassa ongelmia aiheuttavat niiden asennuksessa käytettävät liimat. Jos pintamateriaali ei pysty päästämään kosteutta läpi yhtä paljon, mitä alla oleva betoni sitä luovuttaa, alkaa pinnoitemateriaalin alla kosteuden lisääntyminen. Pinnoitemateriaaliksi voidaan valita tasa-aineinen muovimatto, joka kestää itsessään hyvin kosteutta. Maton kiinnittämiseen käytetty liima ei kuitenkaan välttämättä kestä alle jäänyttä, tai kerääntyvää kosteutta ja liima alkaa luovuttaa terveydelle haitallisia VOC-yhdisteitä. Matoilla pinnoitettavat betonirakenteet tulee kuivattaa aina materiaalivalmistajien tavoitearvoihin asti. Maanvaraisissa- ja vastaisissa rakenteissa mattopinnoitteet tulee huomioida jo suunnittelupöydällä, jotta turvallinen ja terveellinen toteutus on ylipäättänsä mahdollinen. VOC-yhdisteiden esiintyminen sisäilmassa ei aina tarkoita mattoliimaan kosteusvauriota. VOC-yhdisteitä esiintyy paljon muissakin rakennusmateriaaleissa, pesuaineissa sekä liikennöityjen alueiden ulkoilmassa. [3.] [8.]



Kuva 8. Kupu-VOC näytteenotto ilmasta. [18.]

3.5 Materiaalivalinnat

Materiaalivalinnoilla voidaan saada toteutukseen ja kohteen tulevaan käyttöön tervetullutta pelivaraa. Materiaalit kuitenkin valitaan varsin varhaisessa vaiheessa, joten niiden toiminnan arviointi tietyssä kohteessa, vaatii ammattitaitoista perehtymistä kohteen toteutusmenetelmiin ja kosteusteknisiin olosuhteisiin. Oikein valituilla materiaaleilla voidaan välttää isoja ja kalliita ongelmia toteutuksessa, sekä rakennuksen käytössä. Alla on esitelty usein käytettyjä rakennusmateriaaleja ja niiden ominaisuuksia suhteessa kosteuteen.

Kipsilevyrakenteet

Kipsilevyn kosteudelle herkin osa on sen kartonkipinta. Kartonkipintaan saattaa muodostua mikrobikasvustoa, jos kipsilevy on pitkään märkänä tai sitä ympäröivän ilman suhteellinen kosteus on korkea. Kipsilevyn kipsi menettää lujuuttaan kastuessaan, eikä se välttämättä palaudu täysin kuivuessaan. Näistä syistä kipsilevyt eivät saa kastua hallitsemattomasti varastoinnin tai asennuksen aikana. Kipsilevyjä ei tule asentaa kosteusteknisesti keskeneräisen rakennuksen vaipan sisään, eikä niitä tule suunnitella sellaisiin tiloihin tai rakenteisiin, joissa ne joutuvat korkealle tai pitkäaikaiselle kosteusrasitukselle. Hetkelliselle kosteudelle (ilmankosteus) altistuvien kipsilevyjen kuivumisedellytykset tulee varmistaa. [9.]

Kevytbetoni ja kevytsorabetoni

Kevytbetoni ja kevytsorabetoni kestävät materiaaleina hyvin kosteutta. Kastuessa ja kuivuessa niissä saattaa tapahtua jonkin verran muodonmuutosta, mikä saattaa vaurioittaa liittyviä materiaaleja. Materiaalien suurimmat riskit liittyvät niihin liittyviin materiaaleihin. Kevytbetoneilla on kyky sitoa suuria määriä kosteutta ja luovuttaa sitä eteenpäin. Materiaalit tulee suunnitella soveltuviksi liittyviin rakenteisiin, huolehtia tarvittavista höyrünsuluista ja kapillaarikatkoista, sekä asentaa kuivina tai antaa kuivua ennen kosteudelle herkkien materiaalien asennusta niiden vaikutusalueelle. [9.]

Kalkkahiiekkatiili ja poltettu tiili

Tiilet kestävät kosteutta hyvin ja ne ovatkin todella pitkäikäisiä rakennusmateriaaleja. Niiden kyky sitoa ja kuljettaa kapillaarisesti kosteutta on merkittävä. Kosteudelle alltiit

tiilirakenteet tulee kosteuseristää huolellisesti kosteudelle herkistä materiaaleista. Kas-
tunut tiilirakenne sitoo itseensä suuren määrän vettä ja luovuttaa sitä kapillaarisesti,
sekä diffuusiolla pitkään aikaa. Julkisivuissa käytetyt tiilirakenteet tulee aina tuulettaa
ennen sisempiä rakennekerroksia. [9.]

Betoni

Betonin käyttäytyminen kosteuden suhteen on hyvin vastaavaa kuin kevytbetonin ja
tiilen. Materiaali kestää itse hyvin kosteutta, mutta sitoo ja siirtää sitä eteenpäin suuria
määriä. Betonista haastavan rakennusmateriaalin tekee sen valmistusmenetelmä. Be-
tonia ei voi valmistaa ilman vettä ja sen lähtötilanne onkin aina täysin märkä. Betonira-
kenteet tulisi suunnitella aina niin, että rakenne pääsee kuivumaan vähintään toiseen
suuntaan myös rakennustöiden päätyttyä. Sen lopullinen kuivuminen voi paksuilla ra-
kenteilla kestää jopa 10 vuotta. Betoni ei ole hyvä alusta mikrobikasvustolla. Teoreetti-
sessa tilanteessa, jossa betonin pinta on puhdas, se ei homehdu edes parhaissa mik-
robikasvuston olosuhteissa. Käytännössä pinta ei kuitenkaan ikinä ole puhdas ja kas-
vustoa pääsee muodostumaan betonin pinnalle. Betoni on kestävä, hyvän puristuslu-
juuden omaava rakennusmateriaali, kunhan sen kuivumiselle varataan riittävästi aikaa
ja hyvät edellytykset. [9.]

Puu

Puu on hyvä kasvualusta mikrobeille ja pitkään kosteudelle altistettuna se on lahoherk-
kä materiaali. Puu on myös hygroskooppinen materiaali, joten se kerää kosteutta sitä
ympäröivästä kosteasta ilmasta. Runkorakenteena käytettäessä, tulee myös huomioida
sen lujuuden heikentyminen märkänä. Puun säilytysolosuhteet tulee huomioida materi-
aalitoimittajan varastoinnista lähtien. Puun ollessa kostea jo työmaalle saapuessaan,
saattaa sen ympäröivän ilman suhteellinen kosteus nousta varsin korkeaksi, kun se
peitellään vesitiiviillä sääsuojalla odottamaan asennustöitä. Puun säilytyksessä tulee
varmistaa varastoinnin hyvä ilmanvaihtuvuus kaikissa vaiheissa. Asennusvaiheessa
puun kosteus tulee mitata, jos se liittyy kosteudelle herkkiin rakenteisiin tai sen kuivu-
minen estetään pintarakenteilla. Puurakenteen liittyessä betoni-, kevytbetoni- tai tiilira-
kenteisiin, tulee kosteuden siirtyminen estää kapillaarikatkolla. Puuta ympäröivän il-
mankosteuden ollessa pitkään yli RH 80 %:ssä, on mikrobivaurioitumisen riski olemas-
sa. [9.]

Tasoiitteet

Tasoiitteet sisältävät asennusvaiheessa paljon vettä. Ne kastelevat niihin levityshetkellä liittyvät rakenteet vähintään pinnasta. Tasoiitteen levityksen jälkeen tulee olla tarpeeksi aikaa varattuna tasoiitteen ja siihen liittyvien rakenteiden kuivumiselle, ennen pinnoitus- töitä. Vain osa tasoiitteista kestää jatkuvaa kastelua, mikä tulee ottaa suunnittelussa huomioon. [9.]

Mineraalivillat

Mineraalivillat eivät ole kapillaarisia tai hygroσκοoppisia rakennusmateriaaleja, mutta ne voivat kastua. Kastuessaan niiden lämmöneristyskyky heikkenee. Mineraalivilla ei itsessään ole mikrobikasvustolle hyvä kasvualusta. Tosin tämä pätee vain uuteen ja puhtaaseen mineraalivillaan. Sen huokoinen rakenne on omiaan keräämään ilmasta epäpuhtauksia itseensä, minkä avulla mikrobikasvustoa on mahdollista syntyä. Mikäli mineraalivilla on työnaikana alttiina kosteudelle, tulee mineraalivilla valita ja rakenteet toteuttaa erityistä huolellisuutta noudattaen. Uloimman ja säälle alttiina olevan kerroksen tulee olla kosteutta kestävä materiaalia, eikä mineraalivilloihin saa päästä yläkautta sade- tai valumavesiä. [9.]

Suulakepuristetut polystyreeni ja polyuretaani

Polystyreeni- ja polyuretaanieristeet ovat hyvin kosteutta kestäviä materiaaleja, eivätkä ne itsessään toimi kasvualustana mikrobeille. Oikein suunniteltuna niitä voidaan käyttää hyvinkin kosteissa olosuhteissa, kuten maanvastaisissa rakenteissa. Suunnittelussa tulee huomioida niiden suuri vesihöyrynvastus, joka haittaa liittyvien rakenteiden kuivumista. Varsinkin korjausrakentamisessa, on riski suunnitella aiemmin kosteusteknisesti toimivaan rakenteeseen uusi riskirakenne. [9.]

Matot

Vinyyli- ja muovipohjaiset matot kestävät itse paremmin kosteutta, kuin linoleum-matot. Linoleumit sisältävät orgaanisia ainesosia, mitkä vaurioituvat herkemmin kosteudesta. Toisaalta linoleum läpäisee kosteutta paremmin, minkä johdosta kosteus ei nouse niin korkeaksi maton alla. Oman haasteensa muodostaa mattojen asennuksessa käytettävät mattoliimat, jotka eivät kestä korkeita kosteuspitoisuuksia. Matoilla päällystettävien

rakenteiden tulee olla kosteusteknisesti siihen soveltuvia, sekä toteutuksessa rakenteiden kuivumista tulee seurata asianmukaisin mittauksin. Maanvaraisissa tai -vastaisissa rakenteissa mattopinnoitteet ovat aina haasteellisia toteuttaa.

Parketti- ja puulattiat

Parketti- ja puulattiaan pätee samat säännöt kuin muihinkin puurakenteisiin. Ne eivät saa liittyä suoraan kosteutta siirtäviin rakenneosiin ilman kapillaarikatkoa. Parketti ja puulattioiden kanssa käytettävien askeläänikerrosten tulee olla kosteutta hyvin läpäiseviä, jotta rakenne kokonaisuudessaan läpäisee sen alle muodostuvan kosteuden. Ilman tiiviitä pinnoite- tai välikerroksia, puu läpäisee kosteutta nopeammin, kuin alla oleva betonilaattaa pystyy sitä pintaansa siirtämään. Jos lattiarakenne on tarkoitus pinnoittaa lakalla, tulee sen ominaisuudet huomioida rakenteen kosteusteknisessä suunnittelussa.

3.6 Kosteudenhallintasuunnitelma

Ympäristöministeriö on esittänyt kosteudenhallintasuunnitelman sisällön alla olevassa asetuksessa.

YMPÄRISTÖMINISTERIÖN ASETUS RAKENTAMISTA KOSKEVISTA

SUUNNITELMISTA JA SELVITYKSISTÄ

15 § Kosteudenhallintasuunnitelman sisältö

Työmaan kosteudenhallintasuunnitelmaan on sisällyttävä tieto toimenpiteistä,

joilla rakennusaineet ja -tuotteet sekä rakennusosat

suojataan sään aiheuttamilta tai työmaan olosuhteista johtuvilta

haittavaikutuksilta sekä toimenpiteistä, joilla rakennusaineiden ja

-tuotteiden sekä rakennusosien kosteudensuojaus toteutetaan ja

rakenteiden kuivuminen varmistetaan. [6.]

Kosteudenhallinnan onnistumiseksi, sen täytyy olla hyvin suunniteltu ja asioiden tulee olla kosteudenhallintasuunnitelmaan kirjattuna. Suunnitelma hyväksytetään kaikilla osapuolilla. Suunnitelma ei voi olla kopio vanhasta kohteesta, vaikka vanhan suunnitelman käyttäminen pohjana saattaakin olla hyödyllistä. Alla olevassa taulukossa 2 on esitetty muistilista asioista, joita kosteudenhallintasuunnitelman tulisi vähintään käsitellä. Koska jokainen rakennuskohde on erilainen, ei vanha suunnitelma riitä kuin pohjaksi. Mitä paremmin riskit on osattu huomioida etukäteen, sitä vähemmän yllätyksiä tulee rakennus- ja takuuvaiheessa. Huolella laadittu kosteudenhallintasuunnitelma antaa myös nopeaa tietoa mahdollisia muutoksia arvioitaessa.

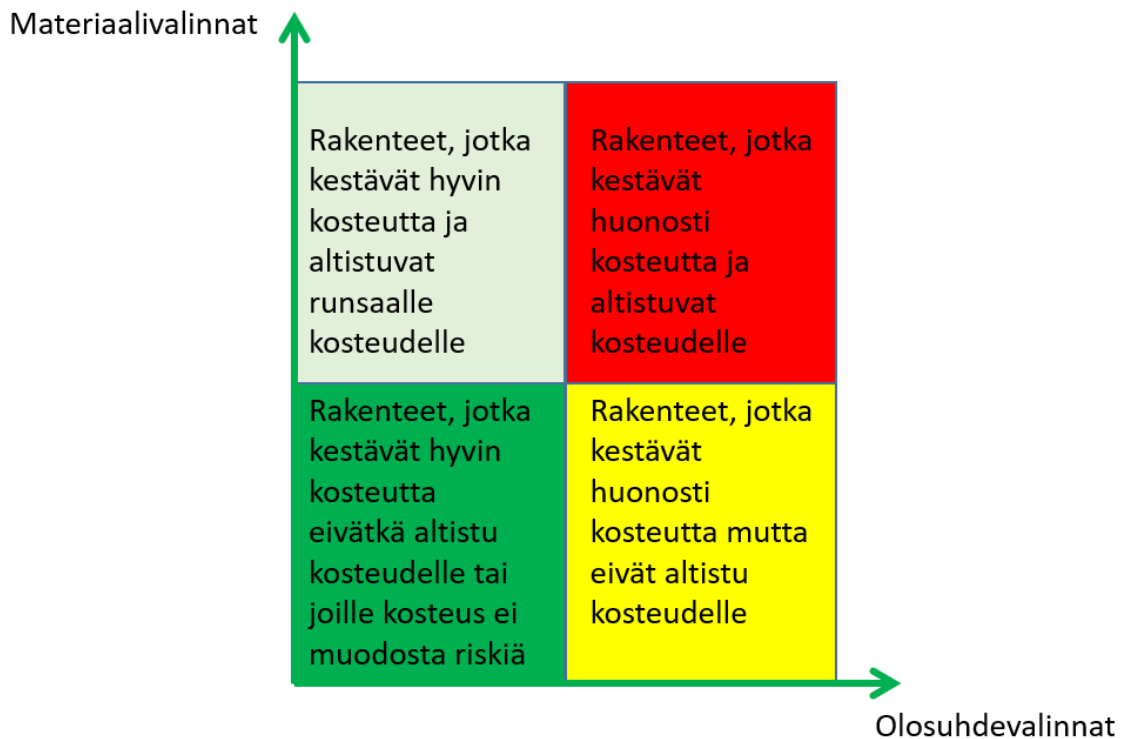
Taulukko 2. Kosteudenhallinnan suunnittelussa tarkasteltavat työtavat, toimenpiteet, rakenteet, materiaalit ja rakenneosat, joille määritetään ja kirjataan tavoitetasot. [9.]

Pinnoitettavat rakenteet ja pinnoitemateriaalit
Pinnoitemateriaalien alle jäävien rakenteiden suurin sallittu kosteus (RH)
Rakennesosat, joiden kosteus voi aiheuttaa ongelmia niiden jäädessä rakenteiden sisälle
Helposti kosteudesta vaurioituvat rakenteet
Vaipan vesitiiviiksi saamisen ajankohta
Lämmityksen aloittamisen ajankohta
Työnaikaisen kosteuden tavoitetaso ja alentaminen
Työnaikainen lumen, jään ja veden poisto
Väliaikaiset suojaukset
Varastointi ja työmaan sisäinen logistiikka asennuspaikalle
Materiaalien pakkaustavat
Mittaustavat ja mittaukset
Dokumentointi

Hyvin tehty kosteudenhallintasuunnitelma yhdistettynä työmaan aikatauluun, on tehokas työkalu riskien ennakkoinnissa. Työvaiheiden aikataulumuutoksia voidaan verrata kosteudenhallintasuunnitelmaan, minkä jälkeen nähdään voidaanko aikataulua siirtää

tai onko sitä pakko siirtää. Työvaiheiden aikataulut ovat yleensä aina riippuvaisia edellisistä ja seuraavista työvaiheista. Vaikka pinnoitustyötä päästäisiin muista työvaiheista johtuen tekemään suunniteltua aiemmin, ei se välttämättä ole kosteudenhallinnallisista syistä mahdollista. Pintavalujen myöhästyminen suurella todennäköisyydellä myöhästyttää mattotöitä.

Kosteudenhallinnan riskien arvioiminen liittyy myös todennäköisyyksiin. Koska kaikkia muuttuvia tekijöitä ei pystytä varmuudella tietämään etukäteen, tulee varmuutta laskea sellaisiin asioihin, mihin pystytään. Jos kaikki tekijät suunnitellaan kovin herkiksi odottamattomille tapahtumille, on todennäköistä, ettei kaikki suju hyvin. Alla olevassa kuviossa on esitetty yksi tapa hahmottaa riskejä ja niihin varautumista. Vasempaan alakulmaan ei ole mahdollista laittaa kaikkia rakenneosia, vaikka niin haluttaisiin. Myöskään oikeaan yläkulmaan ei tulisi saattaa yhtään rakenneosaa. Olosuhteiden hallinnalla ja materiaalivalinnoilla varmuutta pystytään kasvattamaan.



Kuvio 2. Nelikenttäanalyysi

4 Kosteudenhallinta rakennushankkeen eri vaiheissa

Rakentamisen aikainen kosteudenhallinta on riskien tiedostamista ja ongelmiin puuttumista. Kaikki riskit tulee kartoittaa huolellisesti ja kirjata ylös. Kartoitettujen riskien pohjalta laaditaan hankkeelle kosteudenhallintasuunnitelma. Kosteudenhallintasuunnitelma esitellään ja hyväksytetään hankkeen jokaisella osapuolella, minkä jälkeen sen noudattamista tulee vaatia kaikilta hankkeen osapuolilta ja työntekijöiltä. Hyvin tehty ja noudatettu kosteudenhallintasuunnitelma pienentää takuutöiden riskiä merkittävästi.

4.1 Hankesuunnittelu

Hankesuunnitteluvaiheessa määritellään tavoitearvoja projektille, sekä vaativuusluokkia suunnittelijoille [2]. Vaiheen suurimmat riskit liittyvät hankkeen vaativuuden arviointiin. Vaikka arviointiin vaikuttavat tiedot ovat vielä kovin puutteelliset tässä vaiheessa, täytyy hankkeen vaativuus hahmottaa melko tarkkaan. Suuret aliarvioinnit johtavat aikataulun ja budjetin pettämiseen. Ahtaalle joutuva budjetti tai aikataulu taas johtavat rakentamisen aikaisiin kompromisseihin, eli laadusta tinkimiseen.

4.2 Luonnossuunnittelu

Luonnossuunnitteluvaiheessa tehdään tärkeitä valintoja, sekä niiden toimivuutta tarkastellaan kriittisesti. Rakennuksen perustustapa, vaipparakenteet, sekä tonttialueen kuivatus suunnitellaan ja tarkastellaan kosteusteknisestä näkökulmasta. On äärimmäisen tärkeää hahmottaa ongelmat viimeistään tässä vaiheessa sekä puuttua niihin. Rakenteiden rakennusfysikaaliset ominaisuudet tulee tarkastella kokemusperäisesti, tai tarpeen vaatiessa laskennalla. Rakenteiden kuivumisaika-arviot tulee tuottaa riskirakenteille ja tarvittaessa vaihtaa rakenne nopeammin kuivuvaan. Kuivumisaika-arvioita tarkasteltaessa, rakennesuunnittelijan ja arkkitehdin yhteistyö on välttämätöntä toimivan lopputuloksen saavuttamiseksi. Koska rakenteen pinnoitusmateriaali määrittelee sen tavoitekosteuden, saattaa esimerkiksi väestönsuojaan asennettava muovimatto aiheuttaa ongelmia työmaan aikataulussa. [2.]

4.3 Toteutussuunnittelu

Toteutussuunnittelu on kaikkein tärkein vaihe onnistuneen hankkeen kannalta. Tiedossa olevat ongelmat pystytään vielä tässä vaiheessa ratkaisemaan. Ammattitaidolla ja kokemuksella tehty toteutussuunnittelu minimoi rakentamisvaiheen ongelmat. Tässä vaiheessa aikataulut sovitetaan yhteen ottaen huomioon aiemmat suunnitelmat ja esitiedot.

Aikataulua suunniteltaessa tärkeimpiä huomioon otettavia asioita ovat:

- Vuodenaikojen vaihtelut ja niiden ominaisuudet
- Valitut rakennetyypit ja niiden työmenetelmät
- Sääsuojaus
- Rakennuksen tiiviin vaipan valmistumisajankohta
- Hankkeen toivottu valmistumisajankohta
- Ilmanvaihtojärjestelmän valmistumisajankohta
- Lämmitysjärjestelmän valmistumisajankohta.

[2.]

Toisiaan haittaavat ja edellyttävät työvaiheet tulee kartoittaa aikataulua laadittaessa. Melkein kaikki ongelmat on hoidettavissa myös rakentamisvaiheessa, mutta toteutussuunnittelu-vaiheessa se on paljon halvempaa.

Esimerkiksi jos rakennus on päätetty toteuttaa ilman työaikaista sääsuojauksia. Rakentamisen aikana todetaan, että vaipparakenteet eivät valmistu ajoissa, eikä sisätiläpäästä aloittamaan ajoissa. Aikataulussa pysymisen vuoksi keskeneräiselle rakennukselle rakennetaan sääsuojaus, mikä viivästyttää rakennuksen vaipan valmistumista entisestään. Pahimmassa tapauksessa sisätyöt aloitetaan, vaikka rakennuksen vaippa ei ole vielä sadevesitiivis. Tässä tilanteessa sisätilojen pintarakenteilla on suuri riski altistua kosteudelle ja ne saatetaan joutua vaihtamaan vielä ennen rakennuksen valmistumista.

Tilanteeseen ajaututtiin huonon aikataulusuunnittelun johdosta, mikä olisi ollut vältettävissä. Toteutussuunnittelussa oltaisiin voitu pidentää rakentamisaikataulua, tai päät-

tää sääsuojan rakentamisesta heti ja vaihtaa työmenetelmät ja ulkopinnan rakenteet siihen sopiviksi.

4.4 Rakentamisvaihe

Rakentamisvaihe on se vaihe, jossa virheet vasta lopullisesti toteutetaan, vaikka ne olisikin suunniteltu jo etukäteen. Suunnitelmien tekeminen, niissä pysyminen ja niiden kyseenalaistaminen kuuluvat rakentamisvaiheeseen.

Rakentamisvaiheen tärkeitä asioita ovat:

- Kosteudenhallintasuunnitelma ja sen noudattaminen
- Aikataulun noudattaminen, sekä sen kyseenalaistaminen tarvittaessa
- Rakennusmateriaalien säilyttäminen säältä suojattuina
- Keskeneräisen rakennuksen sääsuojaus suunnitelmien mukaisesti
- Betonin tavoitekosteuksien seuranta asianmukaisin mittauksin
- Sisä- ja ulkoilman olosuhteiden seuranta, sekä niihin reagoiminen
- Työvaiheiden dokumentointi ja tarvittavien tarkastuksien järjestäminen
- Ulkoisen motivoituneen valvojan käyttäminen.

4.5 Viritys ja vastaanotto

Viritys ja vastaanottovaiheen tehtävät liittyvät lähinnä ilmanvaihto- ja lämmitysjärjestelmän käyttökuntoon saattamiseen. Niillä on myös merkittävä rooli lopullisen rakennuskosteuden kuivattamisen kannalta. Suunnitelmien mukaisesti joihinkin betonirakenteisiin ja tasoitteisiin saatetaan jättää kosteutta luovutusvaiheeseen asti. Ilmanvaihdon ja lämmityksen tulee olla suunnitellulla tasolla, jotta rakenteet kuivuvat loppuun.

4.6 Käyttö ja huolto

Kullekin rakennuskohteelle räätälöidään oma huolto-ohje, mistä löytyy rakennukselle soveltuvat ja tarvittavat huolto-ohjeet. On liian tyypillistä, että rakennuksen luovutuksen

ja käytön välissä on tietokatkos, minkä johdosta rakennuksen hoitoa laiminlyödään tiedonpuutteen vuoksi.

Huolto-ohjeen tulisi käsitellä vähintään seuraavia asioita:

- Rakennuspohjan kuivatukseen liittyvät huoltotoimenpiteet
- Sadevesien poistojärjestelmään liittyvät huoltotoimenpiteet
- Rakenteiden kunnan arviointi käytön aikana
- Ohjeet rakennuksen käytöstä aiheutuvien kosteusrasituksien hallintaan
- Rakenteiden tuuletuksien toimivuuden varmistaminen
- Tarvittavat säännölliset kosteusmittaukset ja mittauskohdat
- Rakenteiden ja tilojen valvontajärjestelmien käyttö ja ylläpito
- Ilmanvaihdon huoltosuunnitelma ja käyttöohjeet
- Lämmityksen huoltosuunnitelma ja käyttöohjeet
- Vesi- ja viemärlaitteiden huolto- ja käyttöohjeet
- Tilojen käyttäjille annettavat käyttöohjeet.

5 Itä-Hakkilan uudisrakennustyömaan kosteudenhallinta

5.1 Kosteudenhallinnan tavoite

Kosteudenhallinnan tavoitteena on tuottaa turvallinen ja terveellinen päiväkotikoti, mahdollisimman kustannustehokkaasti. Laadukkaasti toteutettuna se edesauttaa edellä mainittuihin tavoitteisiin pääsemistä. Kosteudenhallinta ei kuitenkaan ole pelkkä kosteudenhallintasuunnitelma, vaan se on kokonaisuus keinoja, toimenpiteitä ja toimijoita. Erityisen tärkeää on myös kaikkien osapuolien vilpitön motivaatio yhteiseen onnistuneeseen lopputulokseen.

5.2 Kosteudenhallintasuunnitelma

Itä-Hakkilan päiväkodin rakennustyömaalle toteutetussa kosteudenhallintasuunnitelmassa (liite 1) keskityttiin kohteen kannalta merkittävimpiin riskeihin ja listattiin yleisesti riskialttiita asioita. Suunnitelma toteutettiin listamuotoisena ja jokaisen tarkastettavan asian kohdalla oli paikka tarkastajan puumerkille ja päivämäärälle. Puumerkillä pyrittiin saavuttamaan suunnitelmaan sitoutumista. Tilaajalla oli halutessaan oikeus tarkastaa suunnitelman puumerkit ja päiväykset.

5.3 Materiaalien kastumisen ehkäiseminen

Valvontakäyntien perusteella keskusteltavia aiheita olivat lähinnä mahdolliset viistosateet ja niiden vaikutukset keskeneräisiin julkisivupintoihin. Työmaalla oli ajoittain havaittavissa riskejä ulkoseinien altistumisesta viistosateille. Työmaata ohjeistettiin suojaamaan keskeneräiset seinäpinnat niiden valmistumiseen saakka.



Kuva 9. Ikkuna-aukkojen osalta sääsuojaus oli toteutettu hyvin.

5.4 Kuivumisaika-arviot

Kosteudenhallintasuunnitelmaan liitettiin kuivumisaika-arvioita pinnoitettaville betonirakenteille. Työmaan aikataulun ja kuivumisaika-arvioiden perusteella todettiin kolme betonirakennetta riskirakenteeksi. Riskirakenteet (liite 2) liittyivät väestönsuojan rakenteiden, märkätilarakenteiden ja yhteen suuntaan kuivuvien rakenteiden kuivumiseen.

Pisimmän kuivumisajan vaati väestönsuojan alapohjarakenne, joka tarvitsi arvion mukaan 85 viikon kuivumisajan tavoitekosteuteen pääsemiseksi. Alapohjarakenteessa EPS-eristeen päälle valettiin 250 mm betonivalu ja sen päälle 70 mm kallistusvalu. Tila oli märkätila, joten pinta käsiteltiin vedeneristysjärjestelmällä. Betonirakenne oli väestönsuojatilasta johtuen tavallista paksumpi ja sen kuivuminen oli estynyt alaspäin. Pinnoituksen jälkeistä kuivumista ei voitu olettaa tapahtuvan merkittävästi. [7.]

Kaikkia rakenteiden kuivumisaikoja oli mahdollista lyhentää nostamalla tilojen lämpötilaa ja lisäämällä tilojen ilmanvaihtoa. Näihin toimenpiteisiin työmaata kehoitettiin ryhtymään.

5.5 Lattioiden pinnoitusolosuhteet

Tiloihin tuleville pinnoitemateriaaleille selvitettiin rakenteiden suurimmat sallitut pinnoituskosteudet. Osalle materiaaleista ei löytynyt valmistajan ilmoittamaa tavoitekosteutta, jolloin käytettiin yleisiä materiaalille ominaisia pinnoitusvaatimuksia. Arviointisyvyys vaihteli eri rakennetyypeille ja ne on esitetty esimerkiksi Tarja Merikallion, Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi -kirjassa.

- Muovimatto Mipolam Esprit, Gerflor
 Betonisen aluslaatan suhteellinen kosteus arviointisyvyydellä A enintään 85 % ja alle 3 cm syvyydellä enintään 75 %.
- Klinkkerilaatta Natura, Pukkila ja alle vedeneristysjärjestelmä
 Vedeneristysjärjestelmä määrittelee pinnoitusolosuhteet. Vetonit vedeneristysjärjestelmä: asennuspinnan ja huoneen lämpötilan tulee olla asennushetkellä yli +15 °C ja betonilaatan suhteellisen kosteuden pinnassa korkeintaan 90 %. Ardex S 1-K järjestelmä: betonilaatan suhteellisen kosteuden tulee olla pinnassa korkeintaan 90 %.

- Kitkamatto Altro VM20 Plus
Betoniinlaatan suhteellinen kosteus arviointisyvyydellä A tulee olla korkeintaan 85 %.
- Akryylimassalattia, Suomen Massalattiat Oy,
Betoniinlaatan suhteellisen kosteuden tulee olla pinnassa korkeintaan 97 %.
- Urheilumatto Taraflex Sport M Evolution 7 mm
Betoniinlaatan suhteellinen kosteus arviointisyvyydellä A tulee olla korkeintaan 85 %. Lisäksi on huomioitava käytettävän mattoliiman työohjeet.
- Maalattu betoni
Huomioitava käytettävän maalin työohjeet.
- Polyuretaanipinnoite
Betoniinlaatan suhteellisen kosteuden tulee olla pinnassa korkeintaan 90 %.

[1.]

5.6 Valvontakäynnit ja mittaukset

Rakennustyömaalle tehtiin säännöllisesti valvonta- sekä mittauskäyntejä. Valvontakäyntien tarkoitus oli seurata kosteudenhallintasuunnitelmassa sovittujen asioiden toteutumista, sekä tehdä uusia huomioita. Itä-Hakkilan päiväkodin uudisrakennustyömaalla suurimpia puutteita havaittiin keskeneräisten julkisivujen suojauksessa, ryömintätälallisen alapohjan työnaikaisessa tuuletuksessa sekä kosteusteknisesti haastavimpien betonivalujen kuivumisolosuhteissa. Epäkohdista ja niiden korjaavista toimenpiteistä tiedotettiin työnjohtoa sekä tilaajaa, minkä jälkeen epäkohtiin puututtiin.



Kuva 10. Ryömintätalillisen alapohjan työnaikainen ilmanvaihto ei ollut riittävä.



Kuva 11. Ylipaineinen rakennus voi kerätä merkittäviä määriä kosteutta kylmiin rakenneseisiin.



Kuva 12. Ilmanvaihto ja lämmitys eivät olleet riittäviä, minkä johdosta delta-palkkiin tiivistyvä kondenssivesi turmeli kevyen väliseinän vaihtokuntoon.

Pinnoitettavien betonirakenteiden kuivumista seurattiin säännöllisesti porareikämittauksin ja mittaustulosten perusteella kuivumisaika-arvioita päivitettiin. Joidenkin rakennetyyppien kohdalla, työmaata jouduttiin ohjeistamaan nopeamman kuivumistahdin saavuttamiseksi. Lopulliset pinnoitusluvut annettiin porareikämittauksien perusteella.

6 Kosteudenhallinnan kehittäminen

6.1 Kosteudenhallinta yhteiseksi päämääräksi

Kosteudenhallinnan asiantuntijoilla sekä alan kirjallisuudessa, on riittävästi tietoa onnistuneen kosteudenhallinnan saavuttamiseksi. Kosteudenhallinnan asiantuntijoiden joukko on kuitenkin verrattain pieni, eivätkä he voi olla aina kaikkialla. Työmaalla on monesti havaittavissa kosteudenhallinnan tärkeyden vähättelyä. Tilaaja on kiinnostunut kosteudenhallinnasta, mutta saattaa yllätyä sen lopullisesta hinnasta, kun se toteutetaan ulkopuolisen konsultin toimesta. Työmaan kosteudenhallinnan kokonaisvaltainen toteuttaminen vaatii enemmän kuin kaksi työmaakerrosta ja pintakosteusmittauksia. Sen hyvä toteuttaminen vaatii kosteudenhallinnan asiantuntijan läsnäoloa jo suunnitte-

luvaiheessa, koska silloin asioihin voidaan vielä vaikuttaa muutenkin, kuin viivästyttämällä työmaata.

On hyvä, että kosteudenhallintasuunnitelmaa vaaditaan entistä enemmän. Pelkkä suunnitelma ei kuitenkaan riitä hyvään lopputulokseen. Työmaan sisäisesti toteutettu kosteudenhallinta sisältää riskin laiminlyönneistä, kun aikataulu tai raha uhkaa loppua kesken. Se sisältää myös riskin osaamisen puuttumisesta, jolloin asioita jää huomiomatta, tai mittauksia suoritetaan väärin. Ulkoinen valvoja tekee myös pääasiassa aina enemmän dokumentointia. Jälkikäteen ilmaantuvien ongelmien selvittäminen on paljon helpompaa, mitä enemmän rakentamisaikaista dokumentointia on käytettävissä. Dokumentointi nähdään silti usein raskaana ja turhana ajan haaskauksena.

Mitä tahansa projektin osa-aluetta tarkastellaan, sen onnistumismahdollisuudet kasvavat, kun useammalla taholla on intressi sen onnistumisessa. Kosteudenhallinta tulisi saada yhteiseksi tavoitteeksi ja sen osajia tulisi kouluttaa laajemmin työelämässä.

6.2 Kosteudenhallinnan näkeminen sijoituksena tulevaisuuteen

Kosteudenhallinnan näkeminen ylimääräisenä kuluna, osoittaa sen tarpeellisuuden. Muutama vuosikymmen sitten, suojakaiteet ja putoamisvaljaat nähtiin herrojen höpötyksenä, jotka eivät oikeasta työstä ymmärrä mitään. Käsitys on ehkä hieman muuttunut tähän päivään mennessä. Kosteudenhallinta on hieman vastaavassa murrostilassa nyt. Ei aivan alkutaipaleella, mutta ei perilläkään.

Asiaa hieman avatessa, se hahmottuu helposti. Suuri osa kosteudenhallinnan kuluista tulee havaituista ongelmista. Kun ongelma on havaittu, sen selvittämisestä tulee kulu kosteudenhallinnan muodossa. Kuitenkaan kulu ei varmasti ole yhtä iso, kuin se olisi, jos ongelmaan ei puututtaisi siinä vaiheessa. Jos julkisivuvillat ovat kastuneet ja ne peitellään pintamateriaaleilla, tai märkä betonilaatta pinnoitetaan liian aikaisin, ne korjataan takuutöinä myöhemmin. Työmaan ollessa vielä käynnissä ja työvaiheen ollessa kesken, on virheen korjaaminen halvempaa sekä paljon halvempaa rakennusyhtiön maineelle. Puhumattakaan siitä, että ensimmäisen virheen jälkeen sitä päästäisiin toistamaan samalla työmaalla kaikkiin vastaaviin kohtiin. Virheistä voi myös oppia. Seuraavalla kerralla virhettä osataan jo varoa, jos siihen vain on motivaatiota.

Kosteudenhallinnan toteuttaminen tunti-laskutusperiaattella voisi olla tilaajalle motivoiva muoto. Laskutus pysyy pienenä, jos hommat hoidetaan hyvin. Urakoitsijalle tulisi kehittää myös porkkana hyvin hoidetusta kosteudenhallinnasta. Valitettavasti kun kukaan ei enää ilmaiseksi rehki.

7 Johtopäätökset

Kosteudenhallinnan osaamiselle ja toteuttamiselle on tarvetta ja kysyntää Suomessa. Rakennushankkeiden aikataulujen ja budjettien kiristyessä, saattaa kosteudenhallinta unohtua, tai sitä pidetään toissijaisena. Ongelmia syntyy varsinkin, jos sen tärkeyttä ei ymmärretä, eikä seurauksia hahmoteta. Kokonaisvaltainen kosteudenhallinta on laaja kokonaisuus, eikä sitä voida pelkästään lisätä muiden tehtävien jatkoksi samaan aika-tilaan. Hyvin hoidettu kosteudenhallinta sisältää ulkopuolisen, osa-alueeseen perehtyneen asiantuntijan, joka toimii yhteistyössä kaikkien osapuolien kanssa.

Valitettavan usein kosteudenhallinta ja kosteudenhallintasuunnitelma nostetaan työpöydälle vasta toteutusvaiheessa. Siinä vaiheessa iso osa ongelmista on jo toteutettu suunnittelupöydällä. Kosteudenhallinta on kokonaisuus, joka alkaa rakennuspaikan valinnasta ja päättyy rakennuksen purkupäivään.

Yhteisellä päämäärällä ja sopivalla koulutuksella, kosteudenhallinnasta saadaan toimiva kokonaisuus, johon kaikki osallistuvat. Ei ole väärin tehdä virheitä, mutta on väärin tehdä niitä tietoisesti. Virheiden tietoinen piilottaminen kuluttaa kaikkien yhteisiä rahoja ja heikentää rakennusalan mainetta entisestään. Vaikka Suomen sääolot ovat erittäin haastavat, täällä myös osataan maailman parasta rakentamista. Meillä on kaikki mahdollisuudet tehdä hyviä ja toimivia rakennuksia. Se on kuitenkin yhteinen matka, eikä kukaan pysty siihen yksin.

8 Yhteenveto

Kosteudenhallinta Itä-Hakkilan päiväkodin uudisrakennustyömaalla onnistui olosuhteisiin nähden hyvin ja siitä oli suurta apua lopputuloksen kannalta. Opinnäytetyön laajuus oli liian pieni kokonaisvaltaisen kosteudenhallinnan toteuttamiseen, eikä työn tilaus tullut tarpeeksi aikaisin. Silti asioihin päästiin hyvin kiinni ja epäkohtiin kerettiin vaikut-

tamaan. Asioista keskusteltiin, toimintatapoja muokattiin ja niiden huomattiin vaikuttavan positiivisesti lopputulokseen. Suomen Sisäilmakeskus jatkoi Itä-Hakkilan päiväkodin kosteudenhallintaa opinnäytetyöosuuden päätyttyä.

Itse koen oppineeni tämän opinnäytetyön aikana todella paljon arvokasta tietoa ja saaneeni erittäin hyvää kokemusta kosteudenhallinnasta. Riippumatta tulevista työtehtävistäni, on kyseisen osa-alueen tuntemus aina suureksi eduksi.

Lähteet

- 1 Betonitekniikan oppikirja By 201. 2004. Suomen betoniyhdistys r.y. Vantaa BY-Koulutus Oy
- 2 Terveen talon toteutuksen kriteerit. 2004. RT-kortisto, ohje RT 07-10832. Rakennustieto Oy.
- 3 Asumisterveysopas. 2009. Vaasa: Ympäristö ja terveys-lehti
- 4 Kosteus. 1998. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa C2. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 5 Betonin suhteellisen kosteuden mittaus. 2010. RT-kortisto, ohje RT 14-10984. Rakennustieto Oy.
- 6 Ympäristöministeriön ohje rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä. 2015. RT-kortisto, ohje RT YM2-21642. Rakennustieto Oy.
- 7 Merikallio, Tarja. Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi. 2002. Betonikeskus ry. Jyväskylä: Suomen Betonitieto Oy
- 8 Merikallio, T., Niemi, S., Komonen, J. Betonilattiarakenteiden kosteudenhallinta ja päällystäminen. 2007. Betonikeskus ry. Lahti: Suomen Betonitieto Oy
- 9 Niemelä, Tero. Kosteusvaurioiden ehkäiseminen rakennustuotannossa. 2014. Tampere: Suomen Rakennusmedia Oy
- 10 Korkeamäki, Tapio. Rakennusfysiikkaa lämpökuvaajille. Tampereen Ammattikorkeakoulu, Rakennuslaboratorio. <<http://www.kuntoarviot.net/files/8047.pdf>> Luettu 26.4.2016
- 11 Suvanto, Kari. Tekniikan fysiikka 1. 2012. Porvoo: Edita Publishing Oy
- 12 Ilman kosteus. Ilmatieteen laitos. <<http://ilmatieteenlaitos.fi/ilman-kosteus>> Luettu 3.7.2016
- 13 Hietala, Jasmiina. Betonilattioiden kutistuman ja halkeilun hallinta. Betonilehti 03/2011. < http://betoni.com/wp-content/uploads/2015/09/BET1103_56-58.pdf> Luettu 11.09.2016
- 14 Komonen, Juha. Vahanen Oy. Rakennusfysikaaliset asiantuntijapalvelut. Helsingin rakennusvalvontaviraston seminaari 9.10.2014.

- <http://www.hel.fi/static/rakvv/tilaisuudet/2014/kosteudenhallinta/09102014/Vahnen_Oy_Juha%20Komonen.pdf> Luettu 18.09.2016
- 15 Lapland diaries, blogspot, raksakuvia viikon varrelta, 1.8.2016. <<http://laplanddiaries.blogspot.fi/2016/08/raksakuvia-viikon-varrelta.html>> Luettu 18.09.2016
- 16 Kinnunen, Jari-Pekka, Vanhan hirsitalon suojaaminen, kunnostus ja hyödyntäminen osana uudisrakentamista, opinnäytetyö, 2013.
- 17 Asiantuntijat paljastaa suurimmat virheet hometalon korjauksessa, et-lehti, verkkojulkaisu.
<http://www.etlehti.fi/artikkeli/rahat/oma_talous/asiantuntija_paljastaa_suurimmat_virheet_hometalon_korjauksessa> Luettu 20.9.206.
- 18 Näyteenotto-ohje 5.6, RS Lab, pdf-dokumentti.
<http://www.rslab.fi/images/ohjeet/5.6_Kohdennettu_VOC-ilmanaytteenotto-ohje.pdf> Luettu 20.9.206.

Työmaan kosteudenhallintasuunnitelma

Kosteudenhallintasuunnitelma

Esimerkki

Sivu 1/9

Työmaan kosteudenhallintasuunnitelma

Kohde: **Itä-Hakkilan päiväkot** Työnumero:

Suunnitelman laatijan yhteystiedot: Suomen Sisäilmakeskus Sampsä Raevaara
puh. 044 407 7404 sampsä.raevaara@sisailmakeskus.fi

Työmaan yhteyshenkilö:

1. KOSTEUSRISKIEN KARTOITUS		
Kohta	Työmaalla huomioitavat vaatimukset sekä sovitut ratkaisut ja toimenpiteet	Käyty läpi Päivämäärä ja kuittaus
1.1 Salaojat	<p>Huolehditaan, että salaojaputkien asennus on suunnitelmien mukainen. Laaditaan tarkekuvat.</p> <p>Salaojituskerros tehdään maa-aineksesta, joka läpäisee vettä ja jossa veden kapillaarinen nousu on vähäistä. Anturan läheisyydessä sekä maanvaraisen laatan alle tulee kapillaarisen vedennousun katkaisevaa maa-ainesta, esim. sepeli 6-30 mm.</p> <p>Salaojaputkea ympäröivän salaojituskerroksen tulee olla putken alla ja sivuilla vähintään 0,1 m ja päällä vähintään 0,2 m. Kellarin seinää vasten olevan kerroksen tulee olla vähintään 0,2 m.</p> <p>Tarkastuskaivot puhdistetaan ennen rakennustöiden loppukatselmusta. Salaojaputkien toiminta tarkistetaan ja putkistot puhdistetaan juoksuuttamalla niiden läpi vettä niin kauan, että vesi tulee ulos kirkkaana.</p>	<p>Korot työmaalla tarkastettu. +</p> <p>Maa-aineksen laatu tarkastettu +</p> <p>Salaojituskerroksen paksaus tarkastettu +</p> <p>Tarkastus ja puhdistus tehty+</p>
1.2 Perustus- rakenteet ja maanpaine seinät	<p>Maata vasten olevien seinien ulkopintaan tulee vedeneriste (kumibitumimatto). Vedeneristystyössä kiinnitetään erityistä huomiota saumakohtien tiiviyteen ja koko eristeen eheyteen. Vedeneristeen mekaanista rasitusta vähennetään suojaamalla seinärakenne vedeneristykseen jälkeen patolevyllä (levyä ei saa kuitenkaan kiinnittää vedeneristeen läpi).</p> <p>Anturan ja perustusrakenteiden välissä tulee olla <u>kapillaarikatko</u> (esim. bitumisively) erityisesti, jos salaojaputken ja kapillaarisen vedennousun katkaisevan maa-aineksen sijoittamien anturan alapuolelle ei käytännössä toteudu. Jos anturan alle ei tule salaojituskerrosta, anturan läpi tulee tehdä poikkisuunnassa reikiä, jotta vesi rakennuksen alta pääsee virtaamaan salaojaputkiin.</p> <p>Kellarin seinärakenteen ja sokkeleiden <u>vedenpoiston tulee toimia myös rakennuksen käytön aikana</u> (ei saa tukkia esim. vedeneristystyössä). Vedenpoistoreikien eteen asennetaan yhtenäinen patolevy, ettei painevesi pääse tunkeutumaan reikiä pitkin seinään. Veden pääsyn estämiseen elementtien eristetilaan tulee myös työaikana kiinnittää erityistä huomiota (sääsuojaus). Myös eristetilan tuuletuksen tulee toimia (ei saa täytyä työaikana)</p> <p>Seinien sisäpintoihin suositellaan hyvin vesihöyryä läpäiseviä materiaaleja. (poikkeus pesuhuoneen vedeneristys)</p> <p>Rakennekosteuden tulee poistua riittävästi ennen seinien päällystämistä tai</p>	<p>Vedeneristeen tiiviys tarkastettu+</p> <p>Veden kapillaarinen nousu perustusrakenteisiin estetty+</p> <p>Seinärakenteen vedenpoisto varmistettu+</p> <p>Vedenpääsy seinärakenteeseen minimoitu+</p> <p>Rakenteiden kosteusraja-arvot selvitetty +</p>

	pinoittamista.	
1.3 Alapohjat	<p>Maanvaraisen laatan alla tulee olla vähintään 200 mm kapillaarisen vedennousun katkaisevaa <u>sepeliä</u> (6-30 mm). Laatan alla tulee lisäksi olla kauttaaltaan lämmöneriste. Laatan alla menevät mahdolliset putket tulee eristää niin, etteivät ne lämmitä maaperää.</p> <p>Laattaa ei saa valaa kiinni seinärakenteeseen. Rakennetta ei suositella päällystettävän tiiviillä kosteusherkällä materiaalilla. Rakennekosteuden on poistuttava riittävästi ennen lattian päällystämistä. Koska lattiaan tulee lattialämmitysputkia, kosteusmittauspisteet tulee merkitä etukäteen.</p> <p>Alapohjaan rajoittuvista pintabetonirakenteista tulee sementtiliima hioa mekaanisesti pois, kun laatta on hiomiseen riittävän kuiva.</p> <p>Ryömintätilan maanpinta tulee muotoilla salaojiin päin ja varmistua ettei tilaan jää vettä kerääviä painanteita. Maaperän kosteustuottoa ryömintätilaan rajoitetaan sepelikerroksella (200 mm) tai kevytsora (150 mm). Sepelin tulee olla hienoaineetonta (pestyä).</p> <p><u>Ryömintätilassa</u> tulee olla <u>tuuletus</u> (optimi ilmanvaihto 1..2 1/h). Ryömintätilaan tulee asentaa työmaa aikainen tuuletus toimintaan heti kun se käytännössä on mahdollista.</p> <p>Ryömintätilaan on järjestettävä tarkastusmahdollisuus ja pääsy kaikkialle tilaan. (korkeus vähintään 0,8m)</p> <p>Ryömintätilassa ei saa olla rakennusjätettä eikä lahoavaa orgaanista ainetta</p>	<p><i>Maanvaraisen laatan kosteustekninen toimivuus varmistettu+</i></p> <p><i>Maanvaraisen lattiarakenteen kuivattaminen huomioitu (kohta 2)+</i></p> <p><i>Ryömintätilan maanpinnan laatu tarkastettu +</i></p> <p><i>Ryömintätilan tuuletuksen toimivuus tarkistettu+</i></p> <p><i>Ryömintätilassa ei orgaanista jätettä. +</i></p>
1.4 Julkisivut	<p>Veden pääsyn estämiseksi rakenteisiin, betoniulkoseinien saumaustyöhön ja liitosrakenteisiin tulee kiinnittää erityistä huomiota.</p> <p>Työnaikaisen kastumisen estämiseksi seinärakenteet tulee suojata kuljetuksen ja asennuksen aikana. Erityistä huomiota tulee kiinnittää kevyiden seinien sääsuojaukseen asennuksen aikana.</p> <p>Kevyissä ulkoseinissä huolehditaan, että höyrysulku on tiivis ja mahdollisesti vaurioituneet (esim. kastumisen seurauksena) kipsilevyt korvataan uusilla.</p> <p>Tuulensuojavillalevyt asennetaan tiiviisti ja limitetään kerroksittain.</p> <p>Julkisivun seinien ja ikkunoiden yksityiskohdissa (vesipellitysten kaltevuus, kittaukset jne.) tulee olla erityisen huolellinen, ettei viistosade pääse tunkeutumaan rakenteisiin.</p>	<p><i>Saumaukset ja liitokset tarkistettu. +</i></p> <p><i>Kevyiden seinien kastumisriski huomioitu +</i></p> <p><i>Julkisivun tuuletusrako suunnitelmien mukainen +</i></p>

<p>1.5 Yläpohja ja vesikatto</p>	<p>Tarkistetaan, että höyrynsulkumuovi on ehjä.</p> <p>Mineraalivillalevyt tulee asentaa tiiviisti ja limittää kerroksittain. Lämmöneriste ei saa kastua.</p> <p>Vesikattotöitä ei tule tehdä sateessa. Keskenäiset rakenteet tulee suojata kastumiselta.</p>	<p><i>Yläpohja tarkistettu. +</i></p>
<p>1.6 Väliohjat</p>	<p>Väliohjarakenne perustyyppi (VP 1): 320 mm ontelolaatta + 60-80 mm pintabetoni + pintakäsittely huoneselostuksen mukaan. Ontelolaataston suhteellisen kosteuden tulee olla alle 90%RH ja pintojen tulee olla puhtaat ennen pintabetonin valamista. Pintabetonin tulee kuivua alle 75-90% RH:n ennen pintamateriaalin asennusta. Pintamateriaali- / pintakäsittelykohtaiset tarkemmat arvot luvussa 2.</p> <p>Märkätilojen kohdalla kallistusvalu (40...60 mm) tehdään suoraan ontelolaatan päälle normaalibetonista. Rakenteeseen tulee lattialämmitys. Rakenteen tulee kuivua 85%RH:n alapuolelle ennen vedeneristeen levitystä. Kosteusmittauskohdat on merkittävä ennen pintavalua. Rakenteen kuivattamisesta on mainittu tarkemmin kohdassa 2.</p> <p>Väestösuojan katto on kosteusteknisesti kriittinen. Kantavan laatan pintaosien tulee olla kuivat ja puhtaat (kaikesta orgaanisesta materiaalista) ennen lämmöneristeen asennusta. Kantavan laatan RH enintään 90% ennen lämmöneristeen asennusta.</p> <p>Kaikista väliohjarakenteista tulee hioa pintalaatan sementtiliima pois, kun pintabetonointi on riittävästi kuivunut hiontaa varten.</p>	<p><i>Ontelolaatan kosteus alle 90%RH ennen pintabetonin valua. +</i></p> <p><i>Pintabetonin kosteus alle 85 % ennen parketin asennusta. +</i></p> <p><i>Betonin kosteus alle 85 % ennen vedeneristemassan asennusta. +</i></p> <p><i>Vss katon puhtaus ja kuivatustarve huomioitu . +</i></p>
<p>1.7 Märkätilat</p>	<p>Seiniin ja lattiioihin tulee siveltävä vedeneriste ja keraamiset laatat, väestönsuojassa lattiaan tulee kitkamatto.</p> <p>Varmistetaan vedeneristeen pitkäaikaiskestävyys ja hyväksyntä. Ennen vedeneristeen tai kitkamaton asennusta, betonin tulee kuivua RH85% alle. Lattialämmitystä tulee käyttää ennen vedeneristeen asennusta, kuitenkin niin, ettei sillä vääristetä kosteusmittauksien tuloksia. Lämpö suljetaan ennen asennusta ja asennuksen jälkeen kytketään uudelleen päälle lisäten lämpöä vähitellen.</p> <p>Varmistetaan että lattioiden kallistukset ovat vähintään 1:100, lattiakaivon läheisyydessä 1:50. Vedeneristeen ja lattiakaivon yhteensopivuus tulee varmistaa. Lattiakaivon korokerenkaiden rakenteeseen ja liitoksen tiiviyteen tulee kiinnittää erityistä huomiota.</p> <p>Rakenteiden nurkat, kulmat ja läpiviennit vahvistetaan ja tiivistetään hyväksytyllä vedeneristysvahvistuksella ja massalla.</p> <p>Keraamisten laattojen kiinnittämiseen tulee käyttää muodonmuutoskykyistä laastia. Laattojen nurkkasaumoihin sekä seinä- ja lattia-laatoituksen välisiin saumoihin käytetään saniteettisilokonia.</p> <p>Vedeneristystyön suorittamiseen kiinnitetään erityistä huomiota (pätevä työntekijä).</p> <p>Varmistetaan, että suihkun läheisyydessä on poistoilmaventtiili ja että kylpyhuoneeseen saadaan korvausilmaa.</p>	<p><i>Aineiden yhteensopivuus varmistettu. +</i></p> <p><i>Betonin kosteus alle 85 % ennen vedeneristemassan asennusta. +</i></p>

1.8 Parvekkeet	Parvekkeiden työaikaiseen vedenpoistoon kiinnitetään erityistä huomiota, ettei vettä pääse kulkeutumaan seinärakenteisiin. Lopullisen vedenpoistojärjestelmän toimivuus tulee varmistaa	
1.9 Pintavesien ohjaaminen ja kuivatusjärjestelmät	Varmistetaan, että pintavedet ja kattovedet ohjautuvat pois rakennuksen vierustoilta eikä niitä ohjata salaojaverkostoon ja että rakennuksen seinustoilla on <u>vetä pidättävä seinästä poispäin</u> kalteva kerros.	

2. RAKENTEIDEN KUIVUMISAIKA-ARVIOT / PÄÄLLYSTÄMINEN				
Rakenne	Sijainti	Päällyste-materiaali	Tavoite-Kosteus RH (%)	Kuivumisaika-arviot ja toimenpiteet
VP 2	Märkätilat 1 krs.	Klinkkerilaatta + kiinnityslaasti + vedeneriste	85%	320 mm ontelolaatta + 40...60 mm tasaus-/kallistusbetoni. Ontelolaatan kosteus ennen pintavalua 95% RH (ontelolaatta ei ole kastunut kuljetuksessa).. Olosuhteet keskimäärin 18°C ja noin 50-60% RH. Kuivuminen tavoitekosteuteen 85% RH noin 10 viikkoa. Pintabetonivalu ensimmäiset 2 viikkoa kosteassa. Kuivuminen tavoitekosteuteen noin 21 viikkoa.
VP 4	Väestönsuojan katto / 2 krs. lattia	Muovimatto Mipolam Esprit / Gerflor	85%	300 mm massiivilaatta + 520 mm lämmöneriste (EPS 200 lattia) + 120 mm teräsbetonilaatta. Massiivilaatta on ennen pinnoitteita kummallekaan puolelle olosuhteissa 18°C ja noin 50-60% RH. Laatta ei pääse kastumaan valun jälkeen. Kuivuminen tavoitekosteuteen (85% RH) kestää noin 42 viikkoa.
AP 6	Väestönsuoja, märkätilat	Kitkamatto Altro VM20 Plus	85%	200/250 mm lämmöneristys (EPS 100) + 250 mm teräsbetoni + 70 mm tasaus-/kallistusbetoni. Lämmöneristeen päälle valettu 250 mm teräsbetonilaatta kuivuu olosuhteissa 18°C ja noin 50-60% RH, noin 85 viikkoa tavoitekosteuteen. Vesisementtisuhde (v/s) oletettu 0,7.

Detaljit liitteenä.

3. OLOSUHDEHALLINTA		
3.1 Kastumisen estäminen / suojaukset		
Osa-alue	Työmaalla huomioitavat vaatimukset sekä sovitut ratkaisut ja toimenpiteet	Vastuuhenkilö/ kuittaus
Rungon suojaaminen kastumiselta	Elementtien saumavalut tehdään mahdollisimman pian tiiviiksi Tiivistetään yläpuolisen holvin aukot	
Materiaalinen kastumisen estäminen	Sovitaan toimitusten oikea-aikaisuus. Edellytetään kuljetuksen aikaista suojausta. Suunnitellaan varastointipaikat ja menetelmät ajoissa. Noudatetaan valmistajan antamia ohjeita varastoinnin suhteen.	
Keskeneräisten rakenteiden suojaus	Suojataan keskeneräiset rakenteet kastumiselta. Erityistä huomiota tulee kiinnittää kevyiden ulkoseiniin suojaamiseen.	
Vesivahingot	Vesivahingon sattuessa rakenteisiin päässyt vesi poistetaan välittömästi. Työmaalle hankitaan vesi-imuri. Varmistetaan kuivatuslaitteiden nopea saatavuus. Esim. askeläänieristettyjen lattioiden eristetilaaan päässeen veden poistaminen edellyttää yleensä koneellista kuivausta (imu-puhallus) Valistetaan työmaahenkilökuntaa ja aliorakoitsijoita veden "vaarallisuudesta", jotta he kukin osaltaan huolehtisivat, ettei heidän työsuorituksensa seurauksena rakenteisiin pääse ylimääräistä kosteutta (esim. timanttioraukset).	
3.2 Rakenteiden kuivatus		
Osa-alue	Työmaalla huomioitavat vaatimukset ja reunaehdot sekä sovitut ratkaisut ja toimenpiteet	Vastuuhenkilö/ kuittaus
Tavoiteolosuhde (sisäilman T ja RH)	Kun rakennuksen vaippa on tiivis, pyritään saamaan huonetiloihin noin + 20°C:n lämpötila ja alle 50% ilman suhteellinen kosteus	
Ulkoilman olosuhteiden vaikutus	Kuivatusjakso ajoittuu joulu-huhtikuulle (rungon kuivatusjakso joulu-helmikuulle). Kuivatusjakso on ajankohdallisesti erittäin hyvä aika kuivatukselle. Alle 50% RH:n saavuttamisen pitäisi olla helppoa, kunhan tarpeeksi korkeasta lämpötilasta ja ilmanvaihdesta huolehditaan.	
Rakennuksen oman lämmitysjärjestelmän hyödyntäminen	Oma lämmitysjärjestelmä pyritään saamaan toimintakuntoon mahdollisimman varhaisessa vaiheessa. Sovitaan asiasta LVI-urakoitsijan kanssa.	
Lisälämmitys- ja kuivatuslaitteiden tarpeen määrittäminen	Kohteessa tulee mittaauksin seurata sisäilman RH:ta ja lämpötilaan. Mikäli tavoitetasoa ei saavuteta normaaleilla toimenpiteillä, käytetään tarvittaessa lisälämmitys- ja kuivatuslaitteita. Ilman kiertoa voidaan lisätä erilaisilla puhaltimilla. Ilman kuivaustarvetta voi esiintyä erityisesti väestönsuojan tiloissa. <u>Ilmankuivaajia käytettäessä on ehdottoman tärkeää huolehtia, että kuivatettava tila on tiivistetty huolellisesti</u> (ettei kerätä kosteutta ulkoa). Kuivaajien käyttötarve määritetään sisäilman kosteusmittaustulosten perusteella (jos RH:ta ei muuten saada lähelle tavoitetta)	
Kuivatussuunnitelma	Kohteeseen ei tarvita erillistä alueellista kuivatussuunnitelmaa. Kuivatustoimenpiteistä päätetään tapauskohtaisesti kosteusmittaustulosten perusteella.	

4. KOSTEUSMITTAUSSUUNNITELMA		
Toimenpide		Vastuuhenkilö/kuittaus
Suoritettavat mittaukset	Sisäilman suhteellinen kosteus RH(%) ja lämpötila tavoiteltavien kuivumisolosuhteiden saavuttamisen varmistamiseksi. Ontelolaattojen kosteus ennen pintavalua. Kosteiden tilojen lattian kosteus noin 4 viikkoa ennen arvioitua vedeneristystyön aloitusta (seurantamittaus) sekä päällystettävyyssmittaus ennen vedeneristystyön aloitusta. Kosteiden tilojen betoniseinät ennen vedeneristystyön aloitusta. Väestösuojan kattorakenteen kosteusmittaukset Mahdollisesti kastuneiden ulkoseinärakenteiden mittaukset.	
Mittausmenetelmän ja laitteiston valinta	Sisäilmamittaukset ja rakennekosteusmittaukset tehdään suhteellisen kosteuden mittaukseen tarkoitetuilla laitteilla. Päällystettävyyssmittauksia ei tehdä pintakosteudenosoittimilla.	
Varmistetaan, että mittalaitteet on kalibroitu	Suhteellisen kosteuden mittalaitteilla tulee olla enintään kuuden kuukauden ikäinen todistus kalibroinnista	
Valitaan mittaustyöntekijä	Mittaajalla tulee olla riittävät tiedot mittalaitteiden toimintaperiaatteista ja niihin vaikuttavista tekijöistä, mitattavan rakenteen toimivuudesta sekä mitattavan materiaalin ominaisuuksien vaikutuksesta mittaukseen.	
Suunnitellaan mittausten laajuus ja ajankohta	Ensimmäinen rakennekosteusmittaus tehdään pian sen jälkeen kun kohteen vaippa on ummessa ja lämpöpäällä, jolloin saadaan käsitys rakenteiden kosteustilasta ja kuivatustarpeesta. Seuraava mittaus vähintään 2 viikkoa ennen aiottua päällystystyön aloitusta ja viimeinen (kattavampi) mittaus vähän ennen päällystystyötä	
Tulosten käsittely	Mittaus tulosten perusteella todetaan rakenteiden riittävä kuivuminen. Varmistetaan, että päällystettävät betonirakenteiden kosteus alittaa päällystämateriaalien edellyttämän suhteellisen kosteuden arvon. Mittausraportit liitetään työmaa-asiakirjoihin. Mittausraporteissa tulee tulosten lisäksi olla tarkka mittausmenetelmäkuvaus (mittalaitteet, mittausajat, mittauspisteet jne.)	

5. TAKUUNANTAJIEN HYVÄKSYNTÄ		
Takuunantaja	Toimenpide	Kuittaus
	Suunnitelmat ja ratkaisut käyty läpi ja hyväksytyt	

Kosteudenhallintasuunnitelman hyväksyntä

Päiväys ja paikkakunta


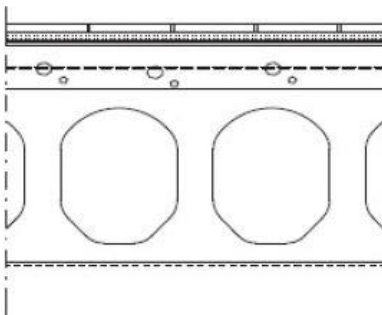
Vastaava mestari


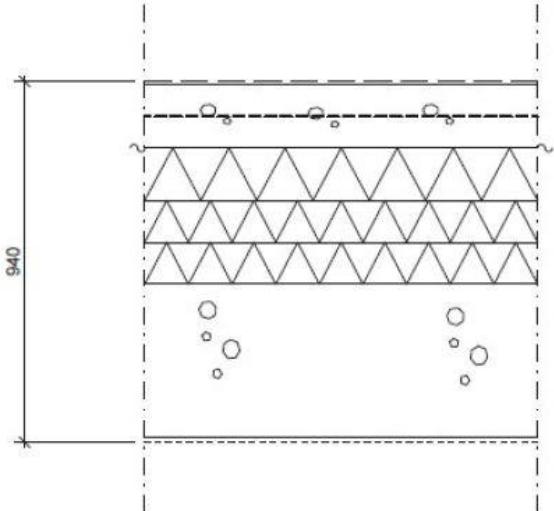
Riskirakenteiden rakennedetailjit


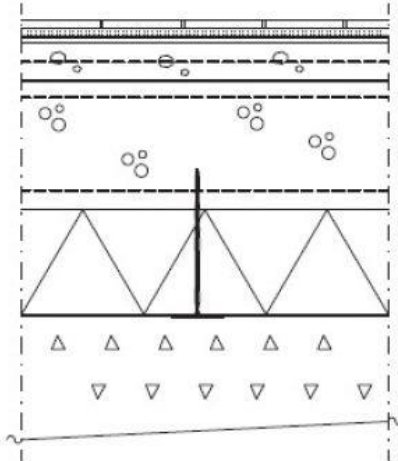
Kosteudenhallintasuunnitelma

Esimerkki

Sivu 7/9

ITÄ-HAKKILAN PÄIVÄKOTI		VÄLIPOHJA MÄRKÄTILAT	1:10
		Päiväys	VP 2
			
<p>PINTAKÄSITTELY /- MATERIAALIT ks. huoneselostus, kiinkerilaatta</p>			
<p>KIINNITYSLAASTI</p>			
<p>VEDENERISTYS, Hyväksytty vedeneristysjärjestelmä, Ks. erillinen VE-seloste</p>			
40...60 mm	<p>TASAUS/KALLISTUSBETONI BY 45: luokka A-4-30 verkko 4-150</p>		
<p>TARTUNTASILTA ontelolaatan saumat 20mm vajaa ja puhdaspinta ei kiiltävä</p>			
320 mm	<p>ONTELOLAATAT ks. rakennesuunnitelmat</p>		
<p>PINTAKÄSITTELY /-MATERIAALIT ks. huoneselostus</p>			
<p>U-ARVO: - W/m²K ILMAÄÄNENERISTÄVYYS: R'_w > 55 dB ASKELÄÄNITASO: L'_{n,w} < - dB PALONKESTOLUOKKA: REI 60</p>			

ITÄ-HAKKILAN PÄIVÄKOTI		VÄLIPOHJA VÄESTÖNSUOJAN KATTO	1:10
		<small>Päiväys</small> 	VP4
			
PINTAKÄSITTELY / -MATERIAALI			
120 mm	TERÄSBETONILAATTA BY45, luokka : A-4-30, keskeinen verkko 8-200, B500K		
	SUODATINKANGAS, KÄYTTÖLUOKKA N2		
520 mm	LÄMMÖNERISTE EPS 200 lattia		
300 mm	TERÄSBETONILAATTA Rakennesuunnitelman mukaan		
	PINTAMATERIAALI TAI -KÄSITTELY Rakennusselostuksen mukaan		
	VSS KORKEUS KANTAVAAN LAATTAAN 2600 mm		
	PALONKESTOLUOKKA	REI 60	

ITÄ-HAKKILAN PÄIVÄKOTI		ALAPOHJA VÄESTÖNSUOJA, MÄRKÄTILAT	1:10
		<small>päiväys</small> 	AP 6
			
<p>PINTAKÄSITTELY /- MATERIAALIT ks. huoneselostus, klinkkerilaatta</p>			
<p>KIINNITYSLAASTI</p>			
<p>VEDENERISTYS, sertifioitu vedeneristysjärjestelmä,</p>			
70 mm	<p>TASAUS/KALLISTUSBETONI BY 45 / BLY 7 : luokka A-4-30 keskeinen verkko: 6-150 B500 K</p>		
250 mm	<p>TARTUNTASILTA, VOIMAKAS HARJAUS</p>		
200/250 mm	<p>TERÄSBETONI ks. rakennesuunnitelmat Laattaan upotetun viemäriputken kohdalla paksunnos viemäriputki ympäröidään betonilla, betonipeite > 200 mm</p>		
≥ 300 mm	<p>LÄMMÖNERISTYS solupolystyreeni, EPS 100, $\lambda_{design} = 0,036 \text{ W/mK}$ tartunnat laattaan profiloitu eriste kiinnike 4kpl/m²</p>		
<p>KAPILLAARIKATKO sepeli Ø 6...32, kapillaarisuus < 150mm</p>			
<p>SUODATINKANGAS, KÄYTTÖLUOKKA N3</p>			
<p>PERUSMAA kallistettu salaojiin 1 : 50</p>			
U-ARVO:		0,13 W/m ² K	
PALONKESTOLUOKKA:		REI 60	