

Jussi Stenvall

Rakennustyömaan olosuhteidenhallinta betoni- rakenteiden kuivatuksessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinööriytyö

22.4.2016

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Jussi Stenvall Rakennustyömaan olosuhteidenhallinta betonirakenteiden kuivatuksessa 46 sivua + 5 liitettä 22.4.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Rakentamisen projektinhallinta
Ohjaajat	Tuotantopäällikkö Santtu Hokkanen, NCC Rakennus Oy Lehtori Juha Virtanen, Metropolia AMK
<p>Tämä insinöörityö tehtiin NCC Rakennus Oy:n pääkaupunkiseudun asuntorakentamisen yksikölle ja sen tavoitteena oli selvittää työmaiden olosuhteidenhallinnan tasoa, sekä tapoja, joilla voidaan muokata olosuhteet sopiviksi rakenteiden kuivumiselle.</p> <p>Rakennushankkeiden yleisaikataulut kiristyvät ja monia työvaiheita voidaan nopeuttaa esivalmistetuilla tuotteilla, sekä työryhmien kokoa ja määrää muuttamalla, mutta betonin kuivuminen vie oman aikansa ja se tulee huomioida suunnittelussa ja tuotannossa. Jotta rakenteet saavuttavat kriittisen kosteusraja-arvon ajallaan, tulee luoda kuivumiselle hyvät olosuhteet.</p> <p>Työssä havainnollistettiin laskemalla yleisien rakenteiden kuivumisaikoja eri olosuhteissa. Laskuista huomattiin, että melko pienet lämpötilan ja ilman kosteuden muutokset voivat vaikuttaa suuresti rakenteen kuivumisaikaan. Yleisaikataulusta nähdään valujen ja pinnoitustöiden välinen aika ja tämän aikana rakenne tulee saada tarpeeksi kuivaksi.</p> <p>Työn pohjalta luotiin olosuhteiden valvontakortti, jonka avulla työmaalla valvotaan ja dokumentoidaan rakenteiden kuivatusolosuhteita. Mikäli työmaalla on ollut rakenteiden kuivatuksen aikana oikeanlaiset olosuhteet ja rakenteen suhteellinen kosteus todennetaan mittaamalla rakenteesta sen suhteellinen kosteus, voidaan rakenne pinnoittaa ajallaan. Rakenteiden kuivatuksen onnistuminen tahdistaa pinnoitustyövaiheita, jos rakenteita ei saada kuivaksi ajallaan, saattaa useiden työvaiheiden aloitus siirtyä.</p>	
Avainsanat	Kuivatus, rakenteen suhteellisen kosteuden mittaaminen, olosuhteidenhallinta

Author Title Number of Pages Date	Jussi Stenvall Controlling Construction Site Conditions in Drying of Concrete Structures 46 pages + 5 appendices 22 April 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	Project Management for Construction
Instructors	Santtu Hokkanen, Production Manager Juha Virtanen, Senior Lecturer
<p>This engineering study was made for NCC Construction Ltd and the target was to examine the level of condition control on construction sites and ways to modify climate conditions in order for concrete structures to dry properly.</p> <p>Schedules of building projects are getting tighter and many work phases can be made faster with prefabricated products as well as by changing the size and number of work teams. However, the process of drying of concrete takes time, which needs to be taken into consideration in planning and production. In order to reach sufficient relative humidity in concrete structures, proper drying conditions must be created.</p> <p>In this study, it was demonstrated how different climate conditions have an impact on the drying time of different structures by using certain calculations. These calculations show that small changes in temperature and humidity can make have a significant effect on the drying time of the structures. The schedule of building projects shows the time between concrete casting and covering the concrete. This time slot should enable the structures to be dry enough for covering.</p> <p>As a result of this study, a monitoring card for on-site conditions was created. This card is used to monitor the conditions on the site and document them in the construction site archives. If the conditions have been favourable during the drying process, and the relative humidity of the structure is measured, the covering of the concrete can be made on time. Success of the drying process is an important factor, because it has a direct impact on the procedures of other work on the construction site. Therefore, it can either postpone the next operation or keep the building project schedule on time.</p>	
Keywords	Drying of concrete, Measuring the relative humidity of the structure, Condition control

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Taustat	1
1.2	NCC	1
1.2.1	NCC Healthy	2
1.3	Tavoitteet	3
1.4	Rajaus ja tutkimusmenetelmät	3
2	Betonin kuivuminen	4
2.1	Kuivumisprosessi	4
2.2	Kuivumisen alkaminen	5
3	Kuivumisaikojen huomiointi yleisaikataulussa	7
3.1	Yleisaikataulun laadinta	7
3.2	Yleisaikataulu ja kuivumisajat	8
3.2.1	Olosuhteiden muutosten vaikutukset kuivumisaikoihin	8
3.3	AR:n työmaiden yleisaikataulut ja riskit	9
4	AR:n työmailla yleisten rakennetyyppien kuivumisaikavertailu	12
4.1	Kuivumisaika-arvion laskemismenetelmä	12
4.2	Rakenteiden kuivumisaika-arviot	12
4.2.1	Osittain yhteen suuntaan kuivuva teräsbetonilaatta	13
4.2.2	Ontelolaatta ja lattiatasoite	14
4.2.3	Kololaatta ja kylpyhuoneen kaatolattia	16
5	Työmaan kuivatus ja kuivumisolosuhteet	19
5.1	Tilaaajan ja rakennuttajan vastuut	19
5.2	Suunnittelu	20
5.2.1	Vuodenaikojen vaikutus kuivatukseen	21
5.3	Olosuhteiden hallintamenetelmät	22
5.3.1	Lämmitys	22
5.3.2	Ilman kuivaus	23
5.3.3	Kuivainlaittekapasiteetin laskenta	25
5.4	Tuuletus ja ilmanvaihto	26
5.5	Työmaa aikainen seuranta ja vastuu	27

6	Betonirakenteiden suhteellisen kosteuden mittaus	29
6.1	Laitteisto ja menetelmät	29
6.1.1	Porareikämittaus	29
6.1.2	Näytepalamittaus	32
6.1.3	Pintakosteusmittaus	34
6.1.4	Mittalaitteiden kalibrointi	34
6.2	Mittauspisteiden valinta	35
6.3	Mittaustulosten dokumentointi	36
6.4	Rakenteiden pinnoitettavuusarvot	37
7	NCC AR -työmaiden olosuhteet	39
7.1	Tämänhetkiset olosuhteet työmailla	39
7.2	Kuivatuksen aloittaminen ja toteuttaminen	39
8	Olosuhteiden valvontakortti	41
8.1	Käyttöönotto	41
8.2	Tavoitteet ja käyttö	41
8.3	Seuraukset	42
9	Yhteenveto ja johtopäätökset	43
	Lähteet	45
	Liitteet	
	Liite 1. Rakenteiden kuivumisaika-arvio-laskuri	
	Liite 2. Rakenteiden kuivumisaika-arvioiden laskenta-arvot	
	Liite 3. Olosuhteiden valvontakortti	
	Liite 4. Olosuhteiden valvonta mobiilisovelluksella	
	Liite 5. Rakenteiden kuivatusohje	

Lyhenteet ja käsitteet

AR	NCC Rakennus Oy:n pääkaupunkiseudun asuntorakentamisen yksikkö
RH	Ilman tai rakenteen suhteellinen kosteus, ilmoitetaan %-lukuna, kuinka paljon se sisältää kosteutta kyllästyskosteudesta

1 Johdanto

1.1 Taustat

Tämä insinööri työ tehtiin NCC Rakennus Oy:n pääkaupunkiseudun asuntorakentamisen yksikölle. Yrityksessä pidetään kestävästä kehityksestä tärkeänä. NCC on kehittänyt NCC Healthy -konseptin, jonka tavoitteena on terveet ja terveelliset rakennukset.

Rakentamishankkeiden urakkakilpailut ovat erittäin tiukkoja ja aikataulua kiristämällä voidaan säästää rahaa. Rakentamista voidaan nopeuttaa työryhmien määriä ja kokoa muuttamalla sekä esivalmistetuilla tuotteilla, kuten kylpyhuone- tai parvekelementeillä. Betoni ei kuitenkaan kuivu yhtään nopeammin kuin ennen ja se on otettava huomioon aikatauluja laatiessa ja työmaalla tuotannossa.

Yleisaikataulussa on huomioitu betonirakenteiden kuivumisajat, mutta usein aikataulu on tiukka ja rakenteen pinnoittaminen tulee nopeasti eteen. Rakenteiden kuivumiseen vaikuttavat suuresti työmaalla vallitsevat olosuhteet ja kosteudenhallinta. Työmaa-aikaisella kosteudenhallinnalla sekä olosuhteidenhallinnalla saavutetaan lasketut kuivumisajat ja rakenteet päästään pinnoittamaan suunniteltuina ajankohtina.

1.2 NCC

NCC:n juuret alkavat vuodesta 1947, jolloin Armas Puolimatka perusti rakennusyrityksen nimeltä Rakennustoimisto A. Puolimatka Oy. Rakennustoimisto A. Puolimatalla oli omaa rakennustoimintaa ja rakennesuunnittelua, jotka NCC AB osti vuonna 1996 ja tämän jälkeen NCC Puolimatka Oy aloitti toiminnan. Vuotta myöhemmin nimi muuttui NCC-Puolimatka International Oy:ksi. Vuodesta 1999 jälkeen yritys tunnettiin nimellä NCC Finland Oy, joka jakautui vuonna 2003 NCC Rakennus Oy:ksi, NCC Property Development Oy:ksi ja NCC Roads Oy:ksi. Vuoden 2016 alusta NCC AB jakautui neljään liiketoiminta-alueeseen, näitä ovat Building, Industry, Infrastructure ja Property Development. NCC Rakennus Oy:stä tuli osa pohjoismaista yksikköä NCC Buildingia.

[1.]

Nykypäivänä NCC on yksi Pohjois-Euroopan johtavista rakennusalan yrityksistä. NCC:n toimialoja Suomessa ovat talonrakentaminen sisältäen asunto-, toimitila-, liike- ja korjausrakentamisen sekä infrarakentaminen. NCC:llä on tytäryhtiö suunnittelutoimisto Optiplan Oy. NCC:n tavoitteena rakentamisessa on paras mahdollinen lopputulos, mikä käsittää laadukkaat tuotteet ja palvelut, unohtamatta elinkaariajattelua. NCC:n toimitusjohtajana toimii Harri Savolainen. [1.]

Pääkaupunkiseudun asuntorakentamisen yksikkö tarjoaa NCC Tähtikoteja, sekä toimii urakoitsijana kaikenkokoisissa asuintalo hankkeissa. AR:n palveluihin kuuluu asiakkaan tarpeiden huomioiminen rakennuttamisessa, suunnittelun ohjauksessa ja tämän lisäksi asukkaiden toiveiden mukaisten muutostöiden toteuttaminen. Pääkaupunkiseudun asuntorakentamisen toimialajohtajana toimii Jari Lehtinen. [1.]

1.2.1 NCC Healthy

NCC Healthy on tulevaisuuden konsepti, jolla tarjotaan asiakkaalle kosteusteknisesti turvallisia ratkaisuja. Tavoitteena on taata kosteusturvallinen rakennustapa, joka todennetaan kattavan dokumentoinnin avulla. NCC Healthyssä on huomioitu koko rakennuksen elinkaari. Huolella rakennettu tuote ennalta ehkäisee yllättäviä kustannuksia käytön aikana ja järjestelmällisesti dokumentoidut tiedostot rakentamisen ajalta helpottavat rakennuksen oikeanlaista ylläpitoa.

NCC Healthy -työmaan johto koulutetaan Healthy-asiiantuntijoiksi. Koulutuksella varmistetaan tavoitteet sekä osaaminen kosteusturvallisessa ja terveellisessä rakentamisessa. Betonin kuivumista seurataan huolellisesti ja pinnoitettavuusvaatimukset todennetaan mittausten avulla ja tulokset dokumentoidaan tietojärjestelmään. Kosteuskriittisiin rakenteisiin asennetaan kosteusantureita, jotka voidaan kytkeä erikseen tilatta-vaan kiinteistön käyttöliittymään.

NCC Healthy -työmaa on rakentamisen aikana aktiivisesti yhteydessä rakennuttajaan viikoittaisella raportoinnilla. Työmaalla työskentelevät perehdytetään selkeästi, jotta työntekijöillä on kaikki tarvittava tieto työmaan laatuvaatimuksista ja pelisäännöistä.

1.3 Tavoitteet

Tavoitteena on selvittää rakenteiden kuivatukseen ja olosuhteidenhallintaan liittyviä asioita, sekä olosuhteidenhallinnan tämän hetkinen tilanne NCC:n työmailla. Miten voidaan varmistaa, että rakenteet kuivuvat suunnitellussa aikataulussa, eikä töille tule keskeytyksiä? Milloin yleisaikataulun sallima kuivumisaika on liian tiukka ja milloin rakenteiden kuivuminen pääsee alkamaan? Miten kuivumisolosuhteita voidaan hallita ja seurata, jotta voidaan varmistaa rakenteen tehokas kuivuminen? Miten näitä asioita voidaan suunnitella jo rakentamisen valmisteluvaiheessa? Millaisilla menetelmillä ja miten rakenteita tulisi kuivattaa eri vuodenaikoina ja eri sääolosuhteissa? Oikeanlaisella rakenteen suhteellisen kosteuden mittaamisella varmistetaan, että rakenne on kuiva ja päällystystyöt voidaan aloittaa. Luotettavalla dokumentoinnilla todennetaan, että pinnoitusvaatimukset ovat täyttyneet.

Työn pohjalta luodaan työmaille olosuhteiden valvontakortti (Liite 1.) ja rakenteiden kuivatusohje (Liite 5.). Valvontakorttia käytetään työmaalla laadunohjauksessa. Olosuhteiden valvontakorttia täytetään 1-2 kertaa viikossa, jolloin mitataan työmaalla vallitsevat olosuhteet ja reagoidaan tarvittavin toimenpitein epäedullisiin olosuhteisiin.

1.4 Rajaus ja tutkimusmenetelmät

Työ rajataan asuinkerrostalojen pinnoitettaviin rakenteisiin. Näkökulmia luodaan rakentamisvaiheeseen, sekä rakentamisen valmisteluun. Kuivumista käsitellään aikataulu näkökulmasta ja miten vuodenaikat vaikuttavat kuivumisolosuhteisiin. Lisäksi käsitellään olosuhteiden hallintamenetelmiä, joilla luodaan työmaalle betonirakenteiden kuivumiseen sopivat olosuhteet. Kuivumista käsitellään olosuhteiden vaikutusten mukaan, betonin ominaisuuksien vaikutuksia kuivumiseen ei tässä työssä käsitellä.

Tutkimusmenetelminä toimii kirjallisuuden, rakennustietokantojen, yrityksen arkistojen tutkimista, sekä NCC:n henkilöstön haastatteluja.

2 Betonin kuivuminen

Tässä luvussa kerrotaan betonin kuivumisprosessista ja hydrataatioreaktiosta, sekä pohdintaan milloin betonin kuivuminen alkaa.

2.1 Kuivumisprosessi

Betonin hydrataatioreaktiossa eli kovettumisreaktiossa sitoutuu betoniin kemiallisesti vettä. Tämä vesi ei pysty normaaleissa olosuhteissa poistumaan betonista. Sitoutunut vesi muodostaa sementin kanssa sementtiliiman, joka sitoo kiviainekset toisiinsa ja betoni kovettuu. Hydrataatioreaktio on alussa nopeaa, mutta ajan kuluessa se hidastuu. Riippuen sementtityypistä hydrataatioreaktio on suurimmaksi osaksi tapahtunut noin 15 vuorokaudessa. Mikäli hydrataatioreaktio tapahtuisi täydellisesti, kemiallisesti sitoutuneen veden määrä saattaisi olla jopa 25 paino-% betonimassan valmistuksessa käytetystä sementin määrästä. Betonin, jonka vesisementtisuhde v/s on 0,6-0,8 sisältää valmistusvaiheessa vettä noin 180-200 l/m³. Hydrataatioreaktiossa vettä sitoutuu noin 50-70 l/m³. Tätä kutsutaan sitoutumiskuivumiseksi, mutta tämän jälkeen betoniin jää paljon vapaata vettä, joka on sitoutunut betonin huokosrakenteeseen. Huokosrakenteessa olevaa vettä haihtuu betonista niin kauan, kunnes betonin huokosrakenteen suhteellinen kosteus on sama, kuin ympäröivän ilmassa. Tätä kutsutaan hygroskooppiseksi tasapainoksi. [2, s.432-433; 3, s. 87-89.]

Betonia valettaessa sen huokosten suhteellinen kosteus on 100%. Betonilaadusta riippuen sitoutumiskuivumisessa suhteellinen kosteus voi laskea 2-10% -yksikköä. Betonin kuivumista ei saa jättää sitoutumiskuivumisen varaan, sillä joillakin tuotteilla voidaan pinnoittaa rakenne, jonka suhteellinen kosteus on 90%. Betonirakenteen pintaosasta kuivuminen tapahtuu haihtumalla. Mikäli ympäröivä ilma on kuivaa, tällöin rakenteen sisältä pyrkii kosteutta siirtymään pintaa kohti ja haihtumaan. Syvemmillä rakenteessa haihtuminen tapahtuu kapillaarijohtumisella ja diffuusiolla. Kapillaarinen siirtyminen edellyttää yhtenäistä vedellä täyttynyttä huokosverkostoa. Sitoutumiskuivumisen myötä huokosverkosto katkeaa ja kapillaarihuokokset alkavat muuttua ilmatäytteisiksi. Tämän jälkeen kuivuminen tapahtuu pääosin diffuusion avulla. Diffuusiolla kosteuden siirtyminen perustuu huokosissa oleviin vesihöyryn osapaine-eroihin. Kosteus siirtyy pintaa kohti huokosiin, joissa osapaine laskee ja pintahuokosista kosteus haihtuu ilmaan. Diffuusion avulla kuivuminen tapahtuu huomattavasti hitaammin kuin kapillaarijohtumisen

kautta eli kuivuminen hidastuu mitä pidemmälle hydrataatioreaktio etenee. Betonilaidun valinnalla kuivumista voidaan nopeuttaa huokoistamalla betonimassaa, pienentämällä vesisementtisuuhdetta tai käyttämällä mahdollisimman suurta maksimiraekokoa betonissa. [2, s. 433; 3, s. 90-91.]

Diffuusio toimii myös päinvastaiseen suuntaan. Mikäli tilassa olevan ilmassan kosteuspitoisuus on suurempi, kuin betonin, vallitsee rakenteen sisällä huokosissa pienempi osa-paine kuin pinnassa. Tällöin kosteus alkaa siirtyä takaisin rakenteeseen. Tästä syystä työmaan runkovaiheen aikaisella kosteudenhallinnalla on suuri merkitys siihen millaisista asetelmista lähdetään kuivattamaan rakenteita, kun vaippa on saatu umpeen. Olosuhteita hallitsemalla muokataan tilan lämpötila ja kosteuspitoisuus sopivaksi, jotta betoni pääsee kuivumaan. Mikäli rakenne kastuu uudelleen, sen kuivumisaika voi nousta jopa 1,5-2-kertaiseksi. Betonin vesi-sideainesuhteella on vaikutusta kastuneen rakenteen kuivumiseen. Mitä korkeampi vesi-sideainesuhde betonissa on, sitä suuremmat vaikutukset kastumisella on kuivumiseen, eli alhaisemman lujuusluokan betonit imevät itseensä tehokkaammin kosteutta. Mitä myöhäisemmässä vaiheessa rakenne kastuu, sitä kauemmin kestää sen kuivuminen. Mikäli korkeanlujuusluokan betoniin pääsee imeytymään vettä, sen kuivuminen kestää kauemmin kuin alhaisemman lujuusluokan betonin, esimerkiksi NP betonia ei saa päästää kastumaan, sillä sen uudelleenkuivuminen voi kestää erittäin kauan. [2, s. 433; 3, s. 91-92; 3.]

2.2 Kuivumisen alkaminen

Betonin kuivumisen alkaminen on hankala määrittellä. Kuivumisen alkamisen ajankohdasta on varmasti monia mielipiteitä ja eri lähteiden tiedot eroavat toisistaan. Kuivumisen alkamisajankohta tulisi kuitenkin hahmotella aikatauluun, jotta voidaan laskea kuivumiseen kuluva aika ja määrittää pinnoitustöiden aloitusajankohdat.

Oletetaanko, että betoni alkaa kuivua heti valun jälkeen? Betoni alkaa kovettua, kun se on valettu ja hydrataatioreaktion johdosta siitä alkaa sitoutua kemiallisesti vettä sementin kanssa ja tällöin betonin suhteellinen kosteus laskee. Kuitenkin hydrataatioreaktio voidaan pitää kovettumisena, eikä kuivumisena, vaikka hydrataation aikana betonin suhteellinen kosteus voi laskea noin 2-10 %-yksikköä.

Valetun rakenteen sijainnista riippuen rakenne saattaa olla sateelle alttiina, joten betoni ei kuivu, eli kastuminen tulisi olla estetty, jotta rakenne pääsee kuivumaan. Ennen kuin vesikatto on ummessa, saattaa rakenteita pitkin valua vettä ja kastella toistuvasti alempana olevia rakenteita. Eli ei voi olla varmaa saadaanko rakenteita kuivatettua, ennen kuin vesikatto on saatu umpeen. Rakennuksen vaipan ummistamisella ja hyvällä osastoimisella voidaan estää lisäkosteuden pääsy rakenteisiin, vaikka vesikatto ei vielä olisi ummessa. Lattiatasoitteiden ja kaatolattioiden valujen jälkeen tiloissa ilmankosteus voi nousta merkittävästi. Mikäli kosteaa ilmaa ei tuuleteta pois, ei betonin kuivuminen käynnisty toivotulla tavalla. Joten olosuhteet tulisi saada kuivumiselle suotuisiksi heti valujen jälkeen, jotta kuivuminen voi alkaa.

Talvella holvivaluissa lämmittämällä ja peitteillä hidastetaan valun jäätymistä. Mutta kun betoni on saavuttanut riittävän lujuuden rakenne saa jäätyä. Jäätynyt rakenne alkaa kuivua, kun betonin huokosissa oleva vesi on sulanut, eli kuivuminen saattoi alkaa heti valun jälkeen, mutta pysähtyi, kun rakenne jäättyi.

Valun peittämistä voidaan käyttää myös jälkihoitomenetelmänä, jolloin betonista haihtuva kosteus tiivistyy peitteen ja betonin väliin, jolloin se valuu takaisin betonin pinnalle, eli kuivuminen on estetty. Valun jälkeen voidaan jälkihoitona käyttää myös pinnan kastelua, jolloin betonin kuivumisen alkaminen siirtyy jälkihoidon päättymiseen. Tällöin voisi kuvitella, että kuivuminen alkaa, kun jälkihoito on päättynyt. Aina ei kuitenkaan valetuille betonipinnoille tehdä edellä mainitunlaisia jälkihoitotoimenpiteitä, vaan pelkkä pinnan hierto tai tasaaminen riittää.

Betonin kuivumisen alkamisajankohta on siis haastavaa määritellä tarkasti, koska muuttuvia tekijöitä voi olla monia. Alkaako kuivuminen heti valun jälkeen, jälkihoidon päätyttyä vai vasta sitten, kun olosuhteet on saatu oikeanlaisiksi tai uudelleen kastuminen on estetty vai vasta kun runko on saatu täysin umpeen? Vaikutti kuivumisen alkamiseen mikä tahansa edellä mainituista, tulee kuivumisolosuhteet luoda oikeanlaisiksi ja uudelleenkastuminen tulee estää. Tämän lisäksi betonin suhteellisen kosteuden mittaaminen pitää aloittaa tarpeeksi ajoissa, jotta voidaan todeta kuivumisen tilanne ja sen eteneminen. Betonirakenteiden kuivatus on pitkä ja hidas prosessi. Mikäli kuivumisen kanssa on ongelmia, tulee niihin reagoida ajoissa.

3 Kuivumisaikojen huomiointi yleisaikataulussa

Tässä luvussa käsitellään betonirakenteiden kuivumista ja riskejä yleisaikataulun näkökulmasta.

3.1 Yleisaikataulun laadinta

Yleisaikataulun laadinnassa on tärkeää huomioida betonirakenteiden kuivuminen. Työvaiheita voidaan nopeuttaa työryhmien kokoa ja määrää muokkaamalla, kuitenkin betonirakenteiden kuivumiseen menee oma aikansa. Alustavassa yleisaikataulussa ei välttämättä ole huomioitu kuivumiseen menevää aikaa tarkasti, mutta kuitenkin karkealla tasolla.

Yleisaikataulun laadinnassa rakenteiden kuivumiseen tulee ottaa huomioon seuraavia asioita [4.]:

- Rakennusvaiheiden ajoitus vuodenaikoihin: Talvella todennäköisyys runkovaiheen aikana tapahtuviin töiden keskeytyksiin ja häiriöihin on suurempi kuin kesällä. Näitä ovat esimerkiksi pakkaspäivät, lumityöt ja betonitoimittajien valujen pakkasrajat. Sateisena kesänä riskinä on esimerkiksi elementtien eristeiden ja muiden rakenteiden kastuminen. Runkovaiheen aikana työnsuunnittelulla on iso rooli kosteudenhallinnassa ja kuivatuksen aloittamisessa. Sisävalmistusvaiheessa vuodenajat vaikuttava tapojen valintoihin, joilla rakennuksen rakenteita kuivatetaan.
- Rungon tyyppi: Täyselementtirakentamisessa runkovaihe on lyhyempi verrattuna esimerkiksi rakennustapaan, jossa vaakarakenteet ovat paikalla valettuja. Tällöin sisävalmistusvaiheen alkaessa eri runkotyyppien rakenteiden kosteudet ovat erilaisia.
- Lämmönjakohuoneen sijainti: Lämmönjakohuoneen sijainnilla on vaikutusta rakennuksen rungon pystytysjärjestykseen. Lämmönjakohuoneen laitteiden ja lämpöjohtojen asennustyöt on saatava mahdollisimman nopeasti käyntiin, jotta lopullinen lämmitysjärjestelmä saadaan kytkettyä ja tämä mahdollistaa rakennuksen tasaisen lämmityksen. Tähän liittyy välitavoite ”Lämpö päällä”.

- Ikkunoiden asennus rungon edetessä: Ikkunoiden asennus tulee yleensä runkovaiheessa muutamaa kerrosta elementtiasennusta perässä. Näin saadaan runkoa umpeen, estettyä esimerkiksi viistosateen pääsy sisälle ja rakenteiden kastuminen, sekä lämmitys voidaan aloittaa, mikäli lämpö saadaan pidettyä sisällä.
- Valujen ja pinnoituksen aikavälit: Aikatauluun tulee huomioida, milloin esimerkiksi lattiatasoite valetaan ja milloin aloitetaan laminaattiasennus tai kylpyhuoneen kaatovaluista laatoitustöiden aloitukseen. Betonin tai pumpattavan lattiatasoitteen toimittajalta on hyvä kysyä massan ominaisuuksista ja kuivumisajoista sekä tiedustella nopeammin kuivuvista tuotteista.

3.2 Yleisaikataulu ja kuivumisajat

Rakenteiden kuivuminen oletetaan alkavan, kun tiloissa saadaan pidettyä noin +10°C:n lämpötilaa ja lisäkosteuden pääsy rakenteisiin on estetty. Osastoituihin tiloihin voidaan alkaa lisätä lämpöä ja kuivatus saadaan aloitettua. Tämä on tärkeä suunnitella etukäteen ja toteuttaa ajallaan. Töiden etukäteissuunnittelulla on iso rooli töiden suunnittelussa ja kuivatuksen toteuttamisessa. Mikäli olosuhteita ei luoda heti valujen jälkeen oikeanlaisiksi, saattaa päällystys- ja pinnoitustöiden aloitus myöhästyä.

3.2.1 Olosuhteiden muutosten vaikutukset kuivumisaikoihin

Olosuhteilla on suuri vaikutus rakenteiden kuivumisaikoihin. Lämpötilan muutos vaikuttaa suuresti rakenteen kuivumispituuteen. Tilan lämpötilan lisäksi ilmankosteus tulee muokata kuivumiselle sopivaksi. Molempien ominaisuuksien yhteisvaikutuksella tulee suuria muutoksia kuivumisaikoihin. Taulukoissa 1 ja 2 on havainnollistettu kuivumisajan muuttuminen, kun muokataan vain lämpötilaa tai ilmankosteutta.

Taulukossa 1 huomataan, että lämpötilassa 5°C:n muutos vaikuttaa rakenteesta riippuen kuivumisajan pituuteen suhteellisen paljon.

Taulukko 1. Lämpötilan muutoksen vaikutus kuivumisaikaan

Rakenne, tavoite kosteus %RH:	10 astetta	15 astetta	20 astetta	25 astetta
Ontelolaattaa + lattitasoite 20mm , 85%	13,8 viikkoa	11,5 viikkoa	9,7 viikkoa	8,1 viikkoa
Kololaatta + kaatolattia 150mm, 90%	11,2 viikkoa	9,4 viikkoa	7,9 viikkoa	6,6 viikkoa
Maanvastainen tb-laatta 130mm, 85%	38,6 viikkoa	32,2 viikkoa	27,0 viikkoa	22,5 viikkoa
Massiivinen tb-laatta 250mm, 85%	36,1 viikkoa	30,1 viikkoa	25,3 viikkoa	21,1 viikkoa
(Ilmankosteus 50%RH, rakenne kuivassa ja alusrakenteet kuivat)				

Taulukossa 2 havainnollistetaan, miten kuivatettavan tilan ilmankosteuden alentaminen nopeuttaa rakenteen kuivumista. RH% laskeminen 20 %-yksikköä vaikuttaa melko paljon kuivumisajan pituuteen rakenteesta.

Taulukko 2. Ilmankosteuden muutoksen vaikutus kuivumisaikaan

Rakenne, tavoite kosteus %RH:	70% RH	60% RH	50% RH	35% RH
Ontelolaattaa + lattitasoite 20mm , 85%	11,5 viikkoa	10,8 viikkoa	9,7 viikkoa	8,9 viikkoa
Kololaatta + kaatolattia 150mm, 90%	9,4 viikkoa	8,8 viikkoa	7,9 viikkoa	7,2 viikkoa
Maanvastainen tb-laatta 130mm, 85%	32,2 viikkoa	30,2 viikkoa	27,0 viikkoa	24,8 viikkoa
Massiivinen tb-laatta 250mm, 85%	30,1 viikkoa	28,3 viikkoa	25,3 viikkoa	23,2 viikkoa
(Lämpötila 20 astetta, rakenne kuivassa ja alusrakenteet kuivat)				

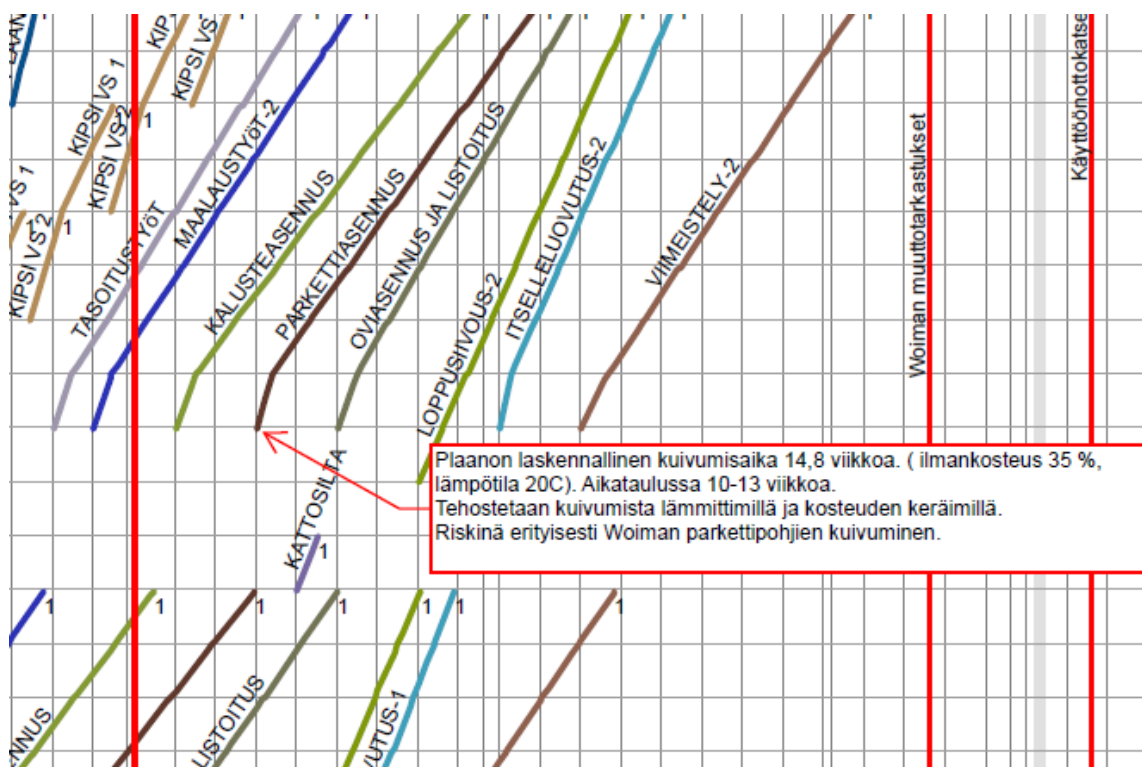
Mikäli muokataan molempia ominaisuuksia, ilmankosteutta ja lämpötilaa, saadaan kuivatukseen tarvittava aika vielä lyhyemmäksi. Tämä vaatii työsuunnittelua, huolellisen toteutuksen ja seurannan.

3.3 AR:n työmaiden yleisaikataulut ja riskit

AR:n työmaiden kosteudenhallintasuunnitelmiin tulee merkitä rakenteiden kuivumisajat ja verrata niitä yleisaikataulussa olevaan aikaan. Valikoiduista kosteudenhallinta suunnitelmista havaittiin, että laskennallisen kuivumisajan ja yleisaikatauluun varatun kuivumisajan välinen ero vaihtelee 0 viikosta noin 10 viikkoon tai arvioituja aikoja ei oltu laskettu ollenkaan. Mikäli laskennallinen kuivumisaika on lähes sama kuin yleisaikataulun sanelema aika, tällöin kuivumisajasta tulisi tehdä riskianalyysi ja merkitä se esimer-

kiksi yleisaikatauluun (kuva 1) sekä esittää se kosteudenhallintasuunnitelmassa tarvittavine toimenpiteineen. Taulukoiden 1 ja 2 kuivumisaikojen pituuden muutoksista voi päätellä, että melko pienetkin muutokset lämpötilassa ja ilman kosteudessa vaikuttavat helposti useita viikkoja rakenteen kuivumisaikaan. Tästä syystä olosuhteidenhallintatoimenpiteet tulee suunnitella huolellisesti ja paneutua yleisaikatauluun varattuihin kuivumisaikojen pituuksiin, sekä laskea, onko aikataulu kuivatuksessa liian tiukka. [5.]

Kuva 1 on otos AR:n työmaan yleisaikataulusta. Aikatauluun on merkitty huomio koskien kuivumisaikariskiä. Siinä on huomioitu, että laskennallinen kuivumisaika on pidempi kuin yleisaikataulun mukainen kuivumisaika. Huomioon on myös lisätty, mitä tulisi tehdä, jotta pysytään aikataulussa ja päästään asentamaan parkettia ajallaan. Tällaisia riskejä tulisi tunnistaa ja kartoittaa rakentamisen valmistelussa ja tehdä niistä huomiot, sekä toimenpide-ehdotus, jolla pidetään tilanne hallinnassa. Havaintoon olisi voinut vielä lisätä, että millaisissa olosuhteissa 10-13 viikkoa riittää rakenteen kuivatukseen, jos rakenteen kuivuminen kestää 14,8 viikkoa olosuhteiden ollessa +20°C ja RH 35%.



Kuva 1. Yleisaikatauluun tehty huomio kuivumisaika riskistä [5.]

Tällä hetkellä käynnissä olevien AR:n työmaiden yleisaikatauluihin varatut kuivumisaajat näyttävät riittäviltä, mutta kuitenkin ei ole varaa tinkiä olosuhteidenhallinnasta mikäli

rakenteet halutaan pinnoittaa suunniteltuna ajankohtana. Olosuhteidenhallintamenetelmät tulee ottaa käyttöön heti, eikä vasta kiireen ilmaannuttua, jolloin on jo usein liian myöhäistä sillä kuivatus vie aikaa. [5.]

4 AR:n työmailla yleisten rakennetyyppien kuivumisaikavertailu

Tässä luvussa käsitellään asuinkerrostaloissa yleisimmin käytettyjen rakenteiden kuivumisaikoja eri olosuhteissa, sekä miten pienet lämpötila- ja ilmankosteuserot vaikuttavat kuivumisaikoihin.

4.1 Kuivumisaika-arvion laskemismenetelmä

Betonirakenteiden kuivumisaikojen laskemiseen käytetään rakenteen mukaan muuttuvaa laskentakaavaa, jossa kerrotaan keskenään kyseiselle rakenteelle ominaiselta peruskuivumisaikakäyrältä saatava arvo muiden betonin ja olosuhteiden ominaisuuksille annetuilla arvoilla. Kuivumisaikojen laskemiseen on tehty Excel-pohjainen laskuri BY1021 (Liite1.). Laskurilla on nopea laskea monen eri rakenteen kuivumisaika arviot. Laskurista valitaan oikea rakenne, syötetään arvot, jolloin saadaan kuivumiseen tarvittava aika. Tätä laskuria käyttämällä NCC:n työmailla lasketaan rakenteiden kuivumisaika arviot, jotka esitetään kosteudenhallinta suunnitelmassa. [6.]

Betonirakenteiden kuivumisaikoja laskiessa tulee olla melko kriittinen. Laskurin tai laskujen antamat kuivumisajat eivät ole aina luotettavia. Betonin kuivumiseen vaikuttaa moni muukin asia, kuin laskukaavaan sijoitettavat arvot. Näitä ovat esimerkiksi rakenteen uudelleen kastuminen ja kastumisen ajankohta, sementtiliiman pois hionnan ajankohta, betonipinnan pölyisyys, betonin ominaisuudet ja onko kuivuvan rakenteen päälle varastoitu tavaraa, joka hidastaa tai estää kosteuden haihtumista. Kuivumisaikalaskurilla ja -laskuilla on hyvä verrata olosuhteiden vaikutusta kuivumisaikaan, mitä tässä kappaleessa myöhemmin käsitellään, mutta tulee muistaa, että saatavia arvoja tulee arvioida varauksin.

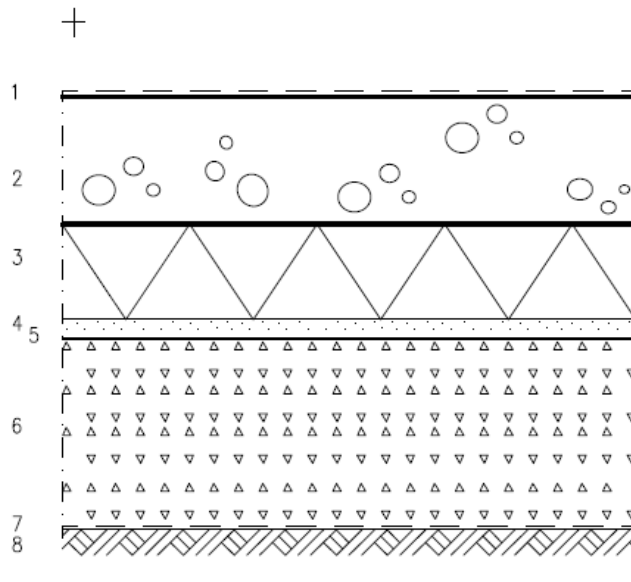
4.2 Rakenteiden kuivumisaika-arviot

Tässä havainnollistetaan asuinkerrostalotyömailla yleisten rakenteiden kuivumisaikojen vaihtelu olosuhteiden muuttuessa. Laskenta on tehty käsin käyttämällä Liitteen 2 arvoja, sekä laskurilla, joka on nähtävissä Liitteessä 1. Rakenteiden kuivumiselle hyvät olosuhteet olisivat, kun lämpötila on vähintään +20°C ja ilmankosteus enintään RH 50%, tällöin ilmalla on hyvä kyky vastaanottaa rakenteista haihtuvaa kosteutta ja työskentely

olot pysyvät sopivina. Mikäli lämpötilaa laskee 5°C ja ilmankosteus nousee 10%-yksikköä huomataan, että kuivumisaika muuttuu yllättävän paljon.

4.2.1 Osittain yhteen suuntaan kuivuva teräsbetoni-laatta

Kuvassa 2 on esitetty alapohjarakenneleikkaus, jossa on kantava maanvastainen 150 mm paksu teräsbetoni-laatta ja sen alapuolella on eristeenä solupolystyreenilevy. Tällainen rakenne kuivuu pääosin vain yhteen suuntaan. Betonilaatan alapuolella oleva lämpötila ja eristetyyppi vaikuttavat siihen, kuivuuko rakenne myös hieman alaspäin. Tämän tyyppisissä rakenteissa, joissa kuivumisaika voi olla erittäin pitkä, tulisi betonin toimittajalta selvittää, onko kuivumisaikaa mahdollista lyhentää betonin ominaisuuksia muuttamalla.



Kuva 2. Osittain yhteen suuntaan kuivuva alapohjarakenne. [5.]

Tehdään esimerkkilasku 1.1, jossa rakenteen tavoitekosteus on RH 85%, kuivatus tapahtuu olosuhteissa $+20^{\circ}\text{C}$ ja ilmankosteus RH 50%, betonin v/s-suhde on 0,7 ja kuvitellaan, että rakenne on ollut runkovaiheen aikana kosteassa kaksi viikkoa. Tämän rakenteen kuivumisajan laskemiseen käytetään laskukaavaa, joka on esitetty kuvassa 3.

$$\begin{array}{ccccccc}
 \text{Peruskuivumis-} & & & & & & \\
 \text{aika} & \times & \text{Veside-} & \times & \text{Rakenteen} & \times & \\
 & & \text{ainesuhde} & & \text{paksuus} & & \\
 \\
 \text{Alustan kosteus} & \times & \text{Kastumis-} & \times & \text{Kuivumis-} & = & \text{Arvioitu} \\
 & & \text{aika} & & \text{olosuhteet} & & \text{kuivumisaika}
 \end{array}$$

Kuva 3. Maanvastainen teräsbetoni-laatta laskukaava [6, s. 39.]

$$17 \text{ viikkoa} \times 1,0 \times 2,5 \times 1,1 \times 1,0 \times 0,84 = \underline{39,3 \text{ viikkoa}}$$

Esimerkkilasku 1.1. [6, s. 39.]

Laskelmasta saadaan rakenteen kuivumisajaksi noin 39 viikkoa. Tehdään uusilaskelma, johon muutetaan kuivumisolosuhteita. Käytetään esimerkkilaskussa 1.2 samaa rakennepaksuutta, mutta muutetaan lämpötila +15°C:een ja ilmankosteus 60%:iin.

$$17 \text{ viikkoa} \times 1,0 \times 2,5 \times 1,1 \times 1,0 \times 1,11 = \underline{51,9 \text{ viikkoa}}$$

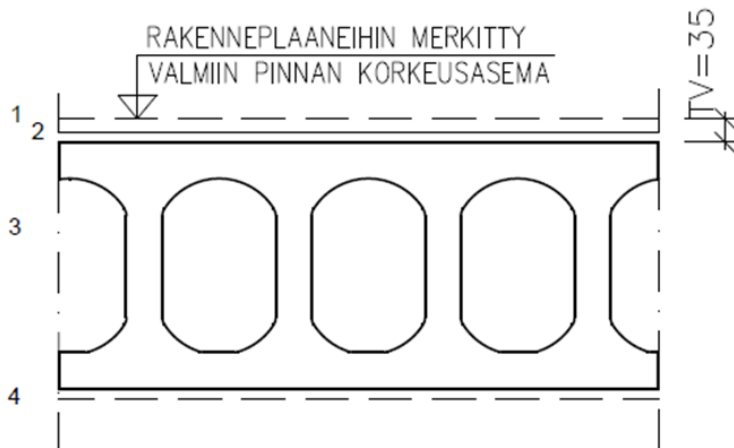
Esimerkkilasku 1.2. [6, s. 39.]

Olosuhteiden muutosten vuoksi kuivumisaika piteni lähes 13 viikkoa. Laskelmat osoittavat, että osittain yhteen suuntaan kuivuvan betonirakenteen kuivumisaika voi pidentyä huomattavasti, mikäli kuivatusolosuhteita ei pidetä oikeanlaisina. Rakenteen kuivumisajan pituuteen vaikuttaa myös työmaa-aikainen kastuminen ja betonin ominaisuudet, kuten vesisideainesuhde. Rakenteen kuivuminen laskujen mukaan kestää 275-363 päivää, joten rakenteen suhteellista kosteutta tulee alkaa seurata mittauksilla hyvissä ajoin ennen pinnoitustöitä. Näin pitkää kuivumisaikaa tuskin on yleisaikatauluunkaan huomioitu, joten laskujen tulokseen tulee suhtautua varauksin.

4.2.2 Ontelolaatta ja lattiatasoite

Kuvan 4 rakenne on yleinen välipohjarakenne elementtirakentamisessa. Pumpattavalla lattiatasoitteella saadaan ontelolaattojen pinta tasaiseksi ja valmiiksi pohjaksi esimerkiksi laminaatille. Lattiatasoitteen paksuus vaihtelee rakennuksen korkojen mukaan,

mutta yleensä paksuus voi olla 10-30 mm jopa 50 mm. Mikäli rakenteen paksuus muuttuu suunnitellusta, se vaikuttaa myös kuivumisajan pituuteen.



Kuva 4. Välipohjarakenne ontelolaatta ja lattiatasoite. [5.]

Riippuen rakenteen pintamateriaalista, tulee lattiatasoitteen saavuttaa tietty suhteellinen kosteus ennen pinnoittamista. Yleensä AR:n kohteissa asunnoissa käytetään laminaattia tai parkettia, joten valitaan rakenteen tavoite kosteudeksi RH 85%. Tämän rakenteen kuivumisajan laskemiseen käytetään laskukaavaa, joka on esitetty kuvassa 5.

$$\begin{array}{l}
 \boxed{\text{Peruskuivumis-aika}} \times \boxed{\text{Ontelolaatan kosteus}} \times \boxed{\text{Tasoitteen paksuus}} \times \\
 \boxed{\text{Kuivumisolosuhteet}} = \boxed{\text{Arvioitu kuivumisaika}}
 \end{array}$$

Kuva 5. Ontelolaatta + lattiatasoite laskentakaava [6, s. 49.]

Tehdään esimerkkilasku 2.1, jossa käytetään ominaisuuksina seuraavia tekijöitä. Olosuhteet joissa rakenne sisävalmistusvaiheessa kuivuu olisi +20°C ja ilmankosteus 50%. Tämän lisäksi oletetaan, että ontelolaatan suhteellinen kosteus on 90-95% ja lattiatasoitteen paksuus on 20 mm.

$$12 \text{ viikkoa} \times 1,0 \times 1,6 \times 0,84 = \underline{16,1 \text{ viikkoa}}$$

Esimerkkilasku 2.1. [6, s.49.]

Edellä mainituilla olosuhteilla ja ominaisuuksilla kuivumisajaksi saadaan noin 16 viikkoa. Tehdään uusi esimerkkilasku 2.2, jossa muutetaan kuivumisolosuhteet +15°C:een ja ilmankosteus 60%:iin.

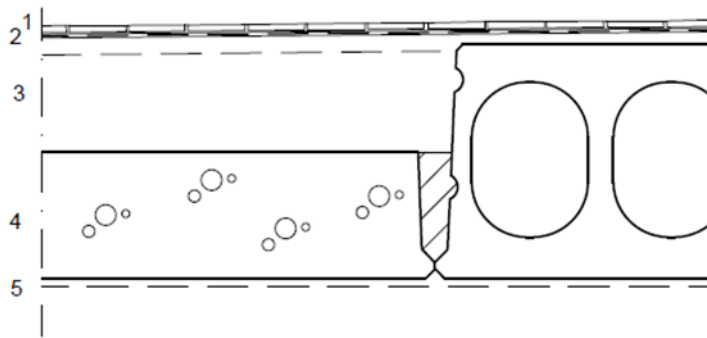
$$12 \text{ viikkoa} \times 1,0 \times 1,6 \times 1,11 = \underline{21,3 \text{ viikkoa}}$$

Esimerkkilasku 2.2. [6, s. 49.]

Uudeksi kuivumisajaksi saadaan noin 21 viikkoa, eli olosuhteiden muutos toi viisi viikkoa lisää pituutta kuivumisaikaan. Kuivumisajan pituuteen vaikuttaa myös ontelolaatan suhteellinen kosteus ennen lattiatasoitteen valamista. Tämä ajan lisäys saattaa vaikuttaa suuresti pinnoitustöiden aloitukseen. Laskut ovat suuntaa antavia ja niillä on hyvä vertailla kuivumisaikoja, mutta tulee muistaa, että kuivumiseen vaikuttaa moni asia.

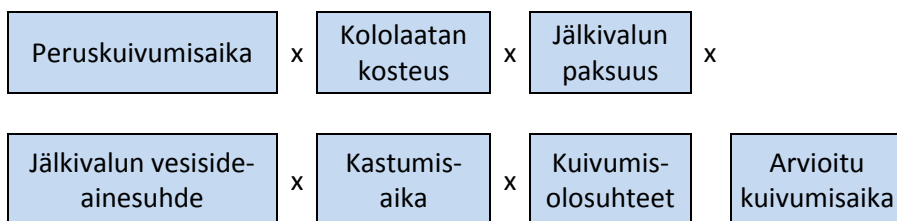
4.2.3 Kololaatta ja kylpyhuoneen kaatolattia

Kuvassa 6 on välipohjarakenneleikkaus kylpyhuoneen kohdalla. Välipohja on toteutettu ontelolaatalla, mutta kylpyhuoneen kohdalle ontelolaattaan on jätetty kolo, jolloin laatataa kutsutaan kololaataksi. Kololaattaan valettavan kaatovalun sisään voidaan asentaa kaivot, lattialämmitys ja muu tekniikka.



Kuva 6. Välipohjarakenne kololaatta ja kylpyhuoneen kaatolattia. [5.]

Kaatovalun paksuus vaihtelee, mutta oletetaan tässä laskussa sen olevan paksuimmillaan 150 mm. Kaatolattian päälle tulee vesieriste, jolloin rakenteen suhteellisen kosteuden tulee olla alle RH 90%. Tämän rakenteen kuivumisajan laskemiseen käytetään laskukaavaa, joka on esitetty kuvassa 7.



Kuva 7. Kololaattarakenteen laskukaava [6, s. 54.]

Tehdään kuivumisajasta esimerkkilasku 3.1. Oletetaan, että tilan olosuhteet ovat +20°C ja ilman kosteus 50%. Kaatolattiassa käytettävän betonin v/s suhde on 0,7 ja kololaattaan suhteellinen kosteus on alle 90% ja rakenne pysyy kuivana koko kuivatuksen ajan.

$$10 \text{ viikkoa} \times 0,9 \times 1,3 \times 1,0 \times 0,8 \times 0,84 = \underline{7,9 \text{ viikkoa}}$$

Esimerkkilasku 3.1. [6, s. 54.]

Laskun perusteella kuivumisajaksi saadaan noin 8 viikkoa. Muutetaan olosuhteet +15°C:een, ilmankosteus nostetaan 60% ja tehdään esimerkkilasku 3.2.

$$10 \text{ viikkoa} \times 0,9 \times 1,3 \times 1,0 \times 0,8 \times 1,11 = \underline{10,4 \text{ viikkoa}}$$

Esimerkkilasku 3.2. [6, s. 54.]

Uudeksi kuivumisajaksi saadaan näillä muutoksilla noin 10 viikkoa, eli lämpötilan lasku ja ilmankosteuden muutos pidentävät kuivumisaikaa tällaisessa tilanteessa noin kaksi viikkoa. Kaatovalun paksuus ja kololaatan suhteellinen kosteus voivat vaihdella asunnoittain, joten ei pidä luottaa siihen, että kaikki lattiat kuivuvat yhtä nopeasti. Tämän vuoksi on tärkeää huolehtia olosuhteista ja kosteudenhallinnasta.

5 Työmaan kuivatus ja kuivumisolosuhteet

Kuivumisolosuhteilla on suuri vaikutus betonirakenteiden kuivumisnopeuteen. Tästä syystä onkin tärkeää, että rakennushankkeeseen ryhtyvä suunnittelee ja järjestää työmaalla kosteudenhallintatoimenpiteet ja kuivumiselle suotuisat olosuhteet. Ulkolämpötila ja ilmankosteus voivat vaikuttaa suuresti sisällä vallitseviin kuivumisolosuhteisiin, sekä eri työvaiheet tuovat lisää kosteutta sisätiloihin, kuten tasoite- ja maalaustyöt. Ennen pinnoittamista rakenteen tulee olla saavuttanut päällystemateriaalin edellyttämä kriittinen kosteusraja-arvo. Tarpeeksi kuivilla rakenteilla varmistetaan hyvät asumisolosuhteet, joiden arviointia selkeyttämään on Sosiaali- ja terveysministeriö laatinut uuden asumisterveysasetuksen.

5.1 Tilaajan ja rakennuttajan vastuut

Rakennuksen terveellisyydestä on määrätty Maakäyttö- ja rakennuslain pykälässä §117c, alla lainaus pykälästä:

Rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava, että rakennus käyttötarkoituksensa ja ympäristöstä aiheutuvien olosuhteittensa edellyttämällä tavalla suunnitellaan ja rakennetaan siten, että se on terveellinen ja turvallinen rakennuksen sisäilma, kosteus-, lämpö- ja valaistusolosuhteet sekä vesihuolto huomioon ottaen. Rakennuksesta ei saa aiheutua terveyden vaarantumista sisäilman epäpuhtauksien, säteilyn, veden tai maapohjan pilaantumisen, savun, jäteveden tai jätteen puutteellisen käsittelyn taikka rakennuksen osien ja rakenteiden kosteuden vuoksi.

Rakentamisessa on käytettävä tuotteita, joista ei niiden suunnitellun käyttöiän aikana aiheudu sisäilmaan, talousveteen eikä ympäristöön sellaisia päästöjä, joita ei voida pitää hyväksyttävänä. Rakennuksen järjestelmien ja laitteistojen on sovellettava tarkoituksensa ja ylläpidettävä terveellisiä olosuhteita.

Tilaaja määrittelee tarjouspyynnössä hankkeen kosteudenhallinnan vaatimukset. Sopimusasiakirjoissa tulee määrittää kosteudenhallinnan taso. Tähän tulee sisällyttää suojaustasovaatimukset, keskeisimmät kosteudenhallinnan menettelytavat ja dokumentointitavat suorituksille. Rakennuttaja järjestää hankkeelle valvonnan, kosteudenhallinnan riskien kartoituksen ja dokumentoinnin. Tämän lisäksi rakennuttajan tulee huomioida hankkeen kustannusarviossa kosteudenhallintaan tarvittavat resurssit, sillä pääurakoitsijalta tulee vaatia kuivaa ja rakenteita pilaamatonta rakentamistapaa, jotta kaikki osapuolet ymmärtävät hankkeen kosteudenhallinnan vaatimukset. Ne tulee kirjata kohteen sopimukseen ja suunnitelmiin. [7, s. 14-15.]

Urakkatarjouspyyntöasiakirjaan vaaditaan suunnitteluvaiheen kosteudenhallintasuunnitelma, jolla varmistetaan ja voidaan verrata eri tarjoajien kosteudenhallinnan osaamistasoa. Urakoitsijan on hyväksyttävä kosteudenhallintasuunnitelma urakkatarjouksessa, jolloin voidaan valvoa sen noudattamista hankkeen aikana. [7, s. 15-16.]

5.2 Suunnittelu

Runkovaiheen edetessä ja kuivatuksen alkuvaiheessa rakennuksen sisäilma on kosteaa, sekä vuodenajasta riippuen lämpötila matala ja epätasaisesti jakautunut. Kuivatus tulisi kuitenkin aloittaa mahdollisimman nopeasti, jotta saadaan pintarakennetyöt aloitettua. Tämä kuitenkin edellyttää, että rakenteet ovat riittävän kuivia. Rakenteiden kuivatus- ja lämmitystarvetta on hankala laskennallisesti määrittää, sillä kuivatusta aloittaessa rakenteiden kosteuspitoisuudet vaihtelevat suuresti. Runkovaiheen aikana osa rakenteista on voinut kastua useita kertoja, tai ollut veden peitossa. [8.]

Rakennuksen kuivatuksessa tärkeää on lämmittäminen, ilmankosteuden säätely ja ilmanvaihto, sekä rakenteiden uudelleen kastumisen estäminen. Rakenteiden sementti-liiman pois hiominen mahdollisimman aikaisessa vaiheessa nopeuttaa kosteuden haihtumista rakenteesta. Liiallisella ilmanvaihdolla lämpö karkaa rakennuksesta ulos ja tämä lisää energiankulutusta, sekä hidastaa kuivumista. Mikäli ilmanvaihtoa ei toteuteta, ei kostea ilma pääse poistumaan rakennuksesta ja rakenteet eivät kuivu tehokkaasti. [8.]

Rakenteiden kuivatusta tuleekin suunnitella rakentamisvaiheen alussa, milloin lämmittäminen aloitetaan ja milloin on lämpö päällä. Rakennuksen lopullisen lämmitysjärjestelmän kytkeminen mahdollistaa rakennuksen tasaisen lämmityksen. Jotta kuivatus olisi mahdollisimman tehokasta, tulisi rakennuksen vaippa olla mahdollisimman tiivis. Työmaalla voi olla useita väliaikaisia ulko-ovia, joita ei ole tiivistetty. Tästä syystä olisi hyvä osastoida rakennusta, ettei kylmä ilma leviä koko rakennukseen. Porrashuoneen jokaisen kerroksen voi osastoida, jolloin lämmitystä ja ilmanvaihtoa on helpompi kontrolloida. [8.]

NCC Rakennus Oy:n kosteudenhallintasuunnitelmassa on varattu alue, johon tulisi kuvaila olosuhteidenhallinta menetelmiä. Tarkemmat suunnitelmat tulisi tehdä kaluston käytön osalta, huomioiden vuodenajat ja mahdolliset riskit, mutta lämmitys, ilman kui-

vatus ja tuuletus tulee järjestää. Työmaan kosteudenhallintasuunnitelmaa tulisi pitää tukena kuivatuksessa ja kaikkien nähtävillä. Rakenteiden kuivumisaikoja laskettaessa on käytetty valikoituja lämpötila- ja ilmankosteusarvoja, joten on tärkeää toteuttaa suunnitellut olosuhteet. Mikäli ilman lämmityksestä ja kosteudesta ei huolehdita, rakenteet eivät välttämättä kuivu ajoissa. Kuivatuksen onnistuminen tahdistaa suuresti pinnoittavia työvaiheita sisävalmistusvaiheessa.

5.2.1 Vuodenaikojen vaikutus kuivatukseen

Työmaan kuivatukselle paras ajankohta olisi talvi. Talvella kylmä ja kuiva ilma mahdollistavat sen, että rakennuksen sisäilman lämmittäminen ja riittävä ilmanvaihto luovat ideaalit kuivumisolosuhteet betonirakenteille. Tällöin on myös helppo aistia, onko rakennuksessa riittävän lämmin. Esimerkiksi ulkona on -5°C ja RH 90%, lämmittämällä sisäilma $+20^{\circ}\text{C}$, ilman kosteus saattaa sisällä pudota jopa RH 16%:iin. Tällöin sisällä on sopivan lämmin ja kuiva, joten betonista haihtuu kosteutta tehokkaasti. Tulee kuitenkin huomioida, että kostea ilma tulee tuulettaa pois sisältä. Talvella on huolehdittava, että vaippa olisi mahdollisimman tiivis, ettei kylmää ilmaa virtaa liikaa sisälle. [8, s.15.]

Rakenteiden kuivatuksen osuessa kosteaan vuodenaikaan, kuten kesään, tulee kuivatuksessa ottaa huomioon useita asioita. Kosteina vuodenaikoina rakenteiden kuivattaminen onkin hitaampaa. Sisäilmaa pitää kuivattaa ja vaipan tulee olla tiivis, ettei kostea ilma pääse lisää sisälle. Mikäli kesällä sisällä lämpötila on viileämpää, kuin ulkona, sisällä ilmankosteus voi nousta erittäin korkeaksi. Esimerkiksi jos ulkona on $+20^{\circ}\text{C}$ ja kosteus RH 70%, voi sisällä vallita olosuhteet $+16^{\circ}\text{C}$ ja RH 89%. Tällöin rakenteet kuivuvat erittäin hitaasti, tai eivät ollenkaan. Mikäli sisäilma lämmitetään $+24^{\circ}\text{C}$:een, voi kosteus tippua lähelle RH 55%. Työskentely $+24^{\circ}\text{C}$:ssa alkaa olla melko tukalaa, joten kosteudenkerääjillä saadaan ilmankosteus matalammaksi, vaikka lämpötila olisikin hieman alhaisempi. Kesällä sisä- ja ulkolämpötilat voivat olla lähellä toisiaan, joten rakennuksen sisälle ei saada ilmavirtauksia luotua kovin helpolla, tällöin apuna voidaan käyttää erilaisia puhaltimia. [8, s. 15.]

Hyvä muistisääntö voisi olla, että talvella kuivata lämmittämällä sisätiloja. Loppusyksyllä ja keväällä lämmitä ja huolehdi ilmanvaihdosta. Kesällä, sekä alkusyksystä osastoi tilat ja kuivata ilmaa [9.]

5.3 Olosuhteiden hallintamenetelmät

Olosuhteiden luominen on tärkeää kuivatuksen onnistumisessa. Kun olosuhteet ovat kunnossa, rakenteet alkavat luovuttaa kosteutta kuivattavaan tilaan. Tähän on avuksi suuri määrä erilaista kuivatus ja lämmityskalustoa. Kaluston määrä ja tyyppi tulee valita kuivatettavan tilan, sekä vuodenajan mukaan. Kuivatustapoihin, menetelmiin ja laitteiston ominaisuuksiin tulisikin perehtyä, jotta kuivattaminen olisi tehokasta, eikä siihen kulutettaisi liikaa energiaa.

5.3.1 Lämmitys

Lämpimällä ilmalla on suurempi kapasiteetti vastaanottaa kosteutta, kuin kylmällä. Tästä syystä kuivatettavaan tilaan tulisi saada sopiva lämpötila. Sopivana lämpötilana voidaan pitää noin +20°C. Tästä lämpimämpään mentäessä lämpötila alkaa vaikuttamaan työskentelymukavuuteen ja viileämmissä lämpötiloissa kosteutta haihtuu betonista hitaammin. Mikäli sisävalmistusvaiheessa havaitaan esimerkiksi vesivahinko tai pinnoittaminen lähestyy, eikä rakenne vielä ole tarpeeksi kuiva, voidaan kuivumista merkittävästi nopeuttaa nostamalla tilan lämpötila +25-30°C:een. [2, s. 434, 8]

Rakennustyömaalla yleisimmin käytössä on sähköllä (Kuva 8.) tai kaasulla toimivia kuuma-ilmalämmittimiä ja infrapunalämmittimiä, sekä kuumavesilämmittimiä. Betonin kuivumista voidaan nopeuttaa valun sisälle asetetuilla sähkölangoilla, mutta sähköistä lopullista lattialämmitystä ei saa käyttää betonin kuivatukseseen. Mikäli kuivatuksessa käytetään apuna betonin sisään asetettuja järjestelmiä, tulee huolehtia siitä, ettei lämmitetä liian voimakkaasti. Mikäli lattia kuivuu liian nopeasti se voi halkeilla, tällöin rakenne ei ole tiivis, esimerkiksi ääni- ja kosteusteknisesti. Rakennuskonevuokraamoilla on tarjolla laaja valikoima erilaista lämmityskalustoa ja kaluston määrän tarve tulisikin arvioida. Suurien tilojen lämmittämiseen voidaan käyttää kiertovesilämmittimiä, näillä voidaan lämmitellä yli 2000 m³ kokoisista tiloista jopa 6000 m³ kokoisiin tiloihin. Tämän kokoluokan lämmittimen ilmamäärä on 2000 m³ – 5500 m³ tunnissa. Pienempien nestekaasu- tai sähkökäyttöiset lämmittimien ilmamäärä on vain noin 300 m³ – 3000 m³ tunnissa. Tällöin lämmittimen tehokkuus vaihtelee noin 3 kW – 40 kW:iin. [10.]

Ennen lämmityksen aloittamista tulee tila valmistella huolellisesti. Tilan tulisi olla tarpeeksi tiivis ja osastoitu tarpeen mukaan. Mikäli tila ei ole tarpeeksi tiivis, sinne saattaa päästä kylmää ilmaa ja lämpö ei välttämättä pysy tilassa tai nouse halutun suuruisiksi.

Lämmityslaitteiden käytössä on tärkeää kaluston sijoittelu, suuntaus ja riittävä tehokkuus. Ilmavirran avulla lämpö saadaan jakaantumaan ympäri tilaa. Lämmitin tulisi asettaa tilan nurkkaan, suunnattuna tilan keskustaa kohti. Suurta tilaa lämmittäessä voidaan käyttää useita lämmittimiä. Tehokkaampaa on tilaan sijoittaa useampi pieni lämmitin, kuin yksi tehokas, tällöin varmistetaan lämmön tasaisempi jakautuminen. [11.]



Kuva 8. Sähköllä toimivia rakennuslämmittimiä [12.]

5.3.2 Ilman kuivaus

Kuivatettavan tilan ilmankosteutta on helppo säädellä koneellisilla kuivainlaitteilla. Tilassa olevat betonirakenteet pyrkivät tasapainokosteuteen tilassa vallitsevan ilmamassan kanssa ja tämän seurauksena rakenteet alkavat luovuttaa kosteutta tilaan. Kuivuvat rakenteet luovuttavat kosteutta tilaan ja tämä nostaa tilan ilmankosteutta. Tilassa olevat laitteet kuivaavat ilmaa, jolloin tilan ilmamassan kyky vastaanottaa kosteutta pysyy hyvänä. Kuivantyyppin valinnassa voi käyttää apuna kuvaa 10. [13.]

Tilan kuivauksessa on tärkeää, että tila on tiivis ja ettei tilaan pääse jatkuvasti lisää kosteaa ilmaa ulkoa tai muista tiloista. Mikäli tilaa ei ole osastoitu huolella, tilaan ei saada haluttua ilmankosteutta ja kuivuminen ei ole tehokasta. Kuivaimet ovat myös herkkiä lämpötilojen vaihteluille, joten kuivattavassa tilassa lämpötilan tulisi pysyä vakana, jotta kuivain toimisi tehokkaasti. Tilassa ei pitäisi olla mitään ylimääräistä tavaraa kuivatettavien rakenteiden päällä tai siten, että se haittaisi kosteuden haihtumista rakenteista. Mikäli tilassa on esimerkiksi kosteita kipsilevyjä tai muuta kosteaa tavaraa, tällöin energiaa kuluu myös näiden kuivattamiseen. Kuivainkalustoa on markkinoilla laaja valikoima, mutta usein työmaalla käytetään kondenssi-, adsorptio- ja kombi-kuivaimia (Kuva 9.). [13,14.]



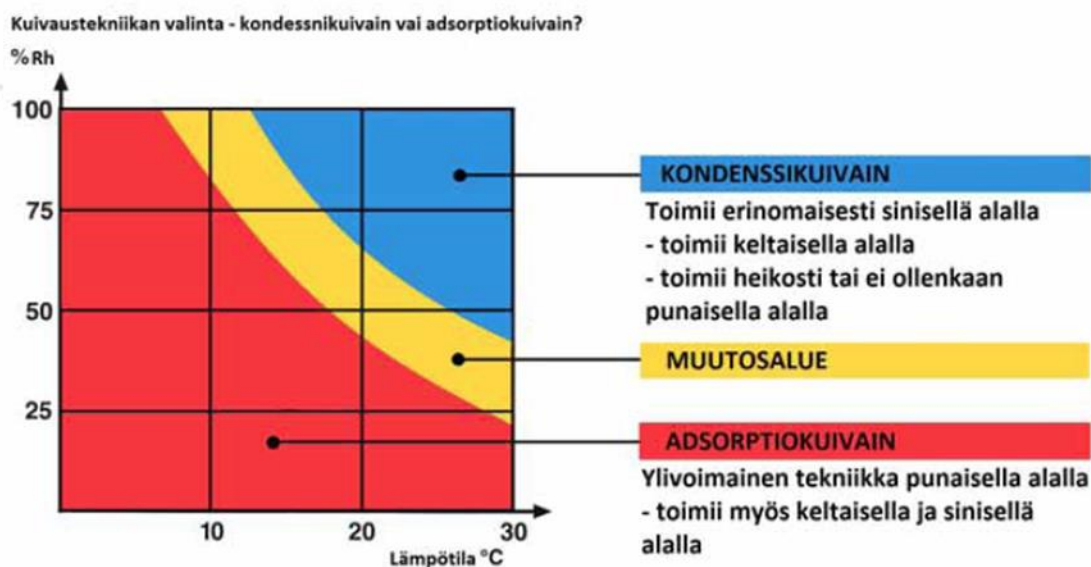
Kuva 9. Kondenssikuivain ja adsorptiokuivain [12.]

Kondenssikuivaimen toimintaperiaate perustuu siihen, että kuivain imee kosteaa ilmaa jäähdytyspatterin läpi, ilmassa oleva kosteus tiivistyy patteriin ja kuiva ilma puhalletaan takaisin tilaan. Tiivistynyt vesi valuu joko kuivaimen omaan säiliöön tai letkua pitkin suoraan viemäriin. Kondenssikuivaimen käytössä tulisi huomioida tilan lämpötila. Kuivain toimii tehokkaasti erittäin kosteissa tiloissa, joissa lämpötila on $+20^{\circ}\text{C}$:n ja $+30^{\circ}\text{C}$:n välillä. Kuivainten määrä tulisi mitoittaa tilan koon mukaan. Kondenssikuivain toimii kosteissa ja lämpimissä olosuhteissa tehokkaammin, kuin adsorptiokuivain. Kondenssikuivain onkin hyvä valinta esimerkiksi tasoite- ja maalaustöiden aikaiseen kuivatukseen, sekä kesäisin sisäilman suhteellisen kosteuden pienentämiseen. Kondenssikuivainten ilman kuivatus tehokkuudet vaihtelevat $500\text{ m}^3/\text{h}$ – $850\text{ m}^3/\text{h}$, tällöin kosteuden erotus määrä vaihtelee noin 15 litrasta 55 litraan vuorokaudessa tilan olosuhteiden ollessa $+26^{\circ}\text{C}$ ja RH 70%. [10,11,13,14.]

Adsorptiokuivaimen toimintaperiaate perustuu laitepuhaltimen, keraamisen silikageelin-roottorin ja lämmitysvastusten yhteistoimintaan. Kuivain imee tilasta kosteaa ilmaa, jonka se erottelee vesihöyryksi. Vesihöyryn kuivain ohjaa poistoletkulla pois kuivatettavasta tilasta ja palauttaa kuivan ilman takaisin tilaan. Poistoletkulla voi poistaa vesihöyryä suoraa ulos rakennuksesta. Tällöin pitää huolehtia siitä, että läpivientikohta on huolellisesti tiivistetty, eikä lähellä ole aukkoa, josta vesihöyry pääsisi takaisin sisälle. Adsorptiokuivain toimii erittäin tehokkaasti lähes kaikissa lämpötiloissa, jopa jäätymispisteen alapuolella, joten sitä voidaan pitää työmaalla ylivoimaisena yleiskuivaimena.

Adsorptiokuivaimella saadaan nopeasti kuivaa ilmaa kuivatettavaan tilaan ja sen puhaltama ilma on myös hieman lämmintä. Adsorptiokuivaimien koot määräytyvät ilmamäärän mukaan $120 \text{ m}^3/\text{h} - 500 \text{ m}^3/\text{h}$, jolloin tehonkulutus on noin $800\text{W} - 1500\text{W}$. [10,13,14.]

Kombikuivain on adsorptiokuivaimen ja imu-puhallusturbiini tekniikan yhdistelmä. Kombikuivainta käytetään työmailla usein ontelokuivaimena. Kombikuivain toimii puhaltamalla kuivaa ilmaa tai imemällä kosteaa. Ontelon kuivauksessa kombikuivain asennetaan tilaan ja onteloon porataan reikiä. Onteloon porattuihin reikiin asennetaan joko imu- tai puhallusputki ja osa onteloon poratuista rei'istä toimii korvausilmareikänä tai kosteudenpoistumisteinä. Kosteailma voidaan tarvittaessa ohjata pois tilasta suoraan ulos. [14.]



Kuva 10. Kuivaimen valinta ohje [13.]

5.3.3 Kuivainlaittekapasiteetin laskenta

Adsorptiokuivaimen koon tarpeen mitoituksessa tulee käyttää laitevalmistajan antamia ilmamääriä. Tässä esimerkissä on käytetty CTR -laitteiden tyyppejä. Ensin määritetään tilan tilavuus esim. asuinhuone, jonka pinta-ala on 55 m^2 ja huonekorkeus $2,6 \text{ m}$. Saadaan tilavuudeksi $55\text{m}^2 \times 2,6\text{m} = 143 \text{ m}^3$. Adsorptiokuivaimen laitevalmistajan antama ilmamäärä jaetaan kahdella (2) tällöin saadaan selville kuutiomäärä johon sen kapasiteetti riittää. Esimerkiksi CTR 500XT:n ilmamäärä on $500 \text{ m}^3/\text{h}$ ja kun ilmamäärä jaetaan

taan kahdella, saadaan $250 \text{ m}^3/\text{h}$. Joten kyseinen kuivain on liian iso käytettäväksi esimerkki huoneistossa, jolloin valitaan CTR 300XT, jonka ilmamäärä jaettuna kahdella on $150 \text{ m}^3/\text{h}$, joten tämä käy loistavasti esimerkki huoneiston kuivatukseen. [13.]

Kondenssikuivaimen koon tarpeen mitoituksessa käytetään laitevalmistajan antamaa kuivailmamäärää ja tässä laskelmassa on käytetty Corroventa-merkkisen laitteen tyyppiä. Ensin tulee selvittää tilan lämpötila. Mikäli lämpötila on $+20^\circ\text{C}$, jaetaan ilmoitettu ilmamäärä neljällä (4) ja lämpötilan ollessa $+30^\circ\text{C}$ ilmamäärä jaetaan kolmella (3). Käytetään samaa tilaa, kuin adsorptiokuivaimen mitoituksessa eli tilavuus on 143 m^3 ja sovitaan että lämpötila on $+30^\circ\text{C}$. Kokeillaan kuivainta Corroventa K2, jonka ilmamäärä on $500 \text{ m}^3/\text{h}$. $500 \text{ m}^3 / 3 = 166 \text{ m}^3$, eli kuivain on tilaan hyvä. Mikäli lämpötila tilassa kuitenkin laskee $+20^\circ\text{C}$:een, $500 \text{ m}^3 / 4 = 124 \text{ m}^3/\text{h}$, tällöin kuivaimen teho ei aivan riitä tilan kuivatukseen, joten lämpötila pitäisi pitää vähintään noin $+25^\circ\text{C}$:ssa. [13.]

5.4 Tuuletus ja ilmanvaihto

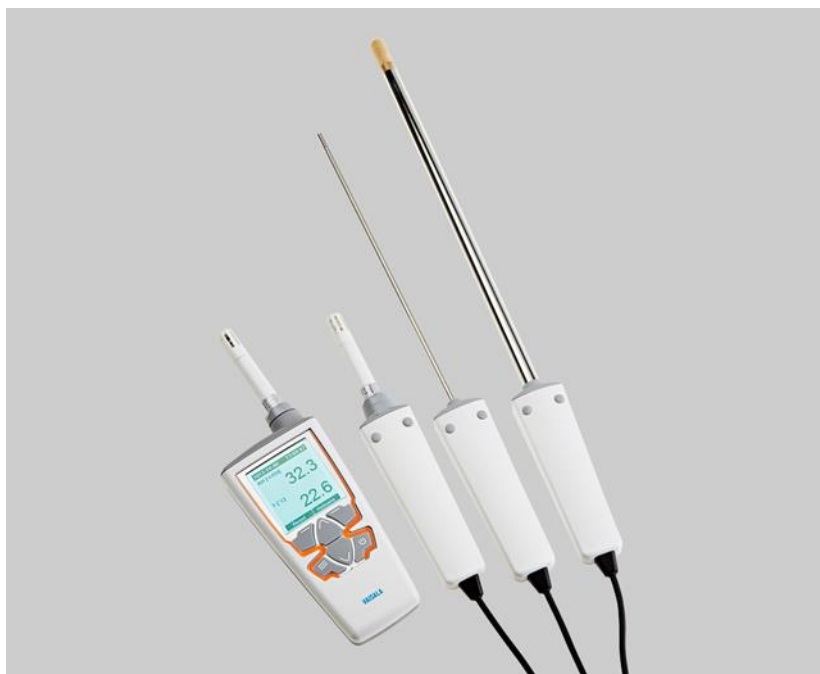
Lämmitys- ja kuivauskaluston tukena voidaan käyttää puhaltimia, jotka auttavat lämmön ja kuivan ilman jakautumisessa. Ilmanvaihtoon perustuvaa kuivatusmenetelmää kutsutaan avoimeksi järjestelmäksi. Avoimessa järjestelmässä tilassa on sopivat olosuhteet, jossa betonista haihtuu kosteutta. Tuuletuksen avulla kostea ilma tuulettuu ulos ja ulkoa tulee sisälle kuivaa ilmaa, tällainen tilanne on usein talvella mahdollista järjestää. Suljettu järjestelmä toimii hyvin kesällä. Tällöin on pidettävä huolta rakennuksen vaipan tiiveydestä ja kuivatetaan sisäilmaa koneellisesti. Mikäli vaippa ei ole tarpeeksi tiivis, saattaa lisäkosteutta päästä sisälle. Puhaltimia voidaan asettaa kuivaimen tai lämmittimen eteen, jolloin kuiva tai lämmin ilma saadaan tehokkaasti levitettyä ympäri tilaa. Ilman vaihtuminen betonipinnoissa tehostaa kosteuden haihtumista. Puhaltimet saattavat nostaa pölyä ilmaan, joten tilat joissa ilmanvaihtoa tehostetaan puhaltimien avulla, tulee olla siivottu huolellisesti. [13.]

Yksi tapa tehostaa kuivatusta ilmanvaihdolla on painovoimainen ilmanvaihto. Painovoimaista ilmanvaihtoa voidaan hyödyntää työmaalla työaikojen ulkopuolella. Päivän päätteeksi huolehditaan lämmitys päälle ja rakennuksen ovet, ikkunat ja muut aukot umpeen. Aamulla avataan maantasossa oleva ovi ja esimerkiksi IV-konehuoneen ovi vesikatolle tai jokin muu ylimmässä kerroksessa oleva iso ikkuna tai luukku. Tällöin

yönaikana kosteutta kerännyt ilma pakenee rakennuksesta yläkautta ja rakennuksen alaosassa olevasta aukosta tulee kuivaa korvausilmaa rakennukseen. [9.]

5.5 Työmaa aikainen seuranta ja vastuu

Työmaalla tulisi seurata vallitsevia olosuhteita, tähän apuna voidaan käyttää myöhemmin esitettävää olosuhteiden valvontakorttia. Seurannalla varmistetaan, että rakenteilla on hyvät olosuhteet kuivua tehokkaasti ja laskettuun kuivumisaikaan päästään. Sisävalmistustöiden aikana pitää huolehtia siitä, että väliaikaiset ovet on eristetty ja parvekkeiden ovet, sekä muut aukot ovat ummessa. Tällä varmistetaan, ettei lämpö karkaa sisältä ja ettei kosteus pääse sisälle. Markkinoilla on myynnissä ja rakennuskonevuokraamoilla vuokrattavana mittareita, joilla voidaan mitata ilmansuhteellista kosteutta ja lämpötilaa (Kuva 11.). Työnjohtajan tulisiikin muutama kerta viikossa tehdä olosuhdemittauksia, joilla varmistetaan rakenteiden kuivuminen. NCC Rakennus Oy:n kosteudenhallintasuunnitelmassa on sarake, johon merkitään kenen vastuulle kyseinen asia kuuluu. Sarakkeeseen tulisi merkitä työnjohtajan tai muun asiasta vastaavan henkilön nimi, kenen tulisi hoitaa olosuhteidenhallintaan liittyvät asiat.



Kuva 11. Vaisala HM40 kosteudenmittauslaite. [15.]

Teknologian kehittyessä työmaalle voisi saada asetettua antureita tai dataloggereita, jotka kommunikoisivat puhelimen tai tietokoneen sovelluksen kanssa. Tämä mahdollistaisi seuraamaan työmaan olosuhteita reaaliajassa. Työnjohtajalla olisi mahdollisuus havaita heti, mikäli jossain tilassa lämpötila laskisi esimerkiksi alle halutun lämpötilan. Työmaan olosuhteiden seurantaan tulisi kiinnittää huomiota entistä enemmän ja se ei vaatisi paljoa vaivaa, mutta laiminlyönnistä voi seuraukset olla suuret.

6 Betonirakenteiden suhteellisen kosteuden mittaus

Tässä luvussa käsitellään rakenteen suhteellisen kosteuden mittaustapoja ja laitteistoa, sekä oikeiden mittauspisteiden valintaa ja rakenteiden pinnoitusarvoja.

6.1 Laitteisto ja menetelmät

Betonin suhteellisen kosteuden mittaamiseen on useita eri menetelmiä, mutta vain huolellisesti tehdyllä mittauksella saadaan luotettavia tuloksia.

6.1.1 Porareikämittaus

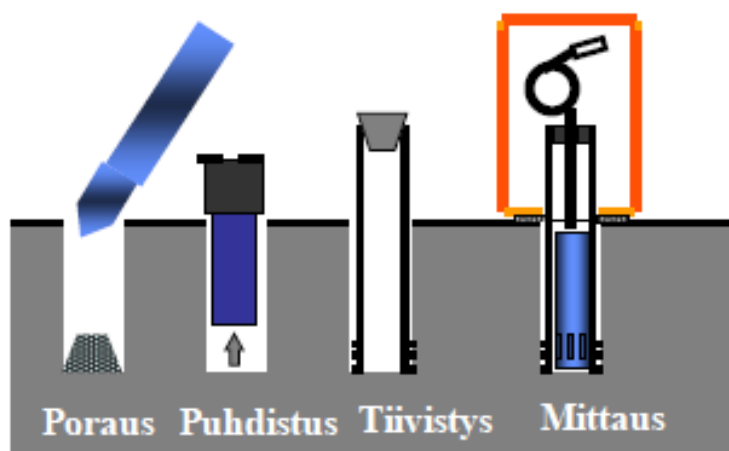
Porareikämittaus on yleisin Suomessa ja muissa Pohjoismaissa työmaalla käytettävistä betonin suhteellisen kosteuden mittaamenetelmistä. NCC Rakennus Oy:n työmaapalvelulla on oma mittaaja, joka käy työmailla mittaamassa rakenteiden suhteellisia kosteuksia. Porareikämittaus tulos on hyväksyttävissä vain, jos tilan lämpötila on +15 ja +25°C:n välillä, paras mittaus lämpötila olisi kuitenkin mahdollisimman lähellä rakennuksen normaalia käyttölämpötilaa eli noin +20°C. Mittaushetkellä betonirakenteen pinnan ja mittapään lämpötilaero ei saa olla yli kahta astetta. Mittauspisteiden porauksen ja mittauksen välillä olosuhteet tilassa tulisi pysyä vakaina, mikäli edellä mainitut vaatimukset eivät täyty, mittaus tulee tehdä jollain toisella menetelmällä. Mikäli mitattavassa rakenteessa on lämmityskaapeleita sisällä, tulisi lämmitys kytkeä pois vähintään kaksi viikkoa ennen mittaushetkeä. [16.]

Porareikämittauksessa käytetään yleensä 16 mm halkaisijalla olevaa reikää. Mittalaittevalmistajan mittauspätket voivat olla halkaisijaltaan erikokoisia, mutta halkaisijan tulee olla vähintään 10 mm. Reiän ollessa pienempi kuin 10 mm, reiän pohjan pinta-ala on liian pieni suhteessa putken ilmatilaan. [16.]

Mittauksen valmistelu etenee seuraavanlaisesti, mikä on myös esitetty kuvassa 12:

1. Ensin porataan reikä, jonka ulkohalkaisija on sama kuin mittauspätkän. Kun pätkä asetetaan reikään, sen tulee olla tarpeeksi tiivis, jotta putken reuna voidaan tiivistää. Porauksesta aiheutuva pöly imuroidaan huolellisesti pois reiästä ja sen ympäriltä.

2. Kun reikä on tehty, sen syvyys varmistetaan mittaamalla, esimerkiksi työntömittalla. Syvyyden tulee olla millimetrin tarkkuudella siitä, mistä halutaan mittaustulos. Tarvittaessa porataan lisää ja putsataan reikä.
3. Seuraavaksi reikään asetetaan putki, joka ulottuu reiän pohjaan asti. Putkena voidaan käyttää esimerkiksi muovista sähköputkea tai mittaustaitteen valmistajan putkea, kunhan sen halkaisija on sama, kuin poratun reiän halkaisija. Putki voidaan katkaista betonipinnan tasoon tai jättää esimerkiksi 50 mm yli pinnasta. Mittauspisteiden ympärille voidaan tehdä merkkusmaalilla merkki, jolloin tilassa työskentelevät huomaavat paremmin mittauspisteen ja varovat putkia.
4. Kun sopivan kokoinen ja pituinen putki on asetettu reikään, tiivistetään putken ja reiän ympäryks. Tiivistykseen voi käyttää vesihöyrytiivistä kittiä tai esimerkiksi sinitarraa. Tiivistetty putki puhdistetaan vielä imuroimalla, ettei putken asennusvaiheessa reikään ole mennyt porauspölyä. Huolimattomasti puhdistettu reikä voi antaa vääriä suhteellisen kosteuden arvoja, sekä hidastaa mittapään tasaantumisaikaa.
5. Kun putki on huolellisesti puhdistettu ja alareuna tiivistetty, tiivistetään putken yläpää. Yläpään tiivistykseen voi käyttää myös vesihöyrytiivistä kittiä, sinitarraa, teippiä tai laitevalmistajan putkeen sopivaa tulppaa. Tämän jälkeen reiän annetaan tasaantua vähintään kolme vuorokautta, jonka aikana reiän tasapainokosteus on saavutettu.



Kuva 12. Porareikämittauksen vaiheet [17.]

Tiloissa, joihin mittauspisteet on huolellisesti tehty, olosuhteet eivät saa vaihdella. Mikäli olosuhteet vaihtelevat, saattaa mittausputken sisälle tiivistyä kosteutta ja tämä saattaa vääristää tuloksia erittäin paljon. Poraushetkellä betoniin työntyy kosteutta ympäröivästä ilmasta, joten porareissä vallitsee todellista korkeammat kosteuspitoisuudet, tästä syystä mittauspisteeseen asetetussa putkessa tulee kosteuden antaa tasaantua. Mikäli tilassa on hankala pitää tasaisia olosuhteita, voidaan mittauspiste suojata lämmöneristelevyllä tai eristävällä suojalaatikolla. Mikäli tilan olosuhteet ovat olleet porauksen ja mittauksen välisen ajantasaiset, sekä putket ovat pysyneet tiiviinä, voidaan suorittaa mittaus. [16.]

Mittauslaitteen mittapää ei saa kuljetuksen aikana kokea suuria lämpötilavaihteluita ja sen tulee antaa tasaantua mittauspisteen kanssa samoissa olosuhteissa. Mittaaja määrittää kokemuksen pohjalta mikä on riittävä tasaantumisaika, kun mitataan betonin suhteellista kosteutta. Mikäli mittalaite kytketään mittapähän ja mittalaitteen antama lämpötila ei vaihtele ja näyttää tasaantuneen, voidaan olettaa, että mittapää on tasaantunut mittauspisteen lämpötilan kanssa ja mittaus voidaan suorittaa. Tasaantumisaikaan vaikuttaa betonilaatu ja mittauslaitteen tyyppi, sekä valmistaja. Tasaantuminen on tärkeää, sillä mittapäästä asentaessa joudutaan poistamaan putken päästä tiivistys, tällöin putkeen voi päästä kosteaa huoneilmaa. Kun mittapää on asetettu putkeen, mittapään ja putken sauma tiivistetään, tällöin putkessa oleva kosteus pääsee tasaantumaan, mikä kestää noin tunnin. Mittapää voidaan asentaa putkeen jo porauksen jälkeen, jolloin mittaus voidaan tehdä hieman aikaisemmin. Tässä riskinä on mittapään vaurioituminen työmaaolosuhteissa, jolloin mittapään tarkkuus voi heiketä. [16,18.]

Mittausta suoritettaessa mittapää asennetaan huolellisesti putkeen porareiän pohjalle. Tämän jälkeen mittapään ja putken sauma tiivistetään ja annetaan tasaantua. Sisävalmistusvaiheen ajankohdasta riippuen työmaalla saattaa olla todella monta mittauspistettä, jolloin mittauksen valmistelu voi kestää melko kauan. Riittävän tasaantumisen jälkeen mittapää kiinnitetään näyttölaitteeseen, joka antaa kosteusarvon. Mikäli rakenne ei ole vielä saavuttanut haluttua suhteellista kosteutta, tiivistetään putki uudelleen seuraavaa mittauksia varten. Mikäli mittauspiste on saavuttanut halutut arvot, voidaan putki poistaa kuivan rakenteen merkiksi. Työmaalla suoritettujen mittauksien päätteeksi mittaaja vie mittauspöytäkirjan työmaatoimistoon ja pitää lyhyen palaverin työnjohtajan kanssa. Mittaaja kertoo, mikäli jotkut rakenteet ovat kuivia ja tiloista, jotka vaativat kuivatuksen tehostamista, sekä ongelmista mittauksiin ja mittauspisteisiin liittyen. [16,18.]

AR:n työmailla työmaapalvelun mittausohjeena porareikämittauksessa on, että 16 mm halkaisijalla oleva mittausreikä tehdään sovittuihin kohtiin, kuten kuvassa 13. Mittaus-syvyys määritellään rakennepaksuuden mukaan 0,2 tai 0,4 x mitattavan rakenteen paksuus. Mittauspisteen tasaantumisaika vähintään 3 vuorokautta. [18.]



Kuva 13. Porareikä mittauspiste

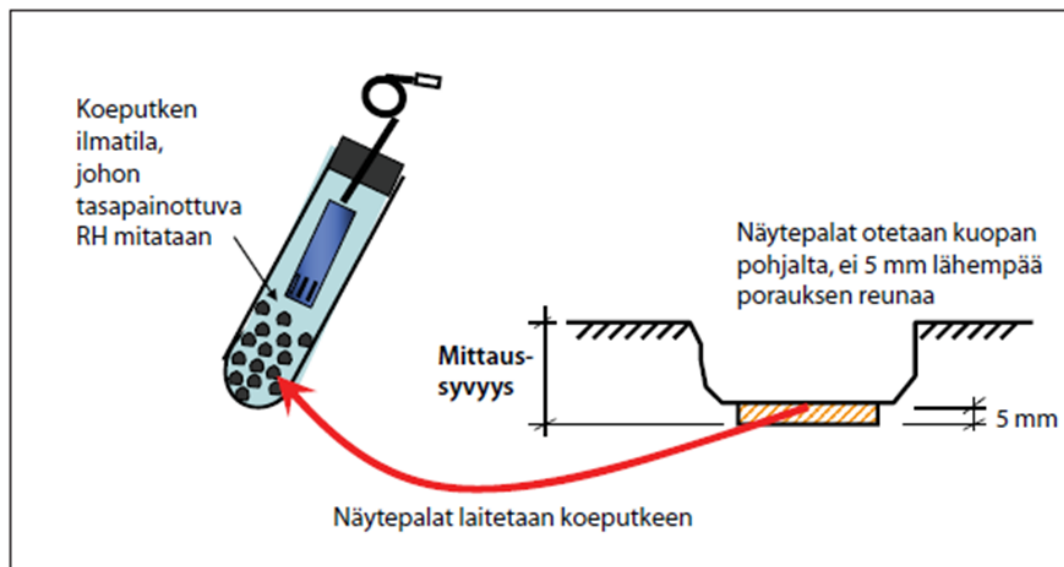
6.1.2 Näytepalamittaus

Mikäli työmaan olosuhteita on hankala hallita, tilan koon tai tyyppin vuoksi, voidaan mittaus menetelmänä käyttää näytepalamittausta, mikä on havainnollistettu kuvassa 14. Näytepalamittaus voidaan tehdä tilan lämpötilan ollessa -20 ja $+80^{\circ}\text{C}$:n välillä. Näytepalamittauksen tulos saadaan myös porareikämittausta nopeammin, tuloksen saamisnopeuteen vaikuttaa näytteenoton lämpötilan eroavuus rakenteen käyttölämpötilasta. Näytepalamittauksessa mittausolosuhteet eivät vaikuta kosteuspiitoisuusarvion luotettavuuteen. [16.]

Näytepalamittauksessa tehdään rakenteeseen kuoppa, joko poraamalla rinki ja piikkaamalla keskusta pois tai pelkästään piikkaamalla. Näytteitä voidaan ottaa erisyvyyksiltä, kun kuoppaa piikataan syvemmälle. Paras mittaustarkkuus saadaan, kun koepaloja otetaan jokaisesta syvyydestä kahteen eri koeputkeen. Näytepaloja otetaan kuo-

panpohjalta 5 mm etäisyydellä porauksen työstöreunasta. Näytepalojen tulee olla halkaisijoiltaan vähintään 5 mm. [16.]

Näytepalojen oton jälkeen tulee tarkistaa näytteen ottosyvyys esimerkiksi työntömittaa käyttäen. Koeputkena tulee käyttää tiivistä putkea, mieluiten tulisi suosia lasiputkia. Koeputken halkaisijan tulisi olla vähintään 20 mm. Ennen näytepalojen putkeen laittoa, putki tulee puhdistaa huolellisesti. Puhdistetut putket tulee ottaa mukaan näytteenotto-paikalle. Kun näytepalat on piikattu irti, ne pitää laittaa putkeen mahdollisimman nopeasti. [16.]



Kuva 14. Näytepalamittaus [16.]

Näytepaloja tulee olla vähintään 1/3 osa putken tilavuudesta, tällä varmistetaan, että näytepalojen sisältämä kosteus tasapainottuu koeputken ilmatilaan. Koeputkeen asetetaan mittauslaitteen mittapää ja suuaukko tiivistetään höyrytiivillä kitillä. Koeputki vietään vakio lämpötilaltaan noin +20°C:iseen tilaan, tai tilaan, jossa on kahden asteen tarkkuudella sama lämpötila kuin rakenteen käyttölämpötila. Tilassa koeputken annetaan tasaantua noin 5-12 tuntia, jonka jälkeen mittapähän kiinnitetään mittalaite ja voidaan lukea betonin suhteellisen kosteuden arvo. Mikäli kahden samasta kohdasta otettujen näytepalojen antamat arvot eroavat +/- 3%, tulee mittaus uusiksi tai virheen syy selvittää, esimerkiksi kalibroimalla mittalaitteisto. [16.]

6.1.3 Pintakosteusmittaus

Pintakosteusmittari ei mittaa rakenteen suhteellista kosteutta. Pintakosteusmittarin toimintaperiaate perustuu useimmiten tutkittavan materiaalin vesipitoisuuden muuttuessa tapahtuviin sähköisten ominaisuuksien muutoksiin. Mitä kosteampi rakenteen pinta on, sitä paremmin se johtaa sähköä. Mittauksen hyviä puolia on sen nopeus ja se, ettei mitattavan kohdan pintaa tarvitse rikkoa. Pintakosteusmittareita on erilaisia, mutta niissä on yleensä valmiina materiaalien sähkö ominaisuuksia vastaavat kosteuspitoisuudet painoprosentteina. [8; 17, s. 62.]

Pintakosteusmittaria voidaan käyttää esimerkiksi rakenteen märkien kohtien paikantamisessa tai selvittämään, onko rakenteessa oleva läikkä kosteudesta johtuvaa vai jostain muusta. Pintakosteusmittarilla voidaan tarkistaa esimerkiksi sumutetun ontelolaatutaktoon syntyneen tumman läikän kosteutta. Mikäli sumukatossa oleva läikkä ei ole kostea, se tuskin viittaa kosteusvaurioon, mutta jos pintakosteusmittari antaa suurempia arvoja, tulisi ontelo porata auki ja selvittää, onko ontelossa vettä. Pintakosteusmittarin tulokset ovat suuntaa antavia ja tulosten varmistamiseksi tulisi käyttää luotettavampia mittausten menetelmiä. Betonin ominaisuudet voivat vaikuttaa pintakosteusmittarin antamiin lukemiin. Pintakosteusmittari saattaa antaa korkeampia lukemia betonista, jossa on korkea sementtimäärä, kuin toisessa betonissa, vaikka näiden rakenteiden suhteellinen kosteus olisikin sama. Mittaustulokseen voi vaikuttaa myös betonin hydratoitumisaste, alkalisuus ja lisäaineet. [8; 17, s. 66.]

6.1.4 Mittalaitteiden kalibrointi

Mittalaitteet tulisi kalibroida vähintään kerran vuodessa, jotta mittaustulokset pysyvät luotettavina. Kokenut mittaaja huomaa jo mittauksia tehdessään, että laite tulisi kalibroida. NCC Rakennuksen työmaapalvelu vie mittalaitteet säännöllisesti puolen vuoden välein kalibroitavaksi. Kalibroinnissa mittalaitteiden antamia arvoja verrataan mittanormaalin arvoihin. Kalibroinneista arkistoidaan todistukset projektien mittauspöytäkirjojen yhteyteen NCC:n tietojärjestelmään. [18.]

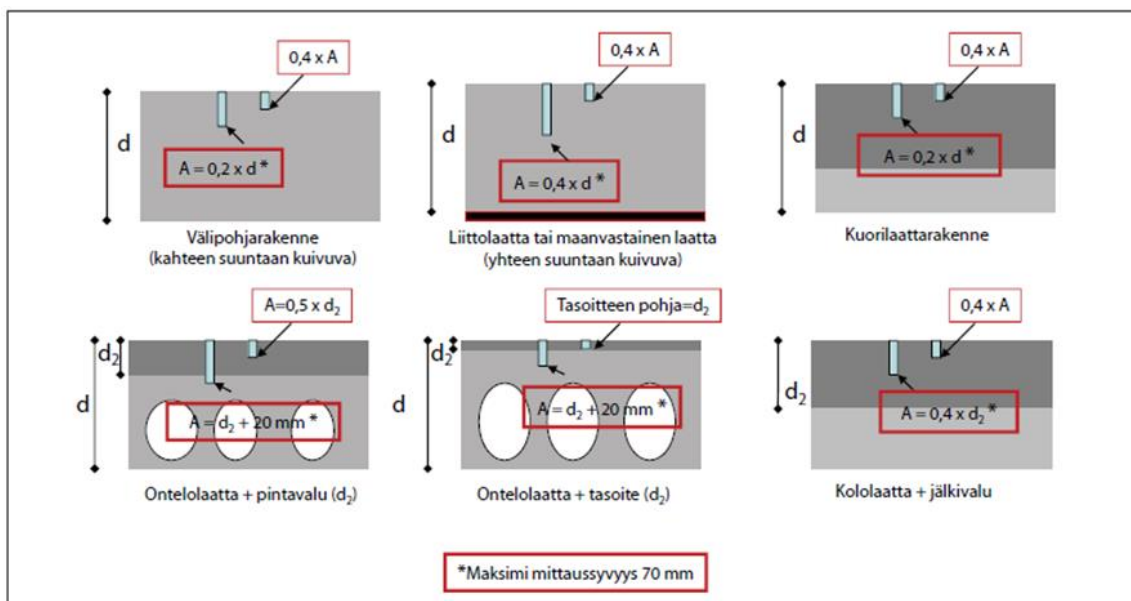
6.2 Mittauspisteiden valinta

Työmaalla rakenteet, joiden kosteutta mitataan, voivat olla useiden kymmenien neliömetrien kokoisia. Yleisimmät mittauspisteet AR:n työmailla ovat asuntojen ja yleisten tilojen lattiat, sekä kylpyhuoneiden seinät ja kaatolattiat. Mittauspisteiden määrä vaihtelee, mutta useimmiten jokaisen asunnon lattiaan tulee kaksi mittauspistettä vierekkäin porattuna eri syvyyksiin riippuen rakenteen paksuudesta. Kylpyhuoneen rakenteiden mittauksissa lattiasta valitaan yksi piste ja betoniseinistä yksi ulkoseinään ja väliseinään yksi. Mittauspisteitä ei ole tätä enempää, sillä mittauspisteiden valmistelu on aikaa vievää ja ne rikkovat rakennetta, sekä mittauspisteitä ei voida laittaa kulkureiteille, sillä silloin ne saattavat rikkoontua tasaantumisen aikana. [17, s. 86; 18.]

Mittauspisteiden valinta voi olla haastavaa ja kuitenkin tulisi saada luotettava tulos, joka kattaisi koko huonealan lattian suhteellisen kosteuden. Yksittäisen asunnon betonilattian suhteellinen kosteus voi vaihdella huomattavasti eripuolella asuntoa. Kosteusvaihteluihin voivat vaikuttaa kuivumisolosuhde-erot, betonin ominaisuudet, rakenteen kastumiset, rakenteen paksuuden vaihtelut, sekä rakenneratkaisut. Työmaalla usein pidetään valittua asuntolinjaa tavaroiden kuljetus reittinä, eli kurottajalla, rakennushissillä tai muulla koneella nostetaan parvekkeille tavaraa, jotka kannetaan sisälle. Tällöin asunnon ovi saattaa olla monta tuntia auki työpäivän aikana. Tämä vaikuttaa oven edustalla olevan lattiarakenteen kuivumiseen, lisäksi talvisin ulkoa voi kenkien pohjissa kulkeutua lunta sisälle. [17, s. 87;18.]

Ontelolaattavälipohjissa suhteellinen kosteus voi vaihdella useita prosenttiyksikköjä riippuen mittaus paikasta. Siksi tulisikin tietää, mitataanko sauman kohdalta, ontelolattian reiän päältä vai reikien välistä. Näistä saumakohdan kuivuminen kestää pisimpään. Paikalla valettujen välipohjarakenteiden suhteellinen kosteus on yleensä tasaisempi, kuin elementtirakenteisissa. Paikalla valettu välipohja on tiiviimpi kuin ontelolaattavälipohja, mutta useimmiten runkoaikana vettä pääsee rakenteiden läpi aukkojen kohdista, sekä hormeja pitkin. Työmaa-aikana kastuneista rakenteista ja kohdista olisi hyvä laittaa muistiin merkintä, jotta myöhemmin voidaan mitata tarkasti kyseisestä paikasta rakenteen suhteellinen kosteus. Kuvassa 15 on laattarakenteiden mittaus-syvyysohje. [8;17, s. 37.]

Mittauspisteen valintaan vaikuttaa työmaalla mittauksia suorittavan henkilön ammattitaitoisuus ja omakohtaiset kokemukset, sekä kyseisen työmaan rakenteiden tuntemus. Työnjohtaja toimii apuna näyttämällä kuvista mahdolliset poikkeavat rakenteet ja leikkaukset tai esimerkiksi lattialämmitysputkien paikat, myös mahdollisista kastumisista ja vesivahingoista tulisi ilmoittaa. Betonin suhteellisen kosteuden mittaus (RT 14-10675, 1998) ohjekortissa ohjeistetaan valitsemaan 1-3 mitattavaa paikkaa. Näistä paikoista kahden tulisi sijaita ikkunan tai oven edustalla ja yhden ulkonurkassa. Mittauspisteen tulisi olla noin 500 mm etäisyydellä seinästä tai aukosta. Lisäksi tulisi ottaa huomioon ontelolaatan mahdollisesta käyrystymisestä johtuva pintabetonikerroksen paksuuden muutos, elementtien varastoinnin, jälkivalujen kautta rakenteeseen tai onteloon päässyt kosteus ja elementtien saumakohtat, sillä ne ovat muuta rakennetta kosteampia. Myös tulisi tietää paikat, joissa lämmityskalustoa on pidetty, sillä niiden edustalla lattia tai seinä saattaa olla kuivempaa, kuin muualla. [17,19.]



Kuva 15. Porareikämittauksen syvyysohje laattarakenteista [16.]

6.3 Mittaustulosten dokumentointi

Jokaisesta suhteellisen kosteuden mittauksesta tulee tehdä mittauspöytäkirja. Pöytäkirjaan merkataan mittauspaikka, kuten asunto ja kerros, mittauspisteen numero, mittauspisteen syvyys, tilan lämpötila mittaushetkellä ja mitatun pisteen suhteellinen kosteus. NCC:n oman työmaapalvelun kosteudenmittaaja arkistoi mittaustulokset NCC:n

sisäiseen tietojärjestelmään. Mittauspöytäkirja on osa NCC:n sisäistä laadunseurantaa. Dokumentoinnilla mittaustuloksista todennetaan paperilla se, että mitatun tilan rakenne on tarpeeksi kuiva ja se voidaan pinnoittaa. [18.]

Tietojärjestelmästä voidaan hakea mittauspöytäkirjojen mittaustulokset, mikäli niitä tulevaisuudessa tarvitaan. Mittauspöytäkirjojen pätevydessä on tärkeää, että mittaukset on tehty oikealta syvyydeltä ja lämpötilat ovat olleet mittaushetkellä mittaustapaan sopivat. Oikeanlainen dokumentointi ja rakenteen suhteellisen kosteuden mittaus on tärkeää, mikäli joskus joudutaan vuosikorjausten yhteydessä korjaamaan rakenteiden kosteudesta johtuneita vaurioita.

6.4 Rakenteiden pinnoitettavuusarvot

Päälystemateriaaleille on annettu kriittiset kosteusraja-arvot. Kriittinen kosteusraja-arvo tarkoittaa, että rakenteen pitää kuivua tietyn rajan alle ennen pinnoittamista. Raja-arvona käytetään rakenteen suhteellista kosteutta. Tähän arvoon vaikuttaa pintamateriaalin kosteudensietokyky ja vesihöyrynläpäisevyys. Mikäli rakenne päälystetään ennen kuin kriittinen kosteusraja-arvo on saavutettu, saattaa päälystemateriaali kokea muodonmuutoksia tai siihen voi syntyä home- tai mikrobivaurio. [9.]

Materiaalien valmistajalta tulee tarkastaa kyseisen tuotteen pinnoitettavuus arvot, täten varmistetaan tuotteelle sopiva kosteus. Eri valmistajilla saattaa olla eri arvoja samankaltaisissa tuotteissa. Kuitenkin 1-3 cm syvyydessä betonin suhteellinen kosteus tulisi olla alle RH 75%. Taulukossa 3 on esitetty eri päälystemateriaaleille annettuja suhteellisen kosteuden enimmäisarvoja. [17.]

Rakenteen suhteellisen kosteuden mittauksessa käytettävissä laitteissa on laitekohtainen virhemarginaali laitteen antamille lukemille, esimerkiksi Vaisala HMP110 mittapään virhemarginaali 0 - +40°C:n lämpötila-alueella ja RH 0-90 % lukemissa on +/- 1,5 % ja RH 90-100 % lukemissa +/- 2,5 %. Vaisalan HMP60-mittapään virhemarginaalit samaisella lämpötila-alueella ja samoissa RH-lukemissa on +/-3% ja +/-5%. Eli mittauksia tehdessä tulee huomioida virhe marginaalit, mikäli parketin pohjan suhteellinen kosteus tulee olla RH 85%, mittapäästä riippuen laitteen antama arvo tulisi tällöin tulisi vähintään olla RH 82%. [15.]

Taulukko 3. Materiaalien pinnoitusarvoja [9;17, s. 39.]

Päällystemateriaali	Rakenteen suhteellisen kosteuden enimmäisarvo (RH%)
Alustaan liimattava lautaparketti, ilman puun ja betonin välistä kosteudeneristystä	80-85%
Mosaiikkiparketti	80-85%
Kelluva lautaparketti, puun ja betonin välissä kosteudeneristys	80-85%
Laminaatti, puun ja betonin välissä kosteudeneristys	80-85%
Huopa ja solumuovipohjaiset muovimatot	85 %
Muovimatot ilman huopa- tai solumuovipohjaa	85-90%
Kumimatot	85 %
Linoleumi	85-90%
Tekstiilimatot, joissa alusrakenne	85 %
Täyssynteettiset tekstiilimatot ilman alusrakennetta	90 %
Muovilaatat	90 %
Vesieriste (Kiilto, Weber)	90 %

7 NCC AR -työmaiden olosuhteet

7.1 Tämänhetkiset olosuhteet työmailla

Työmaapalvelun kosteudenmittaaja tallentaa kosteusmittauspöytäkirja NCC Rakennus Oy:n tietojärjestelmään, jossa ne ovat yleisesti luettavissa. Työmaapalvelun haastattelusta ja mittauspöytäkirjoista käy ilmi, että mittausten alkaessa työmailla tilojen lämpötilat ovat melko alhaisia. Mittaustulos porareikämittauksessa ei ole luotettava alle +15°C:n lämpötilassa, eikä yli +25°C:n lämpötiloissa. Tällöin lämpötilan tulisi sopia mittaushetkellä kyseiseen haarukkaan. Pöytäkirjoista kuitenkin käy ilmi, että mittaushetkillä keväällä ja syksyllä lämpötilat saattavat olla jopa alle +10°C. Tällöin työmaapalvelun käynti työmaalla oli aivan turha, koska mittaustuloksia ei voida hyväksyä. Jos tilassa lämpötila on +10 °C, tällöin myös betonin kuivuminen on melko hidasta.

Työmailla mittausten välissä rakenteen suhteellinen kosteus on voinut jopa nousta, vaikka lämpötilat ovat olleet melko korkeat. Tämän voi selittää sillä, että tilassa ilman-kosteus on ollut niin korkea, ettei ilmassa ole ollut kapasiteettia vastaanottaa haihtuvaa kosteutta betonista, vaan betoni on voinut jopa imeä lisää kosteutta itseensä. Mittauksissa oli myös saatettu saada monta viikkoa peräkkäin täysin samoja tuloksia, eli rakenne ei ollut kuivunut ja tästä voidaan päätellä, että työmaalla ei oltu tehty kuivaustointimenpiteitä, kun useamman mittauksen jälkeen oli saatu samat kosteuden arvot.

7.2 Kuivausten aloittaminen ja toteuttaminen

Vuodenajasta riippumatta kuivatus tulee aloittaa jo runkovaiheessa. Elementtirungon edetessä ikkunat asennetaan paikoilleen ja kun asunnot ovat osastoitavissa, aloitetaan kuivaustointimenpiteet ja seuranta. Tämä edellyttää sitä, että holvien ja ylimpien avonais-ten kerrosten läpivienti kohdat ja muut aukot tulee tukkia ja suojata, ettei vettä pääse valumaan kerrokseen, joissa kuivatus on jo aloitettu. Asuntoihin valetut lattiatasotteet auttavat vedenpitävyydessä, mutta hormien reunat ja muut kuilut saattavat päästää vettä läpi.

Kerrokset, joissa runkovaiheen aikana aloitetaan lämmitys, tulisi osastoida, ettei lämpö karkaa halutulta alueelta. Asuntojen oviaukkoihin voitaisiin asentaa väliaikaiset ovet ja karmien ympäritys tiivistää tai kerrokset tulisi osastoida jollain muulla tavalla, kuten ra-

kennusmuovia käyttäen oviaukoissa. Asuntojen ikkunoiden karmit tulee myös tiivistää eristämällä ja muut saumat käydä lävitse, jotta kuivatus olisi tehokasta runkovaiheen aikana. Mikäli porrashuoneessa on isoja nauhaikkunoita, jotka asennetaan jälkikäteen, tulisi aukot laittaa väliaikaisesti umpeen esimerkiksi eristelevyjä käyttämällä.

Kosteudenhallintasuunnitelmaan tulee suunnitella, kuinka runkovaiheen aikainen kosteudenhallinta toteutetaan. Tällä hetkellä käynnissä olevien työmaiden kosteudenhallintasuunnitelmien tasoissa on suuria eroja. Hyvissä kosteudenhallintasuunnitelmissa on laskettu tarkasti kuivumisajat, huomioitu riskit ja toimenpiteet, joilla riskit voidaan välttää, sekä selostettu, kuinka kuivatus toteutetaan. Osa kosteudenhallintasuunnitelmista, oli puutteellisia ja niissä ei ollut huomioitu kuivatuksen toteutusta tai edes laskettu rakenteiden kuivumisaikoja. Kuitenkin yksi yhdistävä tekijä oli lähes kaikissa kosteudenhallintasuunnitelmissa se, että toimenpiteille ei ollut nimetty vastuuhenkilöä, joka on vastuussa toimenpiteistä kosteudenhallinnan suhteen. Mikäli vastuuhenkilö olisi nimetty ja nimetty henkilö tietää vastuut, tällöin olisi tiedossa henkilö, kuka hoitaa asiat liittyen kuivatustoimenpiteisiin.

8 Olosuhteiden valvontakortti

8.1 Käyttöönotto

Olosuhteiden valvontaa varten työmaalla tulee olla laitteisto, jolla voidaan nopeasti mitata tilan lämpötila ja ilmankosteus. Yksittäisen kosteuden ja lämpötilan mittaamiseen käytettävän laitteen hinta on noin 500 euroa (Vaisala), joten suuresta investoinnista ei ole kyse. Hieman kalliimmilla laitteilla voidaan tehdä olosuhteiden mittauksen lisäksi, esimerkiksi porareikämittauksia. Laitteet ovat oikeanlaisessa käytössä pitkäikäisiä, mutta ne tulee muistaa käyttää kalibroinnissa laitevalmistajan ohjeen mukaisin väliajoin.

Tulevaisuudessa olosuhteiden valvontakortti voidaan korvata työmaalle asennettavilla dataloggereilla, jotka kertovat reaaliajassa kunkin tilan olosuhteet ja ne voidaan dokumentoida tietokantaan. Uusiin ajatusmalleihin ja toimintatapoihin siirtyminen on usein hankalaa ja aikaa vievää, joten olosuhteiden seuranta olisi helppo aloittaa olosuhteiden valvontakortin avulla. Etäluettavat laitteet ja muu kehittyneempi teknologia seuraisi perässä, kun asennoituminen olosuhteiden valvontaan on tietyllä tasolla ja laitteisto luotettavaa ja rakennustyömaalle sopivaa.

8.2 Tavoitteet ja käyttö

Olosuhteiden valvontakortin tavoitteena on herätellä työmaan työnjohtoa olosuhteiden hallinnassa ja todentaa, että rakenteilla on kelvolliset olosuhteet kuivua. Lisäksi varmennetaan ennen työmaapalvelun tuloa, että työmaalla on mittauksille hyväksytyt olosuhteet. Valvontakortti myös edustaa laadukasta rakentamista ja kuivatuksen tärkeyttä. Olosuhteiden valvontakortista tulisi dokumentointi väline kohti kuivia rakenteita ja entistä laadukkaampia asuinrakennuksia.

Olosuhteiden valvontakortista ei pidä tulla taakka työnjohtajalle, jota väkisin täytetään muutama kerta viikossa. Jos kuvitellaan, että ”työnjohtajan tulisi työpäivän aikana käydä vähintään kerran jokaisessa vastuualueellaan olevassa tilassa/asunnossa”, tällöin muutamana päivänä viikossa työnjohtaja ottaisi mukaansa työmaalle hankitun mittalaitteen ja mittaisi valikoiduista tiloista olosuhteet ja merkitsisi ne valvontakorttiin. Valvontakorttiin merkitään myös havaitut puutteet, kuten liian matalat lämpötilat tai liian korkea

ilmankosteus, sekä esimerkiksi mahdolliset patteri- tai vesiastiavuodot. Havaitut puutteet tulee korjata ja kun korjaustoimenpiteet on tehty, voidaan korttiin kuitata ne tehdyiksi.

Useilla NCC:n työmailla on käytössä mobiilisovellus, jota käytetään laadunhallinnan työkaluna ja tulevaisuudessa moneen muuhunkin tarkoitukseen. Mobiilisovellukseen saa vietyä asiakirjoja, joten olosuhteiden valvontakortti voisi olla sovelluksessa, eli työmaalla ei tarvitsisi kantaa papereita mukana, vaan pelkkä tabletti tai älypuhelin riittäisi. Tällöin välttyttäisi ylimääräisiltä papereilta ja tiedostot saisi tallennettua suoraan yrityksen tietojärjestelmään. Liite 4 on kuva NCC:llä käytössä olevasta mobiilisovelluksesta, johon on tehty olosuhteiden valvontakortin pohjalta laatutarkastus olosuhteista.

8.3 Seuraukset

Olosuhteiden valvontakortin käytön avulla saadaan työmaille vietyä käsitys kuivatuksen tärkeydestä ja rutiinit kuivausmenetelmiin, sekä tietoisuutta kosteudenhallinnasta. Valvonnan johdosta työmailla puututaan poikkeaviin olosuhteisiin ja varmistetaan rakenteiden kuivuminen sillä, että työmaalla on kuivumiselle suotuisat olosuhteet. Aktiivinen olosuhteiden valvonta viestittää asiakkaille hyvää kuvaa NCC:n työmaiden asenteista rakenteiden kuivatuksesta.

Olosuhteiden seuraamisesta ja rakenteiden kuivuudesta on myös välitön vaikutus takuukorjauksiin. Ensimmäisissä takuukorjauksissa joudutaan tekemään paljon pieniä korjauksia, joiden syynä on ollut hieman kosteana pinnoitetut rakenteet. Näitä osittain pienehköjä korjauksia kun saadaan karsittua, kertyy vähitellen suuri säästö. Takuukorjausten vähetessä myös yrityksen asiakkaiden luottamus vahvistuu entisestään.

9 Yhteenveto ja johtopäätökset

Insinööriyön aihe syntyi, kun muutaman alkavan työmaan yleisaikataulu näytti melko tiukalta ja tuli tarve selvittää, ehtivätkö rakenteet kuivua ennen pinnoitusta. Työssä lähettiin selvittämään, mitä asioita tulee ottaa huomioon yleisaikataulun laadinnassa, jotka vaikuttavat rakenteiden kuivatukseen. Miten olosuhteiden muutokset vaikuttavat eri rakenteiden kuivumisnopeuteen ja millaisilla tavoilla työmaalla olosuhteita voidaan hallita ja mitä pitää ottaa huomioon olosuhteidenhallinnassa. Ennen pinnoitustöiden alkua tulee rakenteen suhteellinen kosteus mitata ja mikäli rakenne on alittanut kriittisen kosteusraja-arvon, se voidaan pinnoittaa. Suhteellisen kosteuden mittaukset tulee tehdä oikealta syvyydeltä ja niistä tehdään pöytäkirjat, jotka dokumentoidaan yrityksen tietojärjestelmään.

Yleisaikataulussa töiden rytmitys ja työvaiheiden järjestys on tärkeää, sekä lopullisen lämmitysjärjestelmän kytkeminen päälle. Tähän liittyy tärkeä välitavoite ”Lämpö päällä”. Runko tulee saada umpeen mahdollisimman nopeasti ja tästä syystä ikkunat asennetaan paikalleen rungon mennessä ylöspäin. Kun runkoa on ummessa ja sisällä saadaan pidettyä noin +10 °C:n lämpötilaa, voidaan aloittaa kuivatus. Kylmän ja kostean ilman pääsy kuivatettaviin tiloihin tulee estää osastoimalla rakennusta, tämän lisäksi saumat tulisi olla mahdollisimman tiiviit. Kuivatus aloitetaan lämmittämällä ilmaa, jotta rakenteista alkaa haihtua kosteutta. Liika kosteus tuuletetaan ulos tai poistetaan koneellisesti kosteuden kerääjillä.

Yleisaikataulu määrittää rakenteelle kuivumisajan, rakenteen ominaisuuksien mukaan rakenteelle lasketaan kuivumisaika. Joissakin tapauksissa yleisaikataulun määrittämä kuivumisaika on vain muutamaa viikkoa pidempi kuin laskennallinen kuivumisaika. Tällöin on erittäin tärkeää pitää työmaalla olosuhteita, joilla kuivumisajat on laskettu. Työssä on havainnollistettu laskemalla yleisesti käytettyjen rakenteiden kuivumisaikoja eri olosuhteissa. Laskuista huomataan, että pienillä olosuhteiden muutoksilla kuivumisajat muuttuvat useita viikkoja. Laskuista saatuja arvoja tulee kuitenkin käsitellä suuntaa antavina, eivätkä ne kerro tarkasti rakenteen kuivumisaikaa, mutta laskujen avulla on hyvä arvioida kuivumisaikojen pituuksia, sekä vertailla olosuhteiden vaikutuksia kuivumisaikoihin. Mikäli rakenteet eivät ole tarpeeksi kuivia kun pinnoitus tulee eteen, saattaa se vaikuttaa töiden rytmitykseen.

Työn tuloksena syntyi olosuhteiden valvontakortti, jota käytetään työmaalla apuna olosuhteidenhallinnassa ja puututaan olosuhteisiin, mikäli tarve vaatii. Valikoiduista tiloista mitataan mittalaitteella lämpötila sekä ilmankosteus ja merkitään ne valvontakorttiin. Mikäli olosuhteet eivät ole kuivumiselle suotuisat tai suunnitellut, tulee ne korjata ja korjaustoimenpiteet kirjataan valvontakorttiin. Olosuhteiden valvontakortti viedään NCC:n käyttämään mobiili-applikaatioon, joten työmaalla ei tarvitse kantaa papereita mukana.

Työtä varten tutkittiin AR:n työmaiden kosteudenhallintasuunnitelmia, yleisaikatauluja ja työmaapalvelun kosteudenmittauspöytäkirjoja, sekä haastateltiin NCC:n työmaapalvelun kosteudenmittaajaa. Näistä tehtiin johtopäätöksiä ja nähtiin, että olosuhteidenhallinnassa on parantamisen varaa. Kosteudenhallintasuunnitelmien tekoon tulisi panostaa enemmän ja niihin tulisi määrittää vastuuhenkilöt. Lisäksi kosteudenhallintasuunnitelmissa tulisi kertoa enemmän olosuhteidenhallinta toimenpiteistä. Kosteudenhallintasuunnitelma tulisi jättää näkyväälle paikalle työmaatoimistoon missä se olisi kaikkien nähtävissä. Työmaiden yleisaikatauluissa ei ollut esteitä rakenteiden kuivumiselle, mutta yleisaikataulun sanelemat kuivumisajat eivät kuitenkaan olleet laskennallisia kuivumisaikoja paljoa pidempiä. Kosteudenmittauspöytäkirjoista käy ilmi, että mittausten alkaessa työmailla on melko viileää ja mittauspisteiden porausten jälkeinen mittauskäynti on usein turha, sillä lämpötilat mitattavissa tiloissa ovat alle +15 °C ja mittaustuloksia ei voida hyväksyä.

Työmaille tulee asettaa lämpötila- ja ilmankosteusvaatimusarvot, joissa työmaiden tulisi pyrkiä pysymään. Vakioituilla lämpötila- ja ilmankosteusarvoilla saataisiin rakenteet kuivemmiksi hieman aikaisemmin ja tämän vaikutus näkyisi jo takuukorjauksien määrässä. Tämän lisäksi sisätyövaiheita tehtäisiin lähempänä rakennuksen käyttölämpötilaa, joten materiaalitkaan eivät kokisi muodonmuutoksia.

Lähteet

- 1 NCC Rakennus Oy. <www.ncc.fi> Luettu 16.2.2016.
- 2 Suomen Betoniyhdistys ry. Betonitekniikan oppikirja 2004 by201. Vantaa: Multiprint Oy.
- 3 Suomen Betonitieto Oy. 2006. Kivitalo, Kestävä kivitalo. Helsinki: Libris Oy.
- 4 Peuronen, Petteri. NCC Rakennus Oy. Tuotantoinsinööri. Haastattelu. 17.2.2016.
- 5 NCC Rakennus Oy. Tietojärjestelmä. PRO3.
- 6 Tarja Merikallio, Betonikeskus ry, Suomen Betonitieto Oy. 2002. Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- 7 Salmela, Henri. 2014. Kosteudenhallintaprosessin ohjaus omaperustaisessa rakennushankkeessa. Diplomityö. Aalto-Yliopisto.
- 8 Suomen Betonitieto Oy. 1997. Kestävä kivitalo, Betonin kosteuden hallinta. Forssa: Forssan Kirjapaino Oy.
- 9 NCC Rakennus Oy. Tietojärjestelmä, Kosteus- ja olosuhdehallittu työmaa opas. PRO3.
- 10 Ramirent Finland Oy. Tuote-esitteet - Osa 8 sähköistys ja lämmitys. <http://www.ramirent.fi/files/attachments/ramirent_fi/tuote-esitteet/osa_8_sahkoistys_sivut_168-197.pdf> Luettu 27.1.2016.
- 11 Rakennustieto Oy. Rakenteiden lämmitys ja kuivatus. Ratu 07-3032. Ohjetiedosto toukokuu 1996.

- 12 Ramirent Finland Oy. Tuotetietokanta. Sähköistys ja lämmitys.
<<http://www.ramirent.fi/portal/fi/tuotteet/>> Luettu 20.2.2016.
- 13 Gles Oy. GLES Kuivausohje 2012.
<http://www.gles.fi/pdf/GLES_kuivausohje.pdf> Luettu 27.1.2016.
- 14 Strong Finland Oy. <www.kuivain.fi> Luettu 1.2.2016.
- 15 Vaisala Oyj. <www.vaisala.fi> Luettu 20.2.2016.
- 16 Rakennustieto Oy. Betonin suhteellisen kosteuden mittauss. RT 14-10984.
Ohjetiedosto lokakuu 1998.
- 17 Merikallio, Tarja. 2009. Betonilattian ”riittävän” kuivumisen määrittäminen uudisrakentamisessa. Väitöskirja. Teknillinen korkeakoulu. Rakenne- ja rakennustuotantotekniikan laitos. Espoo: Multiprint Oy
- 18 Raninen, Rolf. NCC Rakennus Oy. Työmaapalvelun kosteudenmittaaja.
Haastattelu. 3.2.2016.
- 19 Rakennustieto Oy. Betonin suhteellisen kosteuden mittauss. RT 14-10675.
Ohjetiedosto lokakuu 1998.

Rakenteiden kuivumisaika-arvio laskuri

Esimerkkilaskut laskurilla tehtynä

Betonirakenteiden kuivuminen

"Tarja Merikallio. Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi. Betonikeskus 2002."

Kohde: **Kiinteistö Oy**

Maanvastainen teräsbetoni-laatta

Kun olet ensin valinnut haluamasi rakennetyypin sivun alareunan taulukoista, syötä sitten arvot tavoitekosteudelle, vesi-sideainesuhteelle ja rakenteen paksuudelle. Valitse lisäksi vaihtoehdoista alusta, kastumisaika sekä kuivumisolosuhteista kosteus ja lämpötila. Kuivumisaika ilmoitetaan viikkoina. Kuivumisajan lasketaan alkavan siitä kun rakenne ei enää saa lisäkosteutta. Jos jälkihoito tehdään kastelemalla, lasketaan aika kastelun lopettamisen jälkeen. Jos jälkihoito tehdään peittämällä, lasketaan aika valusta.

	Syöttöarvot	Raja-arvo	Peruskuivumisaika
Tavoitekosteus	85,0 %	"80-100"	17,0
Vesi-sideainesuhde	0,70	"0,4-0,7"	Kerroin 1,00
Rakenteen paksuus	150,0 mm	"70-150"	Kerroin 2,50

BY1021

Alusta

Kuiva

Muovi

Märkä

Kastumisaika

Kuivassa

Kosteassa yli 2 viikkoa

Kastunut yli 2 viikkoa

Kuivumisolosuhteet

Kosteus

35 %

50 %

60 %

70 %

80 %

Lämpötila

10 C

15 C

20 C

25 C

30 C

Kuivumisaika viikkoina:

39,3

Betonirakenteiden kuivuminen

"Tarja Merikallio. Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi. Betonikeskus 2002."

Kohde: **Kiinteistö Oy**

Ontelolaatta + lattiatasoite

Kun olet ensin valinnut haluamasi rakennetyypin sivun alareunan taulukoista, syötä sitten arvot tavoitekosteudelle ja tasoitteen paksuudelle. Valitse lisäksi vaihtoehdoista ontelolaatan kosteus sekä kuivumisolosuhteista kosteus ja lämpötila. Kuivumisaika ilmoitetaan viikkoina. Kuivumisajan lasketaan alkavan siitä kun rakenne ei enää saa lisäkosteutta. Jos jälkihoito tehdään kastelemalla, lasketaan aika kastelun lopettamisen jälkeen. Jos jälkihoito tehdään peittämällä, lasketaan aika valusta.

	Syöttöarvot	Raja-arvo	Peruskuivumisaika
Tavoitekosteus	85,0 %	"80-100"	12,0
Tasoitteen paksuus	20,0 mm	"5-20"	Kerroin 1,60

BY1021

Ontelolaatan kosteus

- < 90 %
 90 - 95 %
 > 95 %

(yli 2 viikkoa +18C, RH50)

(1-2 viikkoa +18 C , RH 50)

(alle 1 viikko +18, RH50)

Kuivumisolosuhteet

Kosteus

- 35 %
 50 %
 60 %
 70 %
 80 %

Lämpötila

- 10 C
 15 C
 20 C
 25 C
 30 C

Kuivumisaika viikkoina:

16,1

Betonirakenteiden kuivuminen

"Tarja Merikallio. Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi. Betonikeskus 2002."

Kohde: **Kiinteistö Oy**

Kololaatta + jälkivalu

Kun olet ensin valinnut haluamasi rakennetyypin sivun alareunan taulukoista, syötä sitten arvot tavoitekosteudelle, vesi-sideainesuhteelle ja jälkivalun paksuudelle. Valitse lisäksi kololaatan (ontelolaatta) kosteus, kastumisaika sekä kuivumisolosuhteista kosteus ja lämpötila. Kuivumisaika ilmoitetaan viikkoina. Kuivumisaajan lasketaan alkavan siitä kun rakenne ei enää saa lisäkosteutta. Jos jälkihoito tehdään kastelemalla, lasketaan aika kastelun lopettamisen jälkeen. Jos jälkihoito tehdään peittämällä, lasketaan aika valusta.

	Syöttöarvot	Raja-arvo	Peruskuivumisaika
Tavoitekosteus	90,0 %	"80-100"	10,0
Vesi-sideainesuhde:	0,70	"0,5-0,7"	Kerroin 1,00
Jälkivalun paksuus	150,0 mm	"100-150"	Kerroin 1,30

BY1021

Kololaatan kosteus

< 90 %

90 - 95 %

> 95 %

Kastumisaika

Kuivassa

Kosteassa yli 2 viikkoa

Kastunut yli 2 viikkoa

Kuivumisolosuhteet

Kosteus

35 %

50 %

60 %

70 %

80 %

Lämpötila

10 C

15 C

20 C

25 C

30 C

Kuivumisaika viikkoina:

7,9

Rakenteiden kuivumisaika-arvioiden laskenta arvot

Peruskuivumiskäyrät ja kertoimet joilla esimerkkilaskuissa kuivumisajat on laskettu

Maanvastainen teräsbetonilaatta:

Peruskuivumiskäyrä:



Kertoimet:

Vesisideainesuhde (v/s)	Kerroin
0,7	1,0
0,6	0,7
0,5	0,5
0,4	0,2

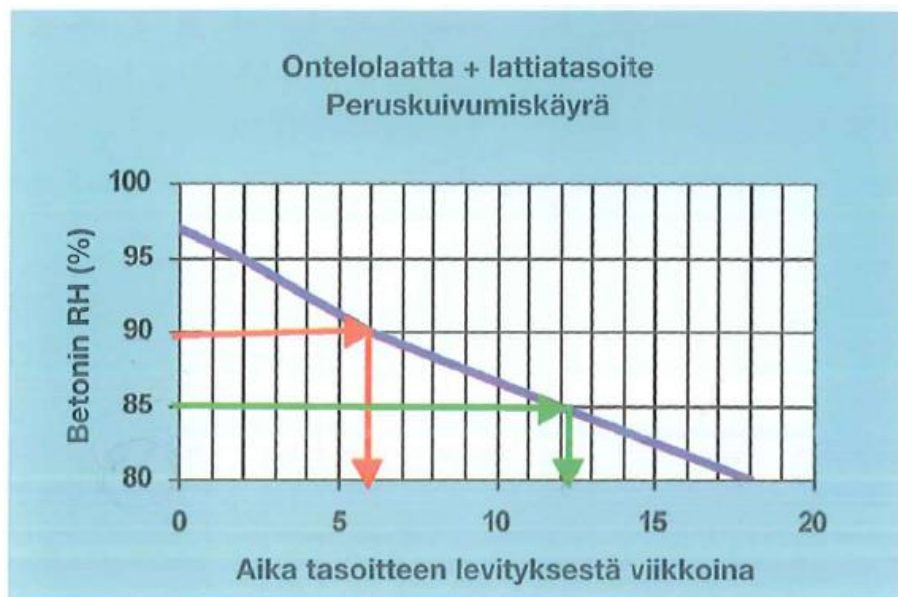
Rakenteen paksuus (mm)	Vesisideainesuhde (v/s)			
	0,7	0,6	0,5	0,4
70	1,0	0,8	0,8	0,7
90	1,4	1,3	1,3	1,2
100	1,7	1,6	1,6	1,5
120	2,1	2,0	2,0	1,9
150	2,5	2,4	2,4	2,3

Alusta	Kerroin
kuiva	1,0
muovi	1,1
märkä	1,5

Kastuminen	Vesisideainesuhde			
	0,4	0,5	0,6	0,7
Kuivassa	1,0	0,9	0,9	0,8
kosteassa yli 2 viikkoa	1,0	1,0	1,0	1,0
kastunut yli 2 viikkoa	1,1	1,2	1,3	1,5

RH (%)	Olosuhteet			
	Lämpötila (°C)			
	10	18	25	30
35	1,2	0,8	0,7	0,6
50	1,2	0,9	0,7	0,6
60	1,3	1,0	0,8	0,7
70	1,4	1,1	0,8	0,7
80	1,7	1,2	1,0	0,9

Ontelolaatta ja lattiatasoite:



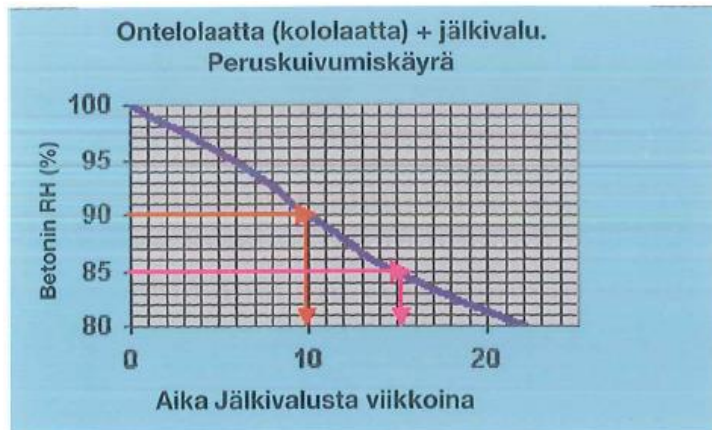
Kertoimet:

Ontelolaatan kosteus (RH%) ennen pintavalua	Kerroin
Alle 90 %	0,6
90-95 %	1,0
yli 95 %	1,3

Tasoitteen paksuus (mm)	Kerroin
20	1,6
10	1,0
5	0,8

Olosuhteet				
RH (%)	Lämpötila (°C)			
	10	18	25	30
35	1,2	0,8	0,7	0,6
50	1,2	0,9	0,7	0,6
60	1,3	1,0	0,8	0,7
70	1,4	1,1	0,8	0,7
80	1,7	1,2	1,0	0,9

Kololaatta ja jälkivalu:



Kertoimet:

Ontelolaatan kosteus (RH%) ennen pintavalua	Kerroin
Alle 90 %	0,9
90-95 %	1,0
yli 95 %	1,5

Vesisideainesuhde (v/s)	Kerroin
0,7	1,0
0,6	0,7
0,5	0,5


Jälkivalun paksuus (mm)	Vesisideainesuhde (v/s)		
	0,7	0,6	0,5
100	0,8	0,7	0,7
120	1,0	0,9	0,9
150	1,3	1,2	1,2

Kastuminen	Pintabetonin vesisideainesuhde		
	0,5	0,6	0,7
Kuivassa	0,9	0,9	0,8
kosteassa yli 2 viikkoa	1,0	1,0	1,0
kastunut yli 2 viikkoa	1,2	1,3	1,5

Olosuhteet				
RH (%)	Lämpötila (°C)			
	10	18	25	30
35	1,2	0,8	0,7	0,6
50	1,2	0,9	0,7	0,6
60	1,3	1,0	0,8	0,7
70	1,4	1,1	0,8	0,7
80	1,7	1,2	1,0	0,9

Olosuhteiden valvontakortti

Olosuhteiden valvontakortti, jonka avulla valvotaan työmaan olosuhteita

OLOSUHTEIDEN VALVONTAKORTTI			
Työmaa ja työnumero: _____			
Tarkastaja ja päiväys: _____			
Ulkolämpötila ja ilmankosteus: _____ °C _____ RH %		klo: _____	
Tarkastettu tila/huoneisto/kerros:	Lämpötila °C: (min +17 °C)	Ilmankosteus RH%: (max 50%)	Hyväksytty:
_____	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>
_____	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>
_____	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>
_____	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>
_____	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>
_____	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>
_____	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>
_____	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>
_____	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>
_____	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>
_____	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>

Muistiinpanot:
(Huomautukset, vesivahingot, korjaustoimenpiteet, tehdyt rakenteen kosteudenmittaukset)

Tarkastuksen tekijän allekirjoitus: _____

Korjaustoimenpiteet hyväksytty: ____/____/____ Allekirjoitus: _____

Olosuhteiden valvontakortin täyttöohjeet:

Tee tarkastukset pistokoeluontoisesti 1-2 kertaa viikossa.

Mittaa ensin ulkoa lämpötila ja ilmankosteus.

Valitse 5-10 tarkastettavaa tilaa/asuntoa.

Mikäli työmaapalvelu käy kyseisellä viikolla mittaamassa rakenteiden suhteellisia kosteuksia, yksi kerta riittää, mutta jos ei käy tee valvontakierros kaksi kertaa.

Varmista, että viikonloppuisin olosuhteet on kunnossa.

Tee tarkastukset 2-4 päivää ennen kuin työmaapalvelu tulee tekemään mittauksia.

Valitse tarkastettavat tilat niiden työvaiheiden mukaan.

Esimerkiksi:

Asunnossa ennen tasoitteiden alkamista ja päätyttyä tai sieltä missä laminaattiasennus aloitetaan lähiviikkoina ja lattia on vielä kostea, aikataullisesti "kriittiset" tilat.

Jos työmaalla jokin asuntolinja toimii laahausreittinä tai linjassa on rakennushissi, tulisi jostakin kyseisen linjan asunnosta tarkastaa olosuhteet.

Pyri tekemään tarkastukset eri tiloista eri valvontakierroksilla.

Ensimmäisen kerroksen jokin tila tulisi tarkastaa, sillä väliaikaiset ovet tai yleinen kulkureitti voi vaikuttaa olosuhteisiin.

Pyritään pitämään lämpötila vähintään +17 asteessa ja ilmankosteus korkeintaan 50 % RH. Mikäli mittauksissa lämpö ei riitä tai kosteus on suurempi, tulee olosuhteet korjata koneellisesti tai tuulettamalla.

Kirjaa muistiin tarkastuksen aikana tehdyt huomautukset, riskihavainnot, työmaapalvelun mittaukset, vesivahingot ja korjaustoimenpiteet.

Valvo, että korjaustoimenpiteet tehdään.

Säilytä täytetyt tarkastuskortit kansiossa.

Olosuhteiden valvonta mobiilisovelluksella

Mobiilisovelluksella tehty olosuhteiden laatutarkastus

AAA Koulutusprojekti
NCC Rakennus Oy
Numero 12345

Laatutarkastus 37
23.03.2016, Viikko 12



Pvm.	Työvaihe / Tarkastus	Sijainti	
23.03.2016	00 Työmaan olosuhteiden valvonta / Mittaus	A, 3.krs, A6	SP

Hyväksyjät	Osallistajat

Tila	Kuvaus
✓	1. Ihanteellinen kulumisolosuhte +20 astetta. Mitattu sisälämpötila astelina. <i>+18 astetta.</i>
✗	2. Ihanteellinen kulumisolosuhte RH 50%. Mitattu ilman suhteellinen kosteus prosentteina. <i>85%</i>

Tarkastuksen havainnot	Sää 23.03.2016
Virheet Mittauksen virheiden kokonaismäärä on 1. Tarkemmat tiedot virheistä löytyy raportin lopusta.	 Sää kello 19:52 Enimmäkseen pilvistä Lämpötila: -1.3 °C Tuuli: 3.7 m/s

Hyväksyjät

Osallistajat

Laatutarkastus 37 - havainnot					
ID	Kuvaus	Vastuullinen	Luotu	Korjattu	
12	A, 3.krs, A6: 2. Ilmankosteus liian korkea. Lisätään tuuletusta.	NCC Rakennus Oy	23.03.16		SP

Rakenteiden kuivatus ohje

Ohje rakenteiden kuivatukseen

