

Opinnäytetyö (YAMK)

Insinööri (ylempi AMK), rakentaminen

2024

Emma Parkkinen

# Betoni lattiarakenteiden kosteustekninen suunnittelu



Opinnäytetyö (YAMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

2024 | 84 sivua

Emma Parkkinen

## Betonilattiarakenteiden kosteustekninen suunnittelu

Tutkimuksessa selvitettiin, miten rakennesuunnittelija voi edistää betonilattiarakenteiden kosteusteknistä toimivuutta. Betonilattiarakenteiden kosteuden aiheuttamat vauriot ympäröiville rakenteille, kuten lattian pintamateriaaleille ja niiden kiinnitysaineille, ovat aiheuttaneet haasteita edeltävien vuosikymmenien aikana. Ongelman korjaamiseksi on kehitetty erilaisia laatuvaatimuksia kuten Kuivaketju10 -kosteudenhallintamenelmä.

Kirjallisuustutkimuksessa selvitettiin rakennesuunnittelijan roolia betonilattiarakenteiden kosteusteknisessä suunnittelussa. Tutkimuksessa käsiteltiin betonirakenteiden kosteuslähteitä ja kuivumista sekä tutustuttiin kosteudenhallinnan menetelmiin ja rakennesuunnittelijan tehtäviä ohjaaviin vaatimuksiin. Betonilattiarakenteiden kosteusteknisen suunnittelun ja Kuivaketju10 -menetelmän nykytilanteen toimintatapoja selvitettiin asiantuntijahaastattelulla ja -kyselyllä.

Tutkimukset osoittivat, että betonilattiarakenteiden kosteusteknisen suunnittelun osalta hankkeiden vaatimukset vaihtelevat. Työn tuloksena toteutettiin suunnitteluohje A-Insinöörit Oy:lle betonilattiarakenteiden kosteustekniseen suunnitteluun ja Kuivaketju10 suunnittelutehtävien tuottamiseen.

Asiasanat:

Kosteudenhallinta, betonirakenteet, rakennesuunnittelu, Kuivaketju10

Master's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Building Technology and Civil Engineering

2024 | 84

Emma Parkkinen

## Moisture performance of concrete floor structures

The study examined how a structural engineer can promote the moisture performance of concrete floor structures. Damage caused by moisture in concrete floor structures to the surrounding structures, such as the surface materials and adhesives, have caused challenges during the previous decades. To correct the problem, various quality requirements have been developed, such as the Kuivaketju10 moisture management method.

The literature research examined the role of the structural engineer in the moisture engineering design of concrete floor structures. The study focused on moisture sources and drying of concrete structures, and introduced methods of moisture management and the requirements that guide the tasks of a structural engineer. Current operating mode of the Kuivaketju10 and moisture engineering design of concrete floor structures were clarified through an expert interview and survey.

The studies showed variation in the requirements of the moisture engineering design of concrete floor structures. As a result of the study, design instructions were implemented for A-Insinöörit Oy for the moisture engineering design of concrete floor structures and for the design task production according to Kuivaketju10.

Keywords:

Moisture performance, concrete structures, structural planning, Kuivaketju10

# Sisältö

<b>Käytetyt lyhenteet ja sanasto</b>	<b>8</b>
<b>1 Johdanto</b>	<b>10</b>
1.1 Tutkimuksen tausta	10
1.2 Tutkimuksen sisältö ja tavoitteet	12
1.3 Tutkimuksen rajaukset	13
1.4 Tutkimuksen toteutus	14
<b>2 Betonirakenteiden kosteus</b>	<b>15</b>
2.1 Betonin liiallisesta kosteudesta aiheutuvat vauriot	16
2.2 Alkalinen kosteus	17
2.3 Työmaa-aikainen kosteus	17
2.4 Käytön aikainen kosteus	18
2.5 Betonirakenteiden kuivumiseen vaikuttavat tekijät	18
2.6 Päälystettävyyden ja pinnoituksen raja-arvot	25
2.7 Betonirakenteiden kosteuden mittaaminen	30
2.8 Betonirakenteiden kuivumisaika-arviot	33
2.9 Betonirakenteiden kosteudenhallinta	33
2.9.1 Kosteudenhallinnan määräykset ja lainsäädäntö	34
2.9.2 Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta	34
2.9.3 Kosteudenhallintaselvitys	35
2.9.4 Kosteudenhallintamenetelmä	35
<b>3 Rakennesuunnittelijan rooli kosteusteknisessä suunnittelussa</b>	<b>37</b>
3.1 Lainsäädäntö	37
3.2 Tehtäväluettelot	38
3.3 Kuivaketju10	40
3.4 Tervetalo	42
3.5 Ympäristöluokitus	43
3.5.1 RTS-ympäristöluokitus ja kosteudenhallinta	44

3.5.2 Joutsenmerkki ja kosteudenhallinta	46
3.6 Haastattelututkimus	46
3.7 Kyselytutkimus	47
<b>4 Betonilattiarakenteiden kosteustekninen suunnittelu</b>	<b>49</b>
4.1 Rakennesuunnittelijan tehtävät Kuivaketju10 -mukaan	49
4.2 Alapohjat	55
4.2.1 Maanvastainen eristetty alapohja	55
4.2.2 Maanvastainen eristämätön alapohja	58
4.2.3 Tuulettuva alapohja	59
4.3 Välipohjat	61
4.3.1 Elementtirakenteet	61
4.3.2 Liittorakenteet	66
4.3.3 Paikalla valetut rakenteet	72
4.4 Kerrokselliset rakenteet	73
4.5 Paksut tasoitekerrokset	75
4.6 Betonilattiarakenteiden päällystäminen	76
<b>5 Tulokset</b>	<b>78</b>
<b>6 Yhteenveto</b>	<b>79</b>
<b>Lähteet</b>	<b>81</b>

## **Liitteet**

Liite 1. Kuivumisaika-arviot välipohjat

Liite 2. Kosteudenhallintakoordinaattorien haastattelujen yhteenveto

Liite 3. Kyselytutkimuksen yhteenveto

Liite 4. Kuivumisaika-arviot alapohjat

## Kuvat

1 Betonimassan pääraaka-aineet ovat kiviaines, sementti, vesi sekä tarvittaessa lisä- ja seosaineet	15
2 Rakennerratkaisujen kuivumissuuntia	21
3 Betonivälipohjan kuivumisnopeus eri olosuhteissa (By 201 Betoniteknikan oppikirja 2019, 538).	23
Kuva 4 Rakennesuunnittelijan ja työmaan vaikutusmahdollisuudet betonirakenteen kosteudenhallintaan	24
5 Kerroksellisen rakenteen päällystettävyyden arvioinnin mittaussyvytydet (RT 103333 2021, 29).	27
6 Vasemmalla kosteuden jakaantuminen ennen tasoitteen asennusta, keskellä kosteuden jakautuminen tasoitteen kosteuslisän jälkeen ja oikealla kuva liimattavan päällysteen asennuksen jälkeen (RT 103333 2021, 22).	28
7 Vasemmalla kosteuden tasaantuminen tiiviin pinnoitteen alle ja oikealla diffuusioavoimen päällysteen alla. Katkoviivalla esitetty kosteuden jakautuminen ennen pinnoitusta. (RT 103333 2021, 22).	30
8 Betonilattiarakenteiden kosteudenmittaussyvytyksien määrittämiä (RT 103333 2021, 29.)	32
9 Kuivaketju10 -riskilista (Rala 2024)	41
10 RTS-ympäristöluokitus vähimmäisvaatimukset eri tähtiluokituksille (RTS-ympäristöluokitus 2022, 4).	44
11 Suunnittelutehtävä 8.1.2 (Rala 2024).	50
12 Suunnittelutehtävä 8.1.3 (Rala 2024).	51
13 Suunnittelutehtävä 8.1.6 (Rala 2024).	51
14 Suunnittelutehtävä 8.1.7 (Rala 2024).	52
15 Suunnittelutehtävä 8.2.2 (Rala 2024).	53
16 Suunnittelutehtävä 8.2.4 (Rala 2024).	53
17 Suunnittelutehtävä 8.2.5 (Rala 2024).	54
18 Suunnittelutehtävä 9.2.8 (Rala 2024).	55
19 Maanvastaisen alapohjan tyypilliset rakennekerrokset	56
20 Maanvastaisen eristämättömän alapohjan tyypilliset rakennekerrokset	59

21 Tuulettuvan alapohjan tyypilliset rakennekerrokset	60
22 Ontelolaattavälipohjan tyypilliset rakennekerrokset	62
23 Vesireikäohje (Betset yhtiöt 2023), jossa reiät A tehdään tehtaalla ja reiät B työmaalla.	63
24 TT-laattavälipohjan tyypilliset rakennekerrokset	64
25 Karkaistu kevytbetonilaattavälipohjan tyypilliset rakennekerrokset	65
26 Teräsbetonielementtivälipohjan tyypilliset rakennekerrokset	66
27 Liittolevy ja teräsbetonivälipohjan tyypilliset rakennekerrokset	67
28 Kuorilaatta ja teräsbetonivaluvälipohjan tyypilliset rakennekerrokset	68
29 Superlaatta (Lujabetoni 2024).	69
30 Kololaattavälipohjan tyypilliset rakennekerrokset	70
31 Deltapalkki (Peikko Group 2024).	71
32 Väestönsuojan välipohjan tyypilliset rakennekerrokset	73
33 Kerroksellisten pintarakenteiden tyypilliset rakennekerrokset	74

## Taulukot

Taulukko 1 Eri betonilaatujen kemiallinen kuivuminen vuoden aikana (By2020 Betonin kuivumisaika-arvio ohjelma 2024).	19
Taulukko 2 Eri tavalla kuivuvien rakenteiden kuivumisaika-arvioita	22
Taulukko 3 Rakenteiden päällystettävyyden kriittisiä raja-arvoja (Terveet tilat 2028 2024, 20).	26
Taulukko 4 Ardex 8+9 vedeneristysjärjestelmän $S_d$ arvot eri pohjusteilla ja eri määrillä (VTT sertifikaatti nro 118/99 2017).	29
Taulukko 5 Rakennesuunnittelijan kosteudenhallintaan liittyvät tehtävät rakennesuunnittelun tehtäväluettelon RAK18 ja Liitteen 10 Rakennusfysikaalinen suunnittelu mukaan. (RT 103087 2019.)	39
Taulukko 6 RTS-kosteusteknisten riskien hallinta suunnittelussa kriteerit (RTS-ympäristöluokitus 2022).	45

## Käytetyt lyhenteet ja sanasto

Alkalinen kosteus	Kosteus ja emäksisyys yhdessä tunnetaan alkalisena kosteutena. (Leivo ym. 2019, 10)
Primääriemissio	Materiaalin ominaispäästö (Leivo ym. 2019, 8)
Sekundääriemissio	Vauriosta johtuvat, kuten kemiallisen hajoamisen seurauksena tulevat, ominaispäästöjä suuremmat päästöt tai niistä poikkeavat päästöt (Leivo ym. 2019, 8)
Palkkikaista	Ympäröivää betonilaattaa paksummat kaistamaiset rakenteet, jotka raudoitetaan muuta laattaa voimakkaammin.
Liittopakki	Esivalmistettu osa ja paikallavalettava tai toinen esivalmistettu osa toimivat yhdessä palkkina.
Kvalitatiivinen	Laadullinen
Kvantitatiivinen	Määrällinen
Alkalinen hydrolyysi	Alkalisen kosteuden aikaan saama materiaalin kemiallinen hajoaminen (Leivo ym. 2019, 99)
Itsestään kuivuva (betoni)	Pelkästään kemiallisesti 90 % kuivuva betonilaatu (Suomen Betoniyhdistys ry 2019, 535)
Vesisementtisuhde (v/s)	Betonimassan vesi ja sementtimäärän suhde (Suomen Betoniyhdistys ry 2019, 37)
Betonin suhteellinen kosteus	Yksikkö RH (%). Betonin huokosten ilmatilassa olevan vesihöyryn määrän (g/m <sup>3</sup> ) ja lämpötilan perusteella



määräytyvä betonin kosteuspitoisuus. (Suomen  
Betoniyhdistys ry 2019, 533)

Arviointisyvyys	Betonin kosteusmittauksissa käytettävä mittaussyvyys, joka määritellään erikseen erilaisille rakenteille RT 103333 2022 mukaisesti.
TXIB	Muovimatoissa ennen vuotta 2007 käytetty lisäaine
Ftalaatti	Pehmentimissä käytetty kemiallinen aine
EPS	Expanded polystyrene on paisutettu lämmöneriste, joka on avosoluinen polystyreeni
XPS	Suulakepuristettu lämmöneriste, joka on umpisoluinen polystyreeni
Sylomer	Ääni- tai värinäeriste, joka on sekasoluinen polyuretaani elastomeeri (Christian Berner 2024)

# 1 Johdanto

Betonilattiarakenteiden kosteusteknisellä suunnittelulla tarkoitetaan tässä tutkimuksessa muun rakennesuunnittelun yhteydessä tapahtuvaa suunnittelua, jossa otetaan huomioon rakenteellisen kestävyuden lisäksi rakenteen kosteustekniset ominaisuudet ja niiden optimointi kohteeseen sopivaksi. Kosteusteknisellä suunnittelulla voidaan etsiä eri käyttötarkoitukseen ja ympäristöön soveltuvia suunnitteluratkaisuja. Betonilattiarakenteiden kosteusteknisen suunnittelun avulla voidaan edesauttaa rakenteiden ja rakennuksen kosteudenhallinnan yhteisen tavoitteen toteutumista. Terveellisen ja turvallisen rakennuksen aikaansaamisen lisäksi kosteusteknisellä suunnittelulla voidaan parhaassa tapauksessa säästää aikaa ja resursseja.

## 1.1 Tutkimuksen tausta

Tietoa betonilattiarakenteiden kosteudenhallinnasta on paljon saatavilla, mutta tieto on hajallaan. Rakennusala ja laadunhallinta kehittyvät nopeasti, joten saatavilla oleva tieto voi olla vanhentunutta. Rakenteiden suunnittelua ja toimintaa ohjaavia kosteudenhallintamenetelmiä ja ympäristöluokitusjärjestelmiä tulee koko ajan lisää. Betonilaatuja kehitetään ympäristöystävällisempään suuntaan ja materiaalitehokkuuteen kiinnitetään yhä enemmän huomiota, koska rakentamisen ja etenkin betonin ympäristövaikutuksiin on alettu puuttumaan. Tässä tutkimuksessa pyritään keräämään tämän hetken tietoa yhteen.

Betonilattiarakenteiden liian varhainen päällystäminen tai päällystemateriaalien kemiallinen yhteensopimattomuus alustan kanssa ovat aiheuttaneet lukuisia vauriota sekä ylimääräisiä kustannuksia ja haittaa edeltävien vuosikymmenien aikana. Erityisesti ongelmia on todettu muovimattojen kanssa.

Normaalitapauksessa muovimatot ja niiden kiinnitysaineet emittoivat kemiallisia yhdisteitä sisäilmaan asennuksen jälkeen. Nämä päästöt tunnetaan ominaispäästöinä eli primääriemissioina, jotka yleensä vähenevät ajan saatossa. Joissain tapauksissa alustan kosteus tai alkalinen kosteus,

muovimatto ja mattoliima reagoivat keskenään ja muodostavat kemiallisia yhdistelmiä, jotka saattavat emittoida sisäilmaan. Näitä päästöjä kutustaan sekundääriemissioiksi. Sekä primääri- että sekundääriemissiot voivat aiheuttaa sisäilmaan haittoja, jotka aiheuttavat ihmisissä oireilua ja pahimmassa tapauksessa terveydellistä haittaa. Tämän takia on tärkeää tunnistaa, miten kyseistä riskiä voidaan pienentää ja ohjata hanketta jo suunnitteluvaiheessa siihen suuntaan, ettei riski pääse toteutumaan.

Eräät suuret rakennusliikkeet ovat tehneet periaateratkaisuja, joissa todetaan, etteivät he käytä omista kohteistaan muovimattoja lainkaan. (Mölsä 2017.) Muovimattoja käytetään kuitenkin päällystemateriaalina etenkin julkisissa rakennuksissa. On paljon käyttötarkoituksia, joihin muovimatto on oikein suunniteltuna ja toteutettuna toimiva ratkaisu.

Muidenkin päällystemateriaalien tai niiden kiinnitysaineiden takia on havaittu ongelmia betonilattiarakenteissa. Riski päällysteiden vaurioitumiseen ei siis liity vain muovimattoihin, vaan se koskee kaikkia päällysteitä ja pinnoitteita, millä on alustan päällystettävyyden tai pinnoitettavuuden raja-arvo, jota ei syystä tai toisesta noudateta. Tässä tutkimuksessa keskitytään ala- ja välipohjien betonirakenteiden kosteustekniseen toimintaan, eikä päällysteisiin ja pinnoitteisiin. Betonilattiarakenteiden kosteusteknisellä suunnittelulla pyritään suunnittelemaan rakenneratkaisu niin, että sen on päällystettävissä ja pinnoitettavissa annetussa aikataulussa.

Rakennusmateriaalit kehittyvät jatkuvasti, joten rakenneratkaisuja täytyy kehittää ja jakaa tietoa. Lisäksi työmailla haastavat paineet aikataulun kiristämiseen ja kohonneet energia- ja materiaalikustannukset.

Edellä mainittujen seikkojen takia betonilattiarakenteiden kosteustekniseen suunnitteluun tulee kiinnittää erityistä huomiota jo suunnittelun alkuvaiheessa, kun rakenneratkaisuun, pintamateriaaleihin ja hankkeen aikatauluun voidaan aidosti vaikuttaa.

## 1.2 Tutkimuksen sisältö ja tavoitteet

Tavoitteena on tutkia betonilattiarakenteiden kosteusteknisen suunnittelun käytänteitä nykytilanteessa sekä löytää uusia käytänteitä ja työkaluja.

Pääkysymys tässä tutkimuksessa on, millä tavalla betonilattiarakenteiden kosteusteknistä toimivuutta voidaan edistää rakennesuunnittelun keinoin.

Betonirakenteiden kosteustekniseen toimintaan perehdytään kappaleessa betonirakenteiden kosteus. Kirjallisuuslähteiden avulla tutustutaan erilaisiin kosteuslähteisiin ja kosteuden vaikutuksiin betonissa sekä sitä ympäröivissä rakenteissa. Kosteuden lisäksi kappaleessa käsitellään betonin kuivumista ja kuivumiseen vaikuttavia tekijöitä. Tämän jälkeen betonirakenteiden kosteudenhallinta esittelee lainsäädännön asettamat vaatimukset betonirakenteiden kosteudenhallintaan.

Lainsäädäntö ja suunnittelusopimukset määrittelevät rakennesuunnittelijan tehtäviä betonirakenteiden kosteudenhallintaan liittyen.

Suunnittelusopimuksissa voidaan vaatia suunnittelijaa toimimaan tietyn kosteudenhallintamenetelmän, ympäristöluokituksen tai muun laadunhallintamenetelmän vaatimusten mukaisesti. Näihin suunnitteluperusteisiin perehdytään kappaleessa rakennesuunnittelijan rooli kosteusteknisessä suunnittelussa. Nykytilanteeseen tutustuttiin kosteudenhallintakoordinaattoreita haastatteleamalla sekä rakennesuunnittelijoille osoitetulla kyselytutkimuksella.

Betonirakenteiden kosteustekninen suunnittelu kappaleessa syvennyttään rakennesuunnittelijan Kuivaketju10 -suunnittelutehtäviin ja yleisesti käytössä oleviin betonirakenteisiin ala- ja välipohjarakenteisiin. Näiden rakenteiden osalta tutustutaan kuivumistapoihin ja kuivumiseen vaikuttaviin ratkaisuihin. Kappaleessa sivutaan myös betonirakenteiden päällystettävyyttä.

Tutkimuksen lopuksi esitellään tulokset sekä yhteenveto kappaleessa kootaan yhteen tutkimus ja esitetään jatkotutkimustarpeet ja -ehdotukset.

Yhteenvedossa arvioidaan lisäksi tutkimuksen onnistumista.

### 1.3 Tutkimuksen rajaukset

Tutkimuksessa perehdytään betonin kuivumiseen vaikuttaviin tekijöihin. Tekijöistä keskitytään niihin, joihin rakennesuunnittelija voi vaikuttaa. Tutkimuksessa tarkastellaan, mitkä asiat vaikuttavat rakennesuunnittelijan suunnittelutehtävän sisältöön hankkeessa. Tutkimuksessa arvioidaan rakennesuunnittelijan osaamista kosteudenhallinnan tehtäviin ja mahdollisen lisäkoulutuksen tarvetta.

Betonilattiarakenteiden kosteustekninen suunnittelu kappaleessa käydään läpi yleisiä rakenneratkaisuja ja näiden rakenteiden kosteusteknisen suunnittelun pääkohdat. Rakenteiden suunnittelusta on rajattu pois liittyvät rakenteet. Betonirakenteiden kosteusteknisen suunnittelun kannalta erityispaikkoja tarkastellaan kevyesti.

Tässä tutkimuksessa keskitytään uudiskohteisiin, vaikka suurin osa tutkimuksessa esitetyistä asioista on sovellettavissa myös korjauskohteisiin.

Sisäilman laadun kannalta erilaiset tilojen käyttötarkoitukset määrittävät vaadittua laatutasoa. Sisäilman laatuvaatimukset ovat erilaiset esimerkiksi teollisuuskohteissa ja asunnoissa. Teollisuuskohteissa betonirakenteiden kosteus ei yleensä ole ongelmallista, vaan tärkeämpää on pinnan tasaisuus ja laatuvaatimukset esimerkiksi halkeilulle. Teollisuuskohteissa käytetään usein pinnoitteita, jotka voidaan asentaa hyvinkin kostean betonin päälle, eikä betonin korkea kosteuspitoisuus aiheuta ongelmaa. Sisäilman kannalta kriittisempiä kohteita ovat sellaiset tilat, joissa oleillaan paljon ja tilat, jotka ovat suhteessa pienempiä kuin laajat teollisuushallit. Kyseisissä tiloissa myös pintamateriaalit ovat yleensä vaativampia alustan kosteuden suhteen. Näissä tiloissa joudutaan usein käyttämään myös kerroksellisia rakenteita akustisista tai lämmityksestä johtuvista syistä. Sisäilmaltaan vaativia tiloja ovat esimerkiksi kodit, päiväkodit, koulut, toimistot ja sairaalat. Tässä tutkimuksessa keskitytään sisäilmalaadultaan vaativiin tiloihin.

#### 1.4 Tutkimuksen toteutus

Tämä tutkimus on kirjallisuustutkimus, jota täydennetään haastattelu- ja kyselytutkimuksella. Tutkimuksessa tarkastellaan betonilattiarakenteiden kosteusteknistä suunnittelua rakennesuunnittelun näkökulmasta kokoamalla ja analysoimalla tutkimuskirjallisuutta. Lisäksi rakennesuunnittelijan roolia betonilattiarakenteiden kosteusteknisessä suunnittelussa nykytilanteessa selvitetään kosteudenhallintakoordinaattoreille tehdyllä haastattelulla ja rakennesuunnittelijoille tehdyllä kyselyllä. Haastattelut edustavat kvalitatiivista tutkimusmenetelmää ja kyselytutkimus kvantitatiivista tutkimusta.

Nykytilanneselvityksen perusteella todettiin tarve yleisten betonilattiarakenneratkaisujen kosteusteknisen suunnittelun pääkohtien yhteen keräämiseksi suunnittelun tueksi. Betonilattiarakenteiden kosteustekninen suunnittelu kappaleessa esitellään, miten erilaisia betonilattiarakenteita tulisi suunnitella kosteusteknisesti. Tutkimustuloksia voidaan hyödyntää betonilattiarakenteiden kosteusteknisessä suunnittelussa.

## 2 Betonirakenteiden kosteus

Betoni koostuu pääosin sideaineesta, runkoaineesta ja vedestä (Kuva 1). Betoni sisältää siis aina kosteutta.



1 Betonimassan pääraaka-aineet ovat kiviaines, sementti, vesi sekä tarvittaessa lisä- ja seosaineet

Kosteudella tarkoitetaan rakenteessa olevaa sitoutumatonta vettä (Siikanen 2015, 65). Vastavaletun betonin kosteuspitoisuus on lähellä RH 100 %. Betonin kosteuspitoisuus ilmoitetaan usein juuri suhteellisena kosteutena RH (%). Tämä kosteuspitoisuus on riippuvainen lämpötilasta ja betoninhuokosissa olevasta vesihöyryn määrästä (g). Betonin kovettuessa kosteutta sitoutuu kemiallisten reaktioiden avulla sideaineeseen muodostaen sementtiliimaa. Tätä prosessia kutsutaan hydratoitumiseksi. Loput betonissa olevasta vedestä on fysikaalisesti sitoutunutta. Fysikaalisesti sitoutunutta vettä on betonin ilmahuokosissa vesimolekyyleinä, vesihöyrynä sekä vapaana vetenä. Betoni on huokoinen

materiaali ja se pyrkii hydroskooppiseen tasapainokosteuteen ympäristönsä kanssa. Betoniin fysikaalisesti sitoutunutta vettä poistuu, kunnes ympäröivän tilan suhteellinen kosteus on sama kuin betonin. Betonin pinnan ollessa kostea haihtuminen on nopeaa ja kosteuden siirtyminen tapahtuu ensisijaisesti kapillaarisesti. Betonin pinnan kuivuesssa, myös kosteuden siirtyminen hidastuu, kun fysikaalisesti sitoutunut vesihöyry siirtyy pääosin diffuusion avulla pois rakenteesta. (Suomen Betoniyhdistys ry 2019, 529.)

## 2.1 Betonin liiallisesta kosteudesta aiheutuvat vauriot

Betonirakenne itsessään ei ole vaurioherkkä kosteuden vaikutuksesta. Korkea kosteuspitoisuus vaikuttaa betonin lujuudenkehitykseen yleensä positiivisesti. Betonin liian nopea kuivuminen aiheuttaa haasteita, koska silloin kuivumiskutistuminen kasvaa, mikä saattaa aiheuttaa halkeilua. Pääosin betonin kosteus onkin ongelmallista betonia ympäröiville rakenteille ja rakenneosille. Tällaisia rakenteita ovat esimerkiksi kosteusherhät pinta- ja päällysterakenteet sekä niiden kiinnitysaineet. Vaurioituessaan materiaalit saattavat emittoida terveydelle haitallisesti sisäilmaan. (Lumme & Merikallio 1997, 8.)

Betonille optimaaliset kuivatusolosuhteet saattavat joissain tapauksissa olla liian kuivat samassa tilassa olevien puurakenteille. Puurakenteet saattavat tällöin kuivua liian nopeasti tai liian paljon. Tällaisia ongelmia saattaa ilmetä esimerkiksi liimapuu tai CLT-rakenteiden kanssa. Betonin rakennekosteus saattaa aiheuttaa ongelmia ympäröiville rakenteille, mikäli se ei ole poistunut riittävästi pinnoitushetkellä tai myöhemmin, jos rakenneratkaisussa ei ole otettu huomioon rakennekosteuden poistumista pitkällä aikavälillä. Tällainen voi tulla kysymykseen erityisen tiiviiden pintamateriaalien kanssa. Betonin kosteudesta on haittaa myös liittyviin puurakenteisiin, kuten puuväli- tai ulkoseinien alaohjauspuulle, minkä takia puun ja betonin väliin tulee suunnitella ja asentaa irrotuskaista, joka estää haitallisen kosteuden siirtymisen betonista puurakenteeseen. (RIL 250-2020, 137–142, 263.)



## 2.2 Alkalinen kosteus

Tuore betoni on hyvin emäksistä ja pH on 12,5–14 (Lumme & Merikallio 1997, 7). Kosteus ja emäksisyys yhdessä tunnetaan alkalisena kosteutena. Betonin alkalinen kosteus voi olla haitallista esimerkiksi päällysteenä toimiville muovimatoille ja niiden liimoille, koska alkaliset olosuhteet voivat rikkoa materiaalin molekyylirakennetta aiheuttaen alkalisen hydrolyysin. Tällöin materiaalit voivat emittoida haitallisia yhdisteitä sisäilmaan. Asiaa on tutkittu viime vuosina paljon ja haittoja voidaan minimoida betonirakenteen päälle asennettavan vähintään 5 mm paksun matala-alkalisen tasoitekerroksen avulla. Matala-alkalisen tasoitteen raja-arvona pidetään noin pH 11. (Leivo ym. 2019.) Tasoitevalmistajat ovat reagoineet asiaan esittämällä tuotetiedoissaan, että kyseessä on matala alkalinen tuote tai ilmoittamalla, että kaikki valmistajan tasoitetuotteet ovat matala-alkalisia.

## 2.3 Työmaa-aikainen kosteus

Rakentamisen aikana rakenteeseen saattaa tulla suunnitellusti kosteutta valun jälkeen esimerkiksi tasoitteiden tai päällystemateriaalien kiinnitysaineiden mukana. Rakentamisen ja käytön aikana betonirakenteeseen voi tulla kosteutta myös suunnittelemattomasti esimerkiksi puutteellisten sääsuojauksen takia, vesivahinkojen seurauksena tai maanvastaisiin rakenteisiin kapillaarisesti maaperästä nousemalla. (Merikallio ym. 2007, 13; Suomen Betoniyhdistys ry 2019, 529.) Mikäli betonirakenne pääsee kastumaan sen jälkeen, kun betonin pinta on jo ehtinyt kuivua, on uudestaan kuivuminen hidasta. Tällöin betoni kuivuu ainoastaan diffuusion avulla. Rakennesuunnittelijan vaikutusmahdollisuudet työmaa-aikaiseen kosteuteen ovat rajalliset. Rakennesuunnittelija voi kuitenkin esittää vaatimuksen vaadituista olosuhteista ja rakenteiden suojauksesta. Päävastuu kosteudenhallinnasta työmaa-aikana on pääurakoitsijalla.

## 2.4 Käytön aikainen kosteus

Rakenteen ja rakennuksen käytön aikana betonirakenteeseen voi tulla kosteutta putkirikkojen tai muiden vesivahinkojen seurauksena. Lisäksi maanvastaisissa rakenteissa kosteutta saattaa nousta kapillaarisesti esimerkiksi kastuneesta alusrakenteesta. Betoni voi diffuusion avulla siirtää kosteutta vesihöyryn muodossa täyttömaasta kohti sisätilaa, vaikka kapillaarikatko olisikin suunniteltu ja toteutettu oikein. Tämä tulee huomioida pintamateriaalin vesihöyrynvastusominaisuuksissa ja lämmöneristyksen valinnassa. (Suomen Betoniyhdistys ry 2019, 529–530.) Maanvastaisiin rakenteisiin suositellaan käytettäväksi vesihöyryä hyvin läpäiseviä pinnoitteita, jotta rakenteeseen mahdollisesti päätyneet kosteus pääsee kuivumaan.

## 2.5 Betonirakenteiden kuivumiseen vaikuttavat tekijät

Betonirakenteen kuivumiseen vaikuttavat betonimassan ominaisuudet, rakenneratkaisu sekä työmaan toimenpiteet ja kuivumisolosuhteet. Betonin koostumuksella voidaan vaikuttaa merkittävästi kuivumisnopeuteen. Betonin kuivumisen optimoinnissa auttaa betonimassan huokostus noin 9 %:iin, pieni vesi-sementtisuhte ja suuri maksimiraekoko (By 45/BLY 7 Betonilattiat 2018, 52).

Työmaa pystyy vaikuttamaan betonin kuivumiseen merkittävästi jälkihoidon, kuivumisolosuhteiden ja sääsuojauksen avulla. Työmaa voi vaikuttaa rakenteen ja alustan lämpötilaan rakentamisen aikana. Työmaa vastaa betonilattioiden jälkihoidosta ja siinä käytettävistä aineista, pinnan hionnasta sekä peittämisestä. Lisäksi työmaalla tehdään lopullinen päätös sementtilaadusta ja mahdollisen nopeasti kuivuvan tai itsestään kuivuvan betonin käytöstä. (By 201 Betonitekniikan oppikirja 2019, 535).

Rakennesuunnittelijan vaikutusmahdollisuudet kuivumiseen vaikuttavissa tekijöissä ovat etenkin lujuuden, vesisementtisuhteen ja runkoaineen

maksimiraekoon määrittämisessä sekä rakenneratkaisussa ja optimaalisten kuivumisolosuhteiden edellyttämisessä.

Taulukossa 1 esitetään betonilaadun vaikutusta betonin kuivumiseen. Taulukon suhteellisen kosteuden arvot ovat arvioita betonin kuivumisesta pelkästään kemiallisesti kuivuen vuodessa eli se ei ota huomioon rakenneratkaisua ja haihtumiskuivumista.

Taulukko 1 Eri betonilaatujen kemiallinen kuivuminen vuoden aikana (By2020 Betonin kuivumisaika-arvio ohjelma 2024).

Lattiabetonin lujuusluokka	Vesisementtisuhde	Suhteellinen kosteus vuoden kuluttua vain kemiallisesti kuivuen
C25/30	0,75	n. 97 % RH
C25/30	0,70	n. 96 % RH
C30/37	0,65	n. 95 % RH
C30/37	0,60	n. 94 % RH
C25/30	0,55	n. 93 % RH
C30/37	0,50	n. 92 % RH
C35/45	0,45	n. 91 % RH

Kuten taulukosta 1 voidaan huomata, vesisementtisuhde vaikuttaa kuivumisaikaan. Vesisementtisuhteen ollessa suuri, vettä jää enemmän kemiallisesti sitoutumatta eli sen täytyy kuivua fysikaalisesti, tällöin rakenneratkaisu ja vapaat kuivumissuunnat ovat suuremmassa merkityksessä. Veden määrä ( $\text{kg/m}^3$  betonia) voi olla betonissa suurempi, vaikka vesisementtisuhde siinä on pienempi, koska kyseessä on veden ja sementin massamäärien suhde. (By 201 Betoniteknikan oppikirja 2019, 531–534.)

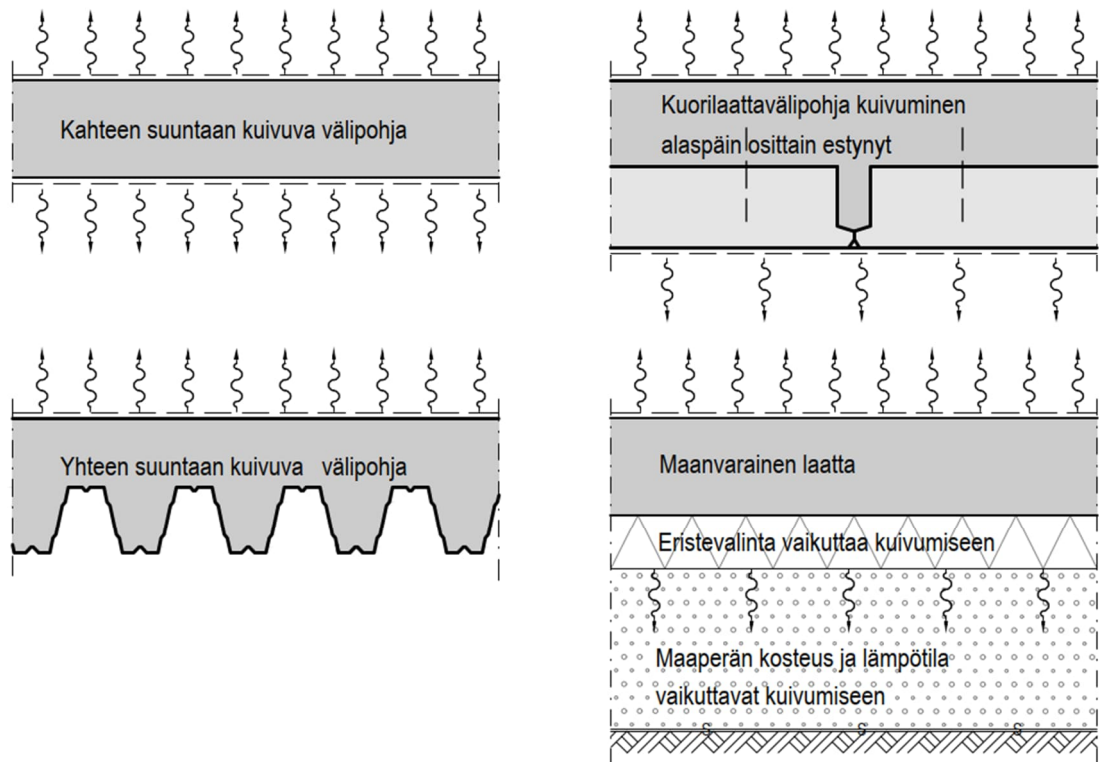
Betonin maksimiraekoko vaikuttaa betonin kuivumiseen. Mitä suurempi raekoko betoniin valitaan, sitä vähemmän vettä massaan tarvitaan. Pienempi vesimäärä taas nopeuttaa rakenteen kuivumista. (Merikallio 2002, 37.) Betonin

runkoaineen raekokoa määriteltäessä on otettava huomioon kosteuskäyttäytymisen lisäksi myös muut ominaisuudet, joihin raekoko vaikuttaa, kuten kuivumiskutistuma ja vaikutus lujuteen. Maksimiraekoon vaikutuksista kuivumisaikaan ei löydy tutkittua tietoa, joten sen valinnan vaikutusten arviointiin ei tässä tutkimuksessa oteta kantaa. Suositeltavaa on käyttää mahdollisimman suurta maksimiraekokoa, joka muiden ominaisuuksien puolesta on rakenteeseen mahdollista valita. Suuri maksimiraekoko on yleensä taloudellinen valinta, sillä se vähentää sideaineen tarvetta ja sideaine on betonissa yleensä kallein osa-aine. Maksimiraekoon kasvattaminen vähentää lisäksi kuivumiskutistumaa. (By 201 Betonitekniikan oppikirja 2019, 73.)

Nopeasti kuivuvien sementtien käyttö vaikuttaa kuivumisaikaan. Näiden käyttöön ei rakennesuunnittelija yleensä voi vaikuttaa, vaan päätöksen nopeasti kuivuvien betonien käytöstä tekee urakoitsija tai rakennushankkeeseen ryhtyvä.

Betonimassan ilmamäärään tai huokostukseen rakennesuunnittelija ei yleensä ota suoraan kantaa, vaan ne määräytyvät valitun rasitusluokan mukaan. (By 45/BLY 7 Betonilattiat 2018, 52; By 201 Betonitekniikan oppikirja 2019, 72.)

Rakenneratkaisu vaikuttaa merkittävästi rakenteet kuivumiseen. Suurimmat vaikutukset ovat rakenteen paksuus sekä betonia ympäröivät rakenteet, jotka määrittävät kuivuuko betoni yhteen vai kahteen suuntaan. Rakenteen paksuus määrittää kuinka pitkän matkan kosteus kulkeutuu poistuessaan rakenteesta, mitä pidempi matka on, eli mitä paksumpi rakenne on, sitä hitaammin se kuivuu. Kuvassa 2 esitetty eri rakenneratkaisujen kuivumissuuntia.



## 2 Rakenneratkaisujen kuivumissuuntia

Taulukossa 2 esitetään kolme erilaista välipohjarakennetta ja jokaiselle kaksi eri rakennepaksuutta. Kuivumisaika-arviot on tehty by 2020 Betonin kuivumisaika-arvio ohjelmalla (Liite 1). Betonilaatu, kuivumisolosuhteet sekä kriittinen RH:n arvo on kaikissa laskelmissa pidetty vakiona. Laskelmissa käytetty betonilaatu on lujuusluokaltaan C30/37 ja vesisementtisuhde on 0,6 v/s. Laskelmien kuivumisolosuhteen lämpötila on 18,0 °C ja ilmankosteus RH 60 %. Kriittinen RH, eli mihin kosteuspitoisuuteen betonin tuli kuivua laskelmissa, on arvontisyvyydellä (A) RH 85 %. Kuivumisaika-arvioihin vaikuttavat siis ainoastaan kuivumissuunnat ja rakenteen paksuus.

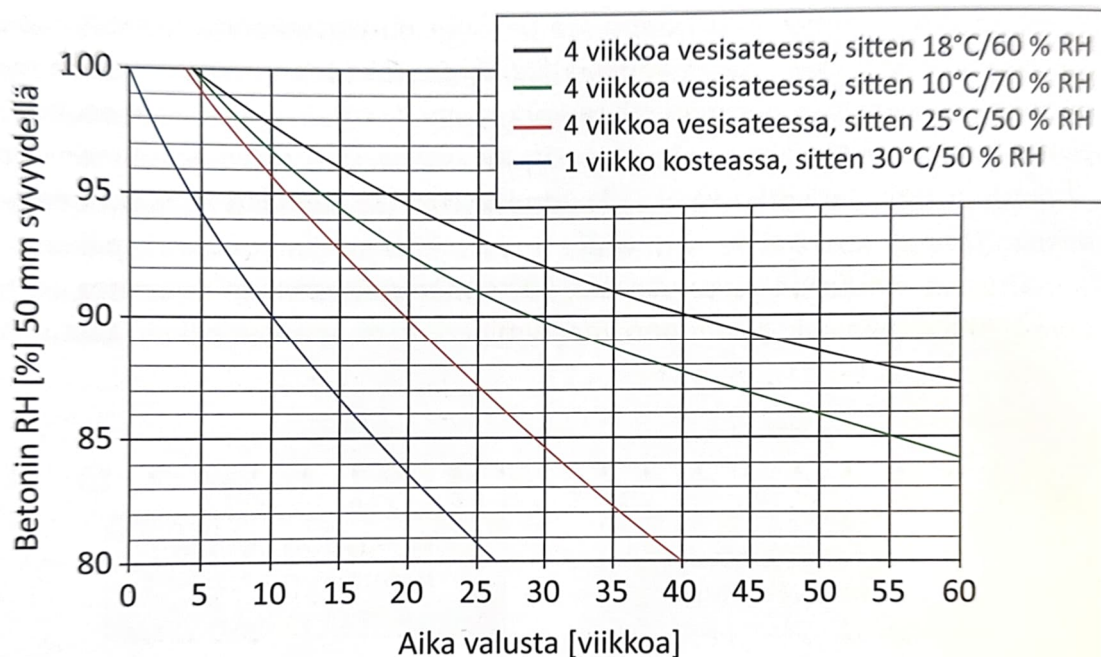
Taulukko 2 Eri tavalla kuivuvien rakenteiden kuivumisaika-arvioita

<b>Kahteen suuntaan kuivuva välipohja</b>	
Rakenteen paksuus	Kuivumisaika
250 mm	42 vko
200 mm	31 vko
<b>Yhteen suuntaan kuivuva välipohja</b>	
Rakenteen paksuus	Kuivumisaika
200 mm	74 vko
150 mm	55 vko
<b>Kuorilaatta, kuivuminen alaspäin osittain estynyt</b>	
Rakenteen paksuus (kuorilaatan paksuus/paikalla valettavan rakenteen paksuus)	Kuivumisaika
KL 100/220	61 vko
KL100/200	55 vko

Taulukosta 2 voidaan todeta, että kahteen suuntaan kuivuva betonirakenne, jonka rakennepaksuus on 250 mm kuivuu lähes kolme kuukautta pidempään, kuin 50 mm ohuempi rakenne. Rakennepaksuuden valintaan vaikuttavat muun muassa rakenteen jänneväli, kuormat sekä akustiset vaatimukset. Vastaavasti voidaan huomata, että sama 50 mm ero rakennepaksuudessa vaikuttaa yhteen suuntaan kuivuvassa välipohjassa jopa viisi kuukautta. Yhteen suuntaan kuivuvan rakenteen kuivumisaika verrattuna kahteen suuntaan kuivuvan rakenteeseen on lähes puolet pidempi, kun verrataan 250 mm kantavaa laattaa 200 mm liittolaattaan, jotka vastaavat likimäärin toisiaan samassa kuormitus ja jännevälin rakenteessa. Taulukossa 2 tarkastellaan lisäksi kuorilaattaa, jossa kuivuminen on toiseen suuntaan osittain estynyt. Tämän rakenteen vertaaminen

edellisiin ei ole yhtä suoraviivaista, koska tällä rakenteella voidaan tehdä suurempia jännevälejä ja korkeampia kuormituksia kuin edellisillä rakenteilla. Voidaan kuitenkin verrata KL 100/200, jossa 100 kuvastaa kuorilaatan paksuutta (100 mm) ja 200 paikallavalettavaa osuutta (200 mm), muiden ratkaisujen 200 mm laattoihin. Kahteen suuntaan kuivuvana paikalla valettu 200 mm laatta kuivuu vajaat kahdeksan kuukautta, 200 mm kuorilaatta vajaat 14 kuukautta ja liittolaatta 200 mm paikalla valetulla betonilaatalla 18,5 kuukautta.

Kuivumisolosuhteet vaikuttavat merkittävästi rakenteen kuivumisaikaan.



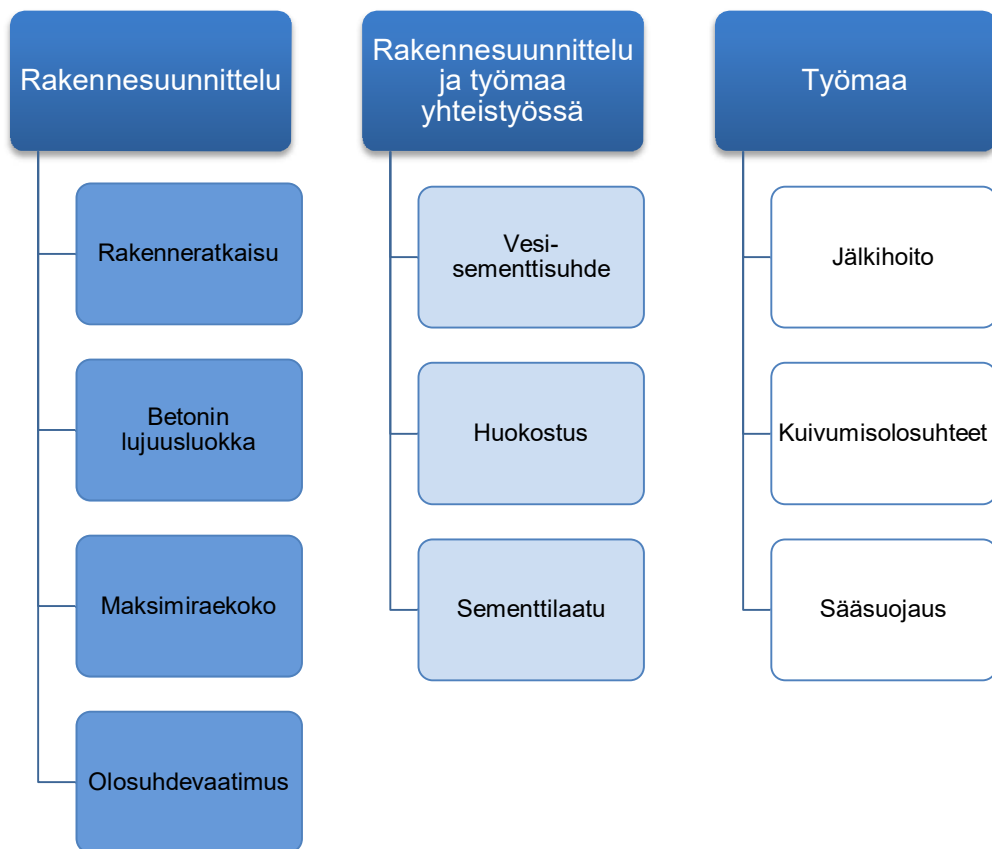
3 Betonivälipohjan kuivumisnopeus eri olosuhteissa (By 201 Betonitekniiikan oppikirja 2019, 538).

Kuvassa 3 on esitetty 250 mm paksuisen betonivälipohjan (v/s 0,7) arvioitua kuivumisaikaa. Kuvasta voidaan huomata, että ympäröivän tilan lämpötilalla ja ilmankosteudella voidaan vaikuttaa merkittävästi rakenteen kuivumisnopeuteen.

Tavoiteltava kuivumisolosuhde työmaa-aikana on 20 °C ja RH 50 %.

Olosuhteisiin työmaalla vaikuttaa muun muassa suojaus, vuodenaika sekä lämmittimien ja kuivattimien käyttö. Yleensä hyvällä työmaajärjestelyllä päästään noin 18 °C ja RH 60 %.

Betonin kuivumiseen voidaan vaikuttaa rakentamisen eri vaiheissa ja eri osapuolten toimesta. Suurin vaikutus on rakennushankkeeseen ryhtyvän laatuvaatimuksilla betonin kosteudenhallintaan liittyen, sillä se ohjaa eri osapuolien kosteudenhallintaan käyttämiä resursseja ja intressejä. Kuvassa 4 on esitetty rakennesuunnittelijan ja työmaan vaikutusmahdollisuudet betonirakenteen toteutukseen kosteudenhallinnan näkökulmasta.



Kuva 4 Rakennesuunnittelijan ja työmaan vaikutusmahdollisuudet betonirakenteen kosteudenhallintaan

### Vähähiilisyysluokituksen vaikutus betonin kuivumiseen

Vähähiilisyysluokitus saattaa vaikuttaa betonin kuivumisnopeuteen. Betonista saadaan vähähiilisempää korvaamalla osa sementistä esimerkiksi masuunikuonalla. Sementin korvaaminen osittain masuunikuonalla vaikuttaa



betonin ominaisuuksiin. Happonen diplomityössä (2023) tutkittiin vähähiilisten betonien kuivumista. Kyseisen tutkimuksen mukaan vähähiilisen betonin kuivuminen oli hyvissä olosuhteissa vastaavaa tai nopeampaa kuin vastaavien tavallisten betonien. Vähähiilisen betonin rakennekosteus kuivuu tutkimuksen mukaan kemiallisesti nopeammin kuin normaali betoni, mutta fysikaalinen kuivuminen eli kosteuden siirtyminen kohti kuivempia pintaosia oli selvästi hitaampaa kuin normaaleilla betoneilla. (Happonen 2023.)

## 2.6 Päälystettävyyden ja pinnoituksen raja-arvot

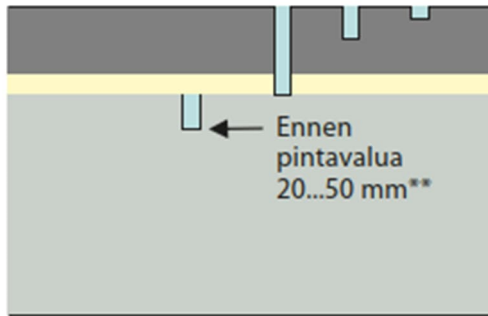
Päälyste on valmis tai lähes valmis tuote, joka asennetaan betonin päälle. Päälysteitä ovat esimerkiksi muovimatto tai parketti. Pinnoite on betonin päälle levitettävä tuote, jonka ominaisuudet valmistuvat vasta levityksen aikana tai sen jälkeen. Pinnoitteita ovat esimerkiksi maalit ja massalattia. (By 45/BLY 7 Betonilattiat 2018, 38–39.) Pinnoitteiden suhteellisen kosteuden kriittiset raja-arvot määräytyvät tuotevalmistajan ohjeiden mukaan. Taulukossa 3 on alustan kosteuden yleisiä kriittisiä raja-arvoja eri päälysteille ja pinnoitteille.

Taulukko 3 Rakenteiden päällystettävyyden kriittisiä raja-arvoja (Terveet tilat 2028 2024, 20).

Rakenne/päällyste	Betonin RH (%) arviointisyvyydellä A	Betonin ja/tai tasoitteen RH (%) pinnassa ja 1-3 cm:n syvyydellä (0,4*A)
Kelluva lautaparketti ja alusmateriaali	85	75
Alustaan liimattava lautaparketti	normaali betoni	85
	erikoisbetoni (v/s<0,5)	90
Laminaatti + vesihöyrytiivis alusmateriaali	85	75
Mosaiikkiparketti	normaali betoni	85
	erikoisbetoni (v/s<0,5)	90
Muovimatot, linoleumi, kumimatot, tekstiilimatto, tiivis alusta	85	75
Täyssynteettiset tekstiilimatot ilman alusrakennetta	90	75
Muovi-, kumi-, linoleumilaatat	90	75
Vedeneriste	85–95	75

Päällysteiden kriittiset raja-arvot voidaan pinnoitteiden tapaan määritellä tarkemmin tuotevalmistajan antamien arvojen mukaan.

Pinnoitettavuutta ja päällystettävyyttä arvioitaessa tulee huomioida rakenne kokonaisuutena ja tapauskohtaisesti. Rakenne saattaa olla kerroksellinen tai rakentamisen aikana rakenteen kosteudessa voi olla paikallisia eroja. Rakenne on saattanut esimerkiksi kastua paikallisesti työmaa-aikana. Rakenteen kerroksellisuus tuo haasteita päällystettävyyden arviointiin. Kantavan betonilattian päälle asennettava eristekerros esimerkiksi vaatii tietyn kosteuden (yleensä <90 % RH) ennen asennusta. Eristekerroksen asentamisen jälkeen pintalaatta, tasoite ja esimerkiksi muovimaton liima saattaa tuoda rakenteeseen lisäkosteutta. Tällainen rakenne vaatii useita kosteusmittauksia eri rakennusvaiheissa, mitä on esitetty kuvassa 5. Aikataulun määrittäminen usealle toisistaan riippuvaiselle työvaiheelle voi olla haastavaa.



Kantava betonirakenne + eriste + pintavalu

Pintavalu mitataan kuten yhteen suuntaan kuivuva rakenne ellei eristetilaa tuuleteta. Lisäksi eristetilaa kosteus tarkistetaan ennen päällystystä.

\*\*Kantavan rakenteen mittaussyvyys riippuu:

- eristeen vesihöyrynläpäisevyydestä
- eristeen kuivumismahdollisuuksista pintavalun jälkeen
- pintavalun eristettä kastelevasta vaikutuksesta
- päällysteen vesihöyrynläpäisevyydestä
- kantavasta rakenneratkaisusta.

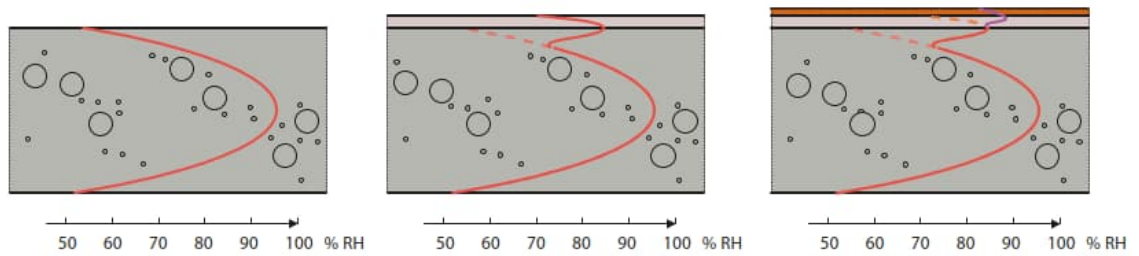
Yleensä:

- elementtirakenteilla 20 mm
- paikallavalurakenteilla 30 mm
- jäähtetyssä pintalaatassa 50 mm.

Eristettä asennettaessa pinnan betoni ei saa olla syvemällä olevaa betonia kosteampaa.

5 Kerroksellisen rakenteen päällystettävyyden arvioinnin mittaussyvydet (RT 103333 2021, 29).

Kuvassa 6 voidaan huomata, että betonin pintaosien kosteuspitoisuus nousee merkittävästi tasoitteen ja liiman vaikutuksesta. On siis tärkeää huomioida nämä kosteuslisät päällystettävyyttä arvioitaessa. Pintarakenteiden kosteuslisien huomioiminen on haaste erityisesti hyvin tiiviiden päällysteiden kanssa, mitkä eivät salli rakenteen kuivumista ylöspäin päällysteen asennuksen jälkeen.



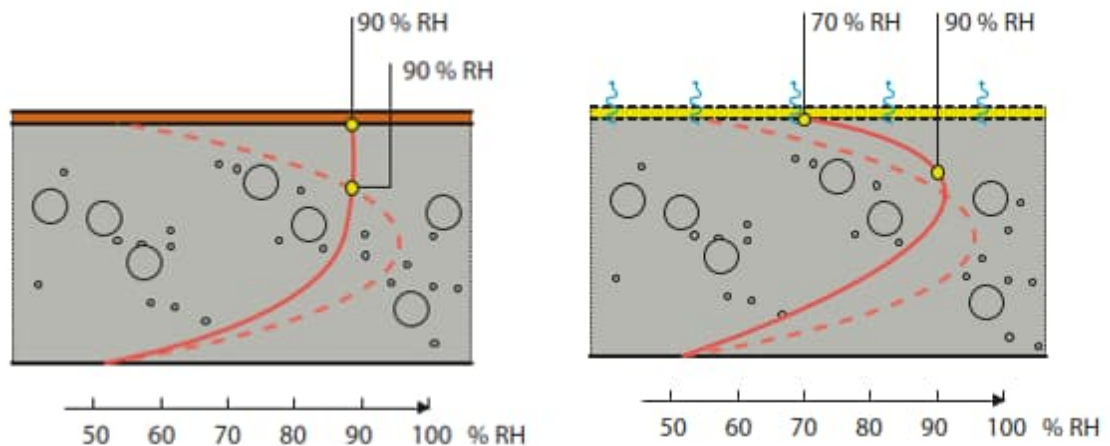
6 Vasemmalla kosteuden jakaantuminen ennen tasoitteen asennusta, keskellä kosteuden jakautuminen tasoitteen kosteuslisän jälkeen ja oikealla kuva liimattavan päällysteen asennuksen jälkeen (RT 103333 2021, 22).

$S_d$ -arvo (suhteellinen diffuusiovastus) kertoo rakenteen vesihöyrynvastuksesta ja sen yksikkö on metri [m]. Arvo kuvaa materiaalia vastaavan ilmakerroksen paksuuden, jolla on tutkittavan materiaalin kanssa sama vesihöyrynvastus. Pintamateriaalia pidetään tiiviinä, kun sen  $S_d > 50$  ja diffuusioavoimena, kun sen  $S_d < 10$ . Esimerkiksi homogeenisella muovimatolla kyseinen arvo on yleensä välillä 10...50 m ja alustaan liimattavalla parketilla  $< 1$  m (RT 103333 2021, 21–22). Materiaalien  $S_d$  arvoja tulkittaessa on hyvä huomata pohjusteen vaikutus vesihöyrynläpäisevyyteen. Vedeneristeiden ja muidenkin pohjustettavien materiaalien suunnittelussa onkin tärkeää huomioida pohjusteen vaikutus koko rakenteen kosteusteknisessä suunnittelussa. Samalla vedeneristysmassalla voidaan saavuttaa hyvin erilaisia lopputuloksia vesihöyryn läpäisevyydeltään riippuen käytetystä pohjusteesta. Taulukossa 4 on esitetty Ardex vedeneristysjärjestelmän suhteellisen diffuusiovastuksen arvoja riippuen pohjusteesta ja käytettävistä tuotemääristä.

Taulukko 4 Ardex 8+9 vedeneristysjärjestelmän  $S_d$  arvot eri pohjusteilla ja eri määrillä (VTT sertifikaatti nro 118/99 2017).

Vedeneristys	$S_d$ , m (vesihöyrydiffuusiota vastaavan ilmakerroksen määrä)
Ardex P 51 (laim. 1:3) 80 g/m <sup>2</sup> Ardex 8+9 1,5 kg/m <sup>2</sup>	1,2
Ardex P 51 (1 x, laimentamaton) Ardex 8+9 1,5 kg/m <sup>2</sup>	1,9
Ardex P 51 (2 x, laimentamaton) Ardex 8+9 1,5 kg/m <sup>2</sup>	2,2
Ardex P 2 D 120 g/m <sup>2</sup> Ardex 8+9 1,5 kg/m <sup>2</sup>	18
Ardex P 2 D 250 g/m <sup>2</sup> Ardex 8+9 1,5 kg/m <sup>2</sup>	39
Ardex P 2 D 160 g/m <sup>2</sup> Ardex 8+9 1,8 kg/m <sup>2</sup>	24
Ardex P 2 D 250 g/m <sup>2</sup> Ardex 8+9 1,8 kg/m <sup>2</sup>	36

Taulukosta voidaan huomata, että samalla järjestelmällä voidaan toteuttaa hyvin vesihöyrynavoin ratkaisu tai tiivis rakenne.



7 Vasemmalla kosteuden tasaantuminen tiiviin pinnoitteen alle ja oikealla diffuusioavoimen päällysteen alla. Katkoviivalla esitetty kosteuden jakautuminen ennen pinnoitusta. (RT 103333 2021, 22).

Kuvasta 7 voidaan huomata, että tiiviillä pinnoitteilla päällysteen alle tasaantuva kosteuspiitoisuus vastaa syvemmillä olevaa arviointisyvyyden (A) arvoa 90 %. Vesihöyryä hyvin läpäisevä pinnoite taas sallii kuivumisen jatkumisen ja kosteuspiitoisuus tasaantuu lähemmäs ennen pinnoitusta ollutta kosteutta. (RT 103333 2021).

## 2.7 Betonirakenteiden kosteuden mittaaminen

Betonirakenteiden kosteuden seuranta tehdään lähtötaso-, seuranta- sekä pinnoitettavuusmittausten avulla. Mittaustapa valitaan mittaussvaiheen mukaisesti. Lähtötaso- ja seuranta voidaan tehdä esimerkiksi valun aikana asennetuilla kosteusantureilla. Pinnoitettavuusmittaukset tulee kuitenkin aina tehdä porareikä- tai koepalamenetelmällä. Betonin suhteellisen kosteuden mittauksesta on ohjekortti RT 103333, mikä ohjaa ja neuvoo hyviä käytänteitä betonin kosteusmittauksiin.

Päällystettävissä betonirakenteissa tehdään pinnoitettavuusmittaukset ennen pintarakenteiden (kerrokselliset rakenteet, kuten askeläänieristeen) asentamista sekä ennen tasoittamista ja pinnoittamista.

Kosteusmittauksista on hyvä tietää lisäksi, mitä tarkoittaa mittauspiste ja mittausepä-tarkkuuden huomiointi. Porareikä- ja koepalamenetelmissä mittauspisteellä tarkoitetaan vähintään kolmea mittausta.

*”Päällystettävyyttä arvioitaessa mittaus tehdään aina vähintään kahdelta syvyydeltä kussakin mittauspisteessä. Tärkein mittaussyvyys mitataan vähintään kahdella rinnakkaisella porareiällä ja koeputkella.”* (RT 103333 2021, 20).

Mittausepä-tarkkuus tulee huomioida päällystettävyysspäätöksiä tehdessä. Mittaustulokset annetaan mittausraportissa ilman mittausepä-tarkkuutta, mutta mittauksen kokonaisepä-varmuusluokka tulee esittää mittausraportissa. Epätarkkuus huomioidaan aina epäedullisempaan suuntaan eli kosteammaksi. (RT 103333 2021).

Esimerkki:

Mittaustuloksen ollessa RH 82 % ja ilmoitettu kokonaismittausepä-tarkkuus +/- 4 %.

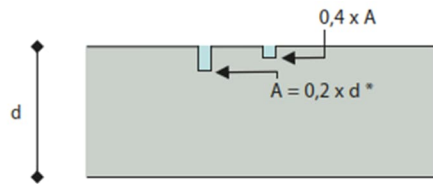
Mittaustulos tulkitaan olevan (82+4=) RH 86 % ja tätä arvoa verrataan ilmoitettuun pinnoitettavuuden raja-arvoon.

### **Mittaussyvyudet**

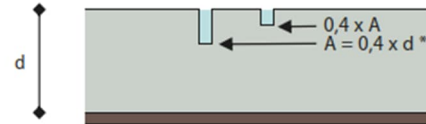
Betonirakenteiden suhteellisen kosteuden määrittämiseksi porareikä ja koepalamenetelmällä täytyy arvioida mittaussyvyys. Mittaussyvyuden määritykset, erityisesti paksujen valujen osalta, sekä pinnoitettavuuden raja-arvojen alustava määrittäminen saattaa olla rakennesuunnittelijan tai rakennusfysikaalisen suunnittelijan tehtävänä hankkeessa. Mittaussyvyyyksiä saatetaan tarvita lisäksi kuivumisaika-arvioiden tekemiseen.

Mittaussyvyuden määrittäminen on ohjeistettu RT-kortissa. Mittaussyvyyttä arvioitaessa huomioidaan rakenneratkaisu ja rakenteen paksuus. Lisäksi tulee

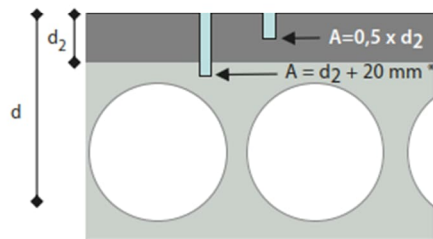
huomioida yli 5 mm tasoitekerrokset. Kuvassa 8 esitetään eri rakenteiden arviointisyvyyksien määrittämiä.



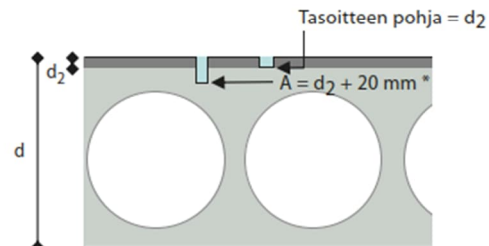
Välipohjarakenne  
(kahteen suuntaan kuivuva)



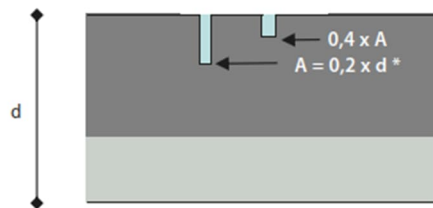
Liittolaatta tai maanvastainen laatta  
(yhteen suuntaan kuivuva)



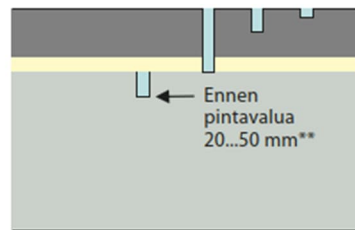
Ontelolaatta + pintavalu ( $d_2$ )



Ontelolaatta + tasoite ( $d_2$ )



Kuurilaattarakenne



Kantava betonirakenne + eriste + pintavalu  
Pintavalu mitataan kuten yhteen suuntaan kuivuva rakenne ellei eristetilaa tuuleteta. Lisäksi eristetilän kosteus tarkistetaan ennen päällystystä.

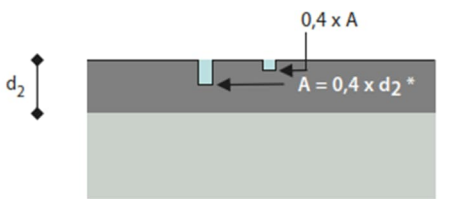
\*\*Kantavan rakenteen mittaussyvyys riippuu:

- eristeen vesihöyrynläpäisevyydestä
- eristeen kuivumismahdollisuuksista pintavalun jälkeen
- pintavalun eristettä kastelevasta vaikutuksesta
- päällysteen vesihöyrynläpäisevyydestä
- kantavasta rakenneratkaisusta.

Yleensä:

- elementtirakenteilla 20 mm
- paikallavalurakenteilla 30 mm
- jäädytetyssä pintalaatassa 50 mm.

Eristettä asennettaessa pinnan betoni ei saa olla syvemmällä olevaa betonia kosteampaa.



Kololaatta + jälkivalu + massainen vedeneriste

\*mittaussyvyys enintään 70 mm

## 8 Betonilattiarakenteiden kosteudenmittaussyvyyksien määrittämiä (RT 103333 2021, 29.)

Erityispaikkojen ja erityispaksujen betonirakenteiden osalta mitaussyvyys tulee kuitenkin määritellä erikseen. Tällaisia erityispaikkoja ovat esimerkiksi palkkikaistat, liittopalkkien kohdat tai laatan vahvennokset. Paksuiksi valuiksi



luokitellaan sellaiset rakennekerrokset, joiden maksimimitaussyvyudeksi tulee RT-kortin ohjeilla yli 70 mm. Tällainen rakenne on esimerkiksi yhteen suuntaan kuivuva liittolaatta, joka on yli 175 mm paksu ja päällystetään tiiviillä pinnoitteella. Maksimimitaussyvyys tulee siis määrittää tapauskohtaisesti, jos päällyste on hyvin tiivis, käytettävän betonin vesisementtisuhde on suuri tai rakenteen kuivuminen alaspäin on estynyt. (RT 103333 2021, 29.)

## 2.8 Betonirakenteiden kuivumisaika-arviot

Betonirakenteiden kuivumisaika-arvioiden tekemiseen on erilaisia laskentatyökaluja. Pitkään käytössä on ollut Merikallion malliin perustuvat taulukot (2002), jolla saadaan kuivumisajan karkea arvio rakennepaksuuden mukaisesti. 2020 julkaistu Betoniyhdistyksen by2020 Betonin kuivumisaika-arvio ohjelmisto on helppokäyttöinen ja toimiva työkalu kuivumisaika-arvioiden tekemiseen. Ohjelman avulla voidaan tarkastella muun muassa erilaisten kuivumisolosuhteiden, lujuuden, vesisementtisuhteen sekä vuoden ajan vaikutusta rakenteen kuivumisaikaan. Näiden kahden yleisesti käytössä olevan arviointimenetelmän lisäksi betonin kuivumista voidaan arvioida myös ruotsalaisen Lundin yliopisto TorKaS- ohjelmalla, COMSOL Multiphysics- ja WUFI-ohjelmistoilla. Kaikki betonirakenteiden kuivumisaika-arviot ovat nimensä mukaisesti arvioita, joita voidaan käyttää aikataulun luomisessa sekä aikataulun realistisuuden arvioinnissa. Arvioiden perusteella ei voida päättää, onko rakenne päällystettävissä, vaan tämä tulee aina todentaa rakennekosteusmittauksin.

## 2.9 Betonirakenteiden kosteudenhallinta

Betonirakenteiden kosteudenhallinta alkaa suunnittelupöydällä ja jatkuu työmaalta aina käyttöönottoon ja käyttöön asti. Betonirakenteiden kosteudenhallinnassa on rooli lähes kaikilla hankeosapuolilla, koska esimerkiksi betonirakenteiden kuivumisella on yhteys hankeen kokonaisaikataulun

määrittämiseen. Betonilattiarakenteiden kosteudenhallinta on iso osa hankkeen kosteudenhallintaa.

Betonilattiarakenteiden kosteudenhallinnan tavoitteena on päästä vaadittuihin kosteuden raja-arvoihin annetussa aikataulussa ja välttää kosteuteen liittyvät ongelmat koko elinkaaren ajan.

### 2.9.1 Kosteudenhallinnan määräykset ja lainsäädäntö

Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta (782/2017) tuli voimaan 1. päivänä tammikuuta 2018. Asetus on osa rakentamismääräyskokoelman kokonaisuudistusta. Asetuksen perustelumuihistiossa todetaan, että eduskunnan kirjelmä rakennusten kosteus- ja homeongelmista (EK 5/2013 vp) edellyttää rakennusten terveellisyyden huomioon ottamisen tarkemmin sekä edellyttää hallitukselta toimenpiteitä rakennustyömaiden kosteudenhallinnan parantamiseksi. (Outinen 2017).

### 2.9.2 Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta

Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta ja asetusta tukeva ohje Rakennusten kosteustekninen toimivuus (2020) ohjaavat rakennushankkeen kosteudenhallintaa. Asetus velvoittaa suunnittelijat osaltaan täyttämään rakennuksen kosteustekniselle toimivuudelle asetut vaatimukset sekä sisäiset että ulkoiset kosteusrasitukset. Asetusta sovelletaan kaikkiin rakennusluvan varaisiin rakennushankkeisiin.

Betonilattiarakenteisiin liittyvät kohdat asetuksessa ovat rakennustuotteiden ja -osien suojaus (14. §) sekä rakenteiden kuivuminen (15. §), missä rakennusvaiheen vastuuhenkilölle annetaan vastuu kuivumisen varmistamisesta. Lisäksi betonilattiarakenteisiin annetaan ohjeita asetuksen luvuissa Rakennuspohjan kuivatus, Rakennuksen alapohja ja maanvastaiset seinärakenteet sekä Märkätila. Asetuksessa esitellään yleiset kosteustekniset

periaatteet ja rakennuksen kosteustekninen toiminta. Asetuksessa vaaditaan, että rakennuksen vaipan tulee olla tiivis eikä kosteus saa missään muodossa aiheuttaa haittaa rakennukselle. Rakennukseen päässyt kosteus tulee voida poistua haittaa aiheuttamatta rakenteesta, oli se peräisin suunnitellusti rakentamisen ajalta tai satunnainen kosteus. (Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toiminnasta 782/2017.)

### 2.9.3 Kosteudenhallintaselvitys

Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta velvoittaa rakennushankkeeseen ryhtyvän laatimaan tai tilaamaan kosteudenhallintaselvityksen laatimisen. Kosteudenhallintaselvityksen sisällöstä mainitaan asetuksessa vähimmäisvaatimuksena *”hankkeen yleistiedot, vaatimukset kosteudenhallinnalle hankkeen eri vaiheissa, toimenpiteet ja menettelyt kosteudenhallinnan vaatimusten varmentamiseen sekä kosteudenhallinnan henkilöresssit.”* (Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toiminnasta 782/2017, 12. §.)

Kosteudenhallintaselvityksen laadintaa on lisäksi ohjeistettu TOPTEN-ohjekortissa 117c01 Kosteudenhallintaselvitys sekä julkaisussa Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen (RIL 250-2020). Kosteudenhallintaselvityksessä tulee esitellä muun muassa hankkeeseen valittu kosteudenhallintamenetelmä. Kosteudenhallintamenetelmä tarkoittaa toimenpiteitä ja menettelyjä, millä varmistetaan hankkeen kosteusteknistenvaatimusten saavuttaminen. Kosteudenhallintamenetelmistä tunnetuin ja vakiintunein on Kuivaketju10.

### 2.9.4 Kosteudenhallintamenetelmä

Kosteudenhallintamenetelmä valitaan hankekohtaisesti, ottaen huomioon hankkeen kosteustekninen vaativuus. Kosteudenhallintamenetelmiä ovat esimerkiksi Kuivakejtu10, Kosteusturva sekä sovellettu menettely. Yhteistä

kosteudenhallintamenetelmille on suunnitteluvaiheessa määriteltävät vaatimukset, kosteusriskien kartoitus, kosteudenhallintaan liittyvien suunnitelmien laatiminen ja työmaavaiheessa näiden suunnitelma-asiakirjojen toteutuksen dokumentointi ja kosteudenhallintaan keskittyvät työmaan valvontakierrokset.

Pieniin hankkeisiin, kosteusriskeiltään vähäisiin hankkeisiin ja suppeisiin korjaushankkeisiin voidaan käyttää myös sovellettua menettelyä. Tämä menettely tehdään hankekohtaisesti ja yleensä hyödynnetään esimerkiksi Kuivaketju10 -menetelmää soveltuvien osin. Myös hyvin vaativissa kohteissa voi olla perusteltua käyttää sovellettua menettelyä.

### 3 Rakennesuunnittelijan rooli kosteusteknisessä suunnittelussa

Rakennesuunnittelijan roolia betonilattiarakenteiden kosteusteknisessä suunnittelussa tutkitaan kirjallisuusaineiston pohjalta ja käytännön toimintatapoja hankkeissa selvitetään haastattelu- ja kyselytutkimuksen avulla.

Rakennesuunnittelijan tehtävät määritellään laissa, valmiissa tehtäväluetteloissa tai tarjouspyynnössä hankekohtaisesti eritellyissä tehtäväluetteloissa. Lisäksi tarjouspyynnöistä on hyvä huomata epäsuorat tehtävät, jotka sisältyvät erilaisiin ympäristöjärjestelmiin (LEED, BREEAM, RTS, Joutsenmerkki) tai muihin yleisesti käytössä oleviin laadunhallintamenettelyihin, kuten Kuivaketju10 ja Tervetalo. Nämä järjestelmät ja menetelmät tarkoittavat usein työläämpää ja tarkempaa suunnitelmatasoa sekä enemmän palavereja kuin rakennesuunnittelun perustehtävät pitävät sisällään.

#### 3.1 Lainsäädäntö

Maankäyttö ja rakennuslaki määrittelee rakennesuunnittelijan tehtäviä. Rakennesuunnittelijan tehtävät rakennuksen kosteustekniseen toimintaan liittyen on annettu Ympäristöministeriön asetuksessa rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta.

*”Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta (782/2017) 3 § Rakennuksen kosteusteknisen toimivuuden olennaiset tekniset vaatimukset Pääsuunnittelijan, rakennussuunnittelijan ja erityissuunnittelijan on tehtäviensä mukaisesti huolehdittava rakennuksen suunnittelusta siten, että rakennus käyttötarkoituksensa mukaisesti täyttää sen kosteustekniselle toimivuudelle asetetut olennaiset tekniset vaatimukset” (Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toiminnasta 782/2017, 3. §).*

Asetuksessa sekä sitä avaavassa ohjeessa Rakennusten kosteustekninen toimivuus Ympäristöministeriön ohje rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta (2020) on selostettu rakenneosittain kosteustekniset vaatimukset.

### 3.2 Tehtäväluettelot

Rakennesuunnittelun tehtäväluettelo RAK18 (RT 103087 2019) on rakennustiedon toimittama ja laajalti suunnittelusopimuksissa hyödynnetty rakennesuunnittelun tehtäväluettelo. Rakennesuunnittelun tilaava osapuoli valitsee dokumentista perustehtävät tai korjaushankkeeseen sisältyvät tehtävät (K). Näiden lisäksi tilaaja voi tarvittaessa valita myös erikseen tilattavat tehtävät (E). Lisäksi dokumentissa on kymmenen liitettä, joista tilaaja voi halutessaan valita tehtäväksi liitteen perustehtävät ja niiden lisäksi liitteen erikseen tilattavat tehtävät. Poikkeuksena on Rakennusfysikaalinen suunnittelu (RT-kortissa Liite 10), sillä tämän liitteen perustehtävät sisältyvät perustehtäviin.

Tehtävät on jaoteltu hankevaiheittain seuraavasti:

A Tarveselvitys

B Hankesuunnittelu

C Suunnittelun valmistelu

D Ehdotussuunnittelu

E Yleissuunnittelu

F Rakennuslupatehtävät

G Toteutussuunnittelu

H Rakentamisen valmistelu

I Rakentaminen

J Käyttöönotto

## K Takuu aika

Perustehtävissä betonilattiarakenteiden kosteustekniseen suunnitteluun liittyvät tehtävät alkavat vaiheesta D Ehdotussuunnittelu. Kosteudenhallintaan liittyvät tehtävät on esitetty taulukossa 5 hankevaiheittain.

Taulukko 5 Rakennesuunnittelijan kosteudenhallintaan liittyvät tehtävät rakennesuunnittelun tehtäväluettelon RAK18 ja Liitteen 10 Rakennusfysikaalinen suunnittelu mukaan. (RT 103087 2019.)

Ehdotussuunnittelu	Suoritetaan rakennusfysikaalisen suunnittelun perustehtävät <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ehdotetaan maanvastaisten rakenteiden vedeneristystavat</li> <li>• Ehdotetaan märkätilojen vedeneristysratkaisut</li> <li>• Arvioidaan maanvastaisten rakenteiden kosteusolosuhteet</li> </ul>
	Arvioidaan alustavasti ehdotusten rakennusfysikaalista toimivuutta ja kosteudenhallintaan liittyviä riskejä
Yleissuunnittelu	Varmistetaan rakennuttajan kosteudenhallintaselvityksen vaatimukset suunnittelulle
	Suunnitellaan rakennusosittain käytettävät rakennetyypit ja niiden äänen-, lämmön-, kosteuden-, veden- ja värinänestysratkaisut
Toteutussuunnittelu	Suoritetaan rakennusfysikaalisen suunnittelun perustehtävät <ul style="list-style-type: none"> <li>• Varmistetaan, että rakennuksen alkupuolella maanpinta ja kallistukset on suunniteltu määräysten mukaisesti (ARK/GEO/RAK)               <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ vedenpoisto</li> <li>▪ salaojat</li> </ul> </li> <li>• Varmistetaan perustusten vedeneristysratkaisujen riittävyys</li> <li>• Arvioidaan rakenteellisten kylmäsiltojen vaikutukset ja kylmäsiltilaskennan tarve</li> <li>• Arvioidaan tuulettuvan julkisivun tuuletuksen toimivuus ja tuulettuvuusimulointien tarve</li> <li>• Arvioidaan ns. sadetakkirakenteen tuuletuksen toimivuus ja laskennallisten analyysien tarve</li> <li>• Varmistetaan rakenteiden höyryn- ja ilmansulkusulkuratkaisujen toimivuus</li> <li>• Varmistetaan yläpohjarakenteen aluskaterakenteen toimivuus</li> <li>• Varmistetaan rakenteiden ilmanpitävyyssuunnittelun toimivuus</li> <li>• Varmistetaan vedeneristysratkaisun toimivuus</li> <li>• Osallistutaan kosteudenhallintaselvityksen laadintaan</li> </ul>
	Suunnitellaan perustus- ja alapohjarakenteiden rakenteet, liittymät ja niiden eristykset (lämmön-, veden-, kosteuden-, roudan-, radoneristykset)
Toteutussuunnittelu	Suunnitellaan runkorakenteisiin liittyvät lämmön-, veden- ja kosteudeneristykset sekä varmistetaan niiden rakennusfysikaalisesta kokonaisuudesta ja toimivuudesta
	Suunnitellaan julkisivu- ja ulkotasarakenteiden lämmön-, veden- ja kosteudeneristykset, tuuletuksiset, liittymät, lävistykset ja tiivistykset (ei tuoteosakaupoissa)
	Suunnitellaan julkisivu- ja ulkotasarakenteiden lämmön-, veden- ja kosteudeneristykset, liittymineen sekä lävistyksineen ja tiivistyksineen
	Suunnitellaan vesikattorakenteiden lämmön-, veden-, kosteudeneristykset, tuuletuksiset, höyrynsulut
	Suoritetaan rakennusfysikaalisen suunnittelun perustehtävät

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Varmistetaan rakennusfysikaaliset suunnittelutavoitteet</li> <li>• Varmistetaan märkätilojen riittävät kaltevuudet</li> <li>• Rakenteiden tuuletusvälien suunnittelu</li> </ul>
	Määritetään päällystettävyyden raja-arvot

Kaikkien näiden tehtävien lisäksi tilaaja on voinut valita myös erikseen tilattavia betonilattiarakenteiden kosteustekniseen suunnitteluun liittyviä tehtäviä.

Erikseen tilattavia tehtäviä ei ole esitelty tässä, ne löytyvät RAK18 tehtäväluettelosta sekä sen dokumentin liitteistä. (RT 103087 2019.)

### 3.3 Kuivaketju10

Kuivaketju10 on kosteudenhallintamenetelmä, jonka on kehittänyt Rakentamisen Laatu RALA ry. Kuivaketju10 määrittelee rakennesuunnittelulle kosteudenhallinnan suunnittelutehtäviä, joita ei ole rakennesuunnittelun tehtäväluettelossa. Kuivaketju10 riskilistaa muokataan hankekohtaisesti, mutta peruslistauksessa on määritelty vastuusuunnittelijat jokaiselle suunnittelutehtävälle. Hankekohtaisesti näistä voidaan poiketa. Betonilattiarakenteiden kosteustekniseen suunnitteluun liittyviä rakennesuunnittelun vastuutehtäviä on käsitelty pääosin riskissä kahdeksan. Riskilistassa on perussuunnittelutehtävät, joita muokataan ja täydennetään hankekohtaisesti. Näitä perussuunnittelutehtäviä pidetään vähimmäisvaatimuksena Kuivaketju10 -kohteessa ja niille on merkitty vastuusuunnittelijat. (Rala 2024.)

Kuivaketju10 -menetelmä perustuu kymmenen todennäköisimmän kosteusvaurion aiheuttaman riskiin perehtymiseen, mitkä on esitetty kuvassa 10. Näiden avulla voidaan välttää hyvin suuri osa kosteusongelmista.



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

## 9 Kuivaketju10 -riskilista (Rala 2024)

Kuivaketju10 sisältää Rala:n ylläpitämän selainpohjaisen sähköisen kuittaus- ja dokumentointityökalun. Kuivaketju10 alkaa jo tilaamisvaiheesta ja edellyttää rakennushankkeeseen ryhtyvän velvoittavan kaikilta hankeosapuolilta sitoutumista Kuivaketju10 -menetelmän mukaiseen toteutukseen. Suunnitteluvaiheessa hankeosapuolet yhdessä tarkentavat 10 riskin riskilistaa hankekohtaiseksi ja suunnittelijat sitoutuvat tekemään riskilistan mukaiset suunnitelmat. Suunnittelutehtäviin sisällytetään työmaan dokumentointivelvoitus

suunnitelman mukaisen toteutuksen varmistamiseksi. Kuivaketju10 -menetelmä ulottuu vielä käyttöönotosta aina rakennuksen käyttöön asti.

Kuivaketju 10 riskilistan mukaisesti betonilattiarakenteisiin liittyy erityisesti riski 8: Kosteiden betonirakenteiden päällystäminen aiheuttaa päällystemateriaalin turmeltumisen. Riskissä on valmiina esiteltynä suunnittelu- ja todentamistehtäviä betonin kosteuden aiheuttamien kosteusvaurioiden estämiseksi. Lisäksi kyseisiin suunnittelutehtäviin on määrätty vastuusuunnittelija. Riskiä tulee tarkentaa hankekohtaisesti rakennuskohteen erityispiirteet huomioon ottaen. (Rala 2024)

### 3.4 Tervetalo

Tervetalo ohjeistus koostuu neljästä RT-ohjekortista, joiden tavoitteena on ohjata terveellisen rakennuksen toteutukseen. Syyskuussa 2023 julkaistu uusi korttisarja sisältää uudisrakennushankkeen tilaajan ohjeen, korjaushankkeen tilaajan ohjeen, vaihekohtaiset tehtävät sekä suunnittelualakohtaisen tarkastuslistan rakennusosittain.

Suunnittelualainen tarkastuslista (RT 103614 2023) on yksityiskohtainen ohjekortti, jonka sisältö kosteudenhallinnan osalta noudattaa pitkälti Kuivaketju10 -riskilistaa, mutta eroavaisuuksiakin löytyy.

Ohjekortti on jaettu suunnittelualoittain kappaleisiin. Kuitenkin esimerkiksi kappaleessa arkkitehtisuunnittelu on rakennesuunnittelun kanssa yhdessä tehtäviä suunnittelussa huomioitavia asioita. Arkkitehdin suunnittelutehtävissä on erikseen kohta pintamateriaalit, jossa ARK- ja RAK-suunnittelijat veloitetaan huomioimaan pintamateriaalien valinnassa muun muassa alustan lujuus ja kosteus. Rakennetyypeille tulee valita soveltuva vesihöyrynvastuksen ( $S_d$ -arvon) pintamateriaali ja mahdollinen kiinnitysaine. Pintamateriaalit on jaettu erilaisiin pintamateriaalityyppeihin ja näille on annettu erilaisia suunnittelutehtäviä. Liimattavien päällysteiden osalta suunnittelussa tulee huomioida, etteivät materiaalit sisällä TXIB:tä tai haitallisia ftalaaatteja. Kelluvien rakenteiden osalta tulee huomioida muun muassa alusmateriaalien

vesihöyrynvastus sekä kosteussulkukerroksen tarve. Kuivaketju10 -riskilistä ei huomio edellä esitettyjä asioita näin yksityiskohtaisesti.

Tervetalo-ohjekortin kappale rakennesuunnittelu käsittelee rakennesuunnittelussa huomioitavia asioita. Betonilattiarakenteisiin otetaan kantaa useassa suunnittelutehtävässä muun muassa kappaleissa maanvastaiset alapohjat, ryömintätilaiset alapohjat, vedenpaineen alaiset rakenteet, välipohjat ja vedeneristettävät tilat. Kappalejako eroaa Kuivaketju10 -riskeistä, mutta on looginen suunnittelijan näkökulmasta ja mukailee suunnittelujärjestystä.

Tervetalo -vaatimukset ovat täsmälliset ja vaativat. Tervetalo -kohteisiin tulee kiinnittää rakennusfysiikkaan perehtynyt rakennesuunnittelija tai erillinen rakennusfysikaalinen suunnittelija, jotta vaaditut suunnittelutehtävät voidaan toteuttaa kohteessa. Tervetalo tulee huomioida rakennesuunnittelun työmäärässä, koska osa vaatimuksista ei kuulu perussuunnitteluun. Esimerkiksi detaljisuunnittelun määrä on perustasoa suurempi. (RT 103614 2023.)

### 3.5 Ympäristöluokitus

Rakentamisen ympäristövaikutusten mittaamiseen ja vertailuun on kehitetty erilaisia ympäristösertifiointijärjestelmiä. Toistaiseksi ympäristövaikutuksen huomioiminen on hankkeissa vapaaehtoista. Suomessa käytettyjä ympäristöluokituksia ovat muun muassa BREEAM, LEED, RTS-ympäristöluokitus sekä Joutsenmerkki. Osa ympäristöluokituksista ottaa huomioon hankkeen kosteudenhallinnan. Rakennuskannan kosteustekniseen toimivuuteen panostaminen edesauttaa rakennuskannan kestävyyttä, koska se vähentää korjaustarvetta ja pidentää rakennusten käyttöikää. Kosteudenhallintaan panostamisesta voi saada innovaatiopisteitä sellaisissakin ympäristöjärjestelmissä (BREEAM), joissa ei ole erikseen pisteytystä kosteudenhallintaan liittyen. Ympäristöluokituksista RTS-ympäristöluokitus sekä Joutsenmerkki ottavat tarkemmin huomioon kriteereissään myös rakennusten kosteudenhallinnan. (Green Building Council Finland 2024.)

### 3.5.1 RTS-ympäristöluokitus ja kosteudenhallinta

RTS-Ympäristöluokitus on Rakennustietosäätiön ympäristöluokitusjärjestelmä. Luokitusjärjestelmässä voidaan tavoitella 2–5 tähteä. RTS-ympäristöluokan kriteeristöt on tehty erikseen asuinkerrostaloille sekä toimitila ja palvelurakennuksille. Kosteudenhallinnan kannalta nämä kriteeristöt ovat yhtenevät. Kosteudenhallinnan osalta RTS-ympäristöluokitus pohjautuu Kuivaketju10 -menetelmään. RTS-tähtiluokituksessa ja pisteissä voidaan valita myös Kuivaketju10 -menetelmää tiukempia kriteereitä. Tähtiluokitus perustuu pisteisiin ja painoarvoihin, jotka ilmoitetaan prosentteina. Osa tehtävistä on pakollisia ja osa vapaaehtoisia. Kosteudenhallinnasta on mahdollista saada yhteensä suunnittelu- ja työmaavaiheessa 10 pistettä. Kuvassa 10 on esitetty eri tähtiluokitusten kosteudenhallinnan vähimmäisvaatimukset painoarvo prosentteina.

Kriteeri	Luokitustaso 2-tähteä	Luokitustaso 3-tähteä	Luokitustaso 4-tähteä
P1.2 Talotekninen toiminnanvarmistus		50%	100%
P1.3 Käytön opastus		100%	100%
P2.1 Kosteusteknisten riskien hallinta suunnittelussa		75%	75%
P2.2 Työmaan kosteudenhallinta	75%	75%	100%
Y1.1 Elinkaaren hiilijalanjälki; SÄÄSTÖ		15%	30%
Y2.1 Energiatehokkuus	20%	30%	40%
S1.1 Lämpöolosuhteet		25%	50%
S1.2 Sisäilman laatu	50%	50%	50%
S1.4 Materiaalien emissiot		50%	75%

10 RTS-ympäristöluokitus vähimmäisvaatimukset eri tähtiluokituksille (RTS-ympäristöluokitus 2022, 4).

Taulukko 6 RTS-kosteusteknisten riskien hallinta suunnittelussa kriteerit (RTS-ympäristöluokitus 2022).

<b>Kosteusteknisten riskien suunnitteluvaiheen hallinta, 75 % painoarvosta</b>
1: Hankkeelle on nimetty pätevä ja puolueeton kosteudenhallintakoordinaattori, jonka valvontavastuu kattaa ajallisesti yleis- ja toteutussuunnittelun.
2: Kohteelle on toteutettu kosteustekninen riskitarkastelu, jonka laatimiseen ovat osallistuneet suunnittelijat. Riskitarkastelun perusteella on tunnistettu hankkeen merkittävimmät kosteustekniset riskikohteet.
3: Hankkeen kosteudenhallintakoordinaattori on arvioinut hankkeen rakentamisaikataulun riittävyyden tarkastamalla hankkeen kriittiset rakenteet ja arvioimalla kuivumisaikojen riittävyyden annetussa yleisaikataulussa.
4: Kohteen kosteusteknisten riskien huomiointi suunnittelussa on dokumentoitu.
5: Peruskorjaus: Peruskorjauksen lähtötiedoiksi on tehty Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus tai vastaava selvitys lähtötilanteesta. Mikäli kohteessa on ennen peruskorjausta havaittu sisäilmaongelmia, on hankkeeseen liitetty mukaan pätevyyden omaava rakennusterveysasiantuntija.
<b>Kosteusteknisesti vaativien rakenteiden erillistarkastus, 25 % painoarvosta</b>
6: Kohteelle on toteutettu rakennusosakohtainen kosteusriskitason määrittely, jossa on määritetty rakennusosakohtaiset riskiluokat (R1-R3).
7: Vaativille (R2) ja erittäin vaativille (R3) kosteusteknisen riskin rakenteille on tehty erillinen puolueettoman rakennusfysiikan suunnittelijan tekemä suunnitelmien ja toteutusdetaljien rakennusfysikaalinen kolmannen osapuolen tarkastus TAI kohteessa on vain kosteusteknisesti tavanomaisia rakenteita.
8: Rakennusfysikaalisessa tarkastuksessa havaitut riskit on käsitelty projektiryhmässä, riskien hallintatapa päätetty ja huomiot korjattu suunnitelmiin.

Taulukkoon 6 on kerätty RTS-ympäristöluokituksen kosteudenhallintaan liittyvät kriteerit suunnitteluvaiheessa. Suunnitteluvaiheen kosteudenhallintaan (P2.1) 75 %:n painoarvotavoitteeseen kuuluu viisi osatehtävää, joista yksi liittyy vain peruskorjauskohteeseen. Nämä tehtävät hallitaan, kun kohteessa noudatetaan Kuivaketju10 -menetelmää. Kosteudenhallinnan suunnitteluvaiheessa voidaan lisäksi tavoitella 25 %:n painoarvoa, mihin liittyy kosteusteknisesti vaativien rakenteiden erillistarkastus ja näistä on muodostettu kolme osatehtävää.

Työmaavaiheen kosteudenhallinta (P2.2) on niin ikään jaettu 75 % ja 25 % painoarvoon. Työmaavaiheen tehtävissä ei ole suoraan rakennesuunnittelijalle osoitettuja tehtäviä. Tehtävä *Liimattujen tiiviiden lattiapintojen pohjatasoitus on toteutettu pinnoituksella, jonka PH on alle 10.5 ja paksuus vähintään 5 mm*, vaatimus saatetaan sisällyttää rakennesuunnittelijan tuottamiin urakka-asiakirjoihin kuten rakennetyyppeihin. (RTS-ympäristöluokitus 2022.)

### 3.5.2 Joutsenmerkki ja kosteudenhallinta

Joutsenmerkkiä eli Pohjoismaista ympäristömerkintää voidaan hakea uudis- tai korjauskohteelle. Joutsenmerkityn rakennuksen tulee täyttää ympäristö-, ilmasto- ja sisäilmavaatimuksia. Kriteerit on esitetty asuin-, opetus- ja toimistorakennuksille. Joutsenmerkissä on vaatimus myös kosteudenhallinnasta, kriteeri (O39) Kosteuden ehkäiseminen. Kriteeristössä vaaditaan kosteudenhallintasuunnitelma, kosteusmittausuunnitelma sekä hankkeelle kosteudenhallintakoordinaattori. Kyseiset kriteerit ja niiden sisältö ovat Kuivaketju10 -kriteeristöä merkittävästi suppeammat. (Ympäristömerkintä Suomi Oy 2024. 5, 81).

### 3.6 Haastattelututkimus

Betonilattiarakenteiden kosteusteknisen suunnittelun nykytilannetta selvitettiin kosteudenhallintakoordinaattoreille tehdyillä haastatteluilla sekä rakennesuunnittelijoille suunnatussa kyselyssä.

Haastatteluun valittiin kuusi A-Insinööreillä työskentelevää kosteudenhallintakoordinaattoria, jotka ovat ohjanneet hankkeissa rakennesuunnittelijoita useista eri yrityksistä. Haastateltavat toimivat neljässä eri toimipisteessä ympäri Suomen. Haastattelut tehtiin Teamsin välityksellä. Haastateltavat saivat haastattelukysymykset nähtäväksi etukäteen ja haastattelut pidettiin vapaamuotoisina. Kyseessä oli puolistrukturoitu asiantuntijahaastattelu. Haastattelujen tarkempi yhteenveto on esitetty liitteessä

2. Haastatteluissa selvisi, että nykytilanteessa rakennesuunnittelijat eivät tee kaikkia Kuivaketju10 -menetelmän mukaisia rakennesuunnittelijalle määritettyjä vastuutehtäviä. Suunnittelutehtävistä tulee vastustusta etenkin, jos käytetty kosteudenhallintamenetelmä ei ole suunnittelijalle tuttu tai kosteudenhallintamenetelmä otetaan käyttöön kesken hankkeen. Hanketyyppien välillä on haastateltavien mukaan myös eroavaisuuksia kosteudenhallinnan suunnitelmatasossa. Sairaaloiden ja koulujen suunnitelmataso on haastateltavien kokemuksen mukaan tarkempaa kuin teollisuusrakentamisen ja asuntotuotannon kohdalla. Kuivaketju10 -riskilistan mukaisessa suunnittelussa koettiin puutteita rakennesuunnittelijoiden osalta etenkin kuivumisaikalaskelmissa, kerroksellisten rakenteiden välikerrosten kuivatuksessa, VSS katon kuivatuksessa sekä päällystettävyyden raja-arvojen määrittämisessä. Muut osapuolet ovat usein tehneet kyseessä olevat tehtävät, vaikka nämä ovat Kuivaketju10 -kohteissa kuuluneet rakennesuunnittelijalle. Sen sijaan matala-alkalisen tasoitteen tarpeen arviointi on rakennesuunnittelijoilla jo rutiininomainen suunnittelutehtävä. Lisäksi vastaajat arvioivat suunnittelutehtävän kuivumisolosuhtevaativuudesta kuuluvan mieluummin jollekin muulle taholle kuin rakennesuunnittelulle ja olosuhdeseurannan vaatimuksen onkin yleensä esittänyt esimerkiksi tilaaja tai kosteudenhallintakoordinaattori. Haastateltavat ovat toimineet kosteudenhallintakoordinaattoreina yhteensä yli 45 kohteessa suunnitteluvaiheesta lähtien ja ovat ohjanneet useiden eri suunnittelutoimistojen rakennesuunnittelijoita ympäri Suomen. Haastattelu antaa kuvaavan otoksen alan tilanteesta.

### 3.7 Kyselytutkimus

Rakennesuunnittelijoille suunnattu kysely lähetettiin A-Insinöörit Suunnittelu Oy:n rakennesuunnittelijoille. Kyselyyn vastasi 71 rakennesuunnittelijaa, jotka työskentelevät kattavasti koko Suomen alueella. Vastauksia saatiin 12 eri yksiköstä niin korjaus- kuin uudisrakennuspuolelta. Vastaajat edustavat hyvin tasaisesti suunnittelijauran eri vaiheita, uransa alussa olevista yli 10 vuoden

kokemuksen omaaviin. Kyselyä voidaan pitää kuvaavana otoksena yrityksen suunnittelijoiden näkemyksistä. Kyselyn kysymykset, sekä yhteenveto vastauksista on liitteessä 3.

Kyselyn alussa esitettyjen vastaajan taustaan liittyvien kysymysten jälkeen kyselyssä perehdyttiin kosteudenhallintamenetelmien käyttöön hankkeissa. Huomiota vastauksissa herätti, että lähes puolet (45 %) vastaajista oli sitä mieltä, että kosteudenhallintamenetelmät eivät ole näkyneet heidän työssään. Saman verran vastaajista oli ollut mukana Kuivaketju10 -kohteissa ja loput 10 % olivat olleet kohteissa, joissa on ollut käytössä pääosin jokin muu kosteudenhallintamenetelmä. Kosteudenhallintamenetelmien on koettu lisäävän rakennesuunnittelijan työmäärää vähän.

Kyselyssä oli myös mahdollista antaa avoimia vastauksia. Vastauksista ilmeni näkemys, että Kuivaketju10:ssä rakennesuunnittelijalle velvoitettuja betonirakenteisiin liittyviä suunnittelutehtäviä ei koettu rakennesuunnittelijalle ominaiseksi tekemiseksi ja osa miellettiin urakoitsijan tehtäväksi.

Kyselytutkimuksessa selvisi, että betonilattiarakenteisiin liittyvät rakennesuunnittelijan Kuivaketju10 -tehtävät ovat suurelta osin tuttua tekemistä rakennesuunnittelijalle. Vastaukset olivat saman suuntaisia kaikissa betonilattiarakenteisiin liittyvissä Kuivaketju 10 -suunnittelutehtävissä. Osa tehtävistä ei ole ominaista tai niihin ei ole osaamista kaikilla rakennesuunnittelijoilla. Näihin tehtäviin tarvitaan lisää koulutusta tai hankkeelle tulee nimetä erillinen rakennusfysikaalinen suunnittelija.



## 4 Betonilattiarakenteiden kosteustekninen suunnittelu

Kosteustekninen suunnittelu on osa rakenne- ja rakennusfysikaalista suunnittelua. Tässä luvussa käsitellään ensin Kuivaketju10 -menetelmän mukaisia betonilattiarakenteiden suunnittelutehtäviä sekä ohjeistuksia niiden tekemiseen. Tämän jälkeen käsitellään betonilattiarakenteita jaoteltuna alapohjiin ja välipohjiin. Lisäksi käsitellään kerrokselliset rakenteet, paksut tasoitekerrokset ja pintarakenteiden huomiointi osana kosteusteknistä suunnittelua. Betonilattiarakenteiden variaatioita on lukemattomia, joten tässä tutkimuksessa keskitytään yleisesti käytössä oleviin rakenteisiin. Rakenteiden jaottelu perustuu betonirakenteiden kuivumistapoihin, kuten yhteen tai kahteen suuntaan kuivuva betonilattiarakenne sekä kerroksellinen rakenne.

Kaikissa rakenteissa tulee ottaa huomioon rakenteen ympäristön olosuhdevaatimus osana kosteusteknistä suunnittelua. Betonilattiarakenteen alustan kuivuudelle ja lämpötilalle sekä varsinaisille kuivumisolosuhteille on esitettävä vaatimukset.

### 4.1 Rakennesuunnittelijan tehtävät Kuivaketju10 -mukaan

Kuivaketju10 -menetelmässä on rakennesuunnittelijalle veloitettuja betonilattiarakenteisiin liittyviä suunnittelutehtäviä. Kuviin 11–18 on kerätty betonilattiarakenteisiin liittyvät suunnittelutehtävät, joissa rakennesuunnittelija toimii Kuivaketju10 -kohteessa vastuusuunnittelijana (ellei muuta hankekohtaisesti sovita). Suunnittelutehtävien yhteyteen on analysoitu rakennesuunnittelijan edellytyksiä tehtävän suorittamiseen nykytilanneselvityksen perusteella. Analyysi perustuu tätä tutkimusta varten tehtyyn kyselyyn ja haastatteluihin sekä työssäni rakennesuunnittelijana ja kosteudenhallintakoordinaattorina tulleisiin kokemuksiin. Lisäksi suunnittelutehtävien yhteyteen on kerätty ohjeita, mistä kyseisiin tehtäviin löytyy lähtötietoja, missä suunnitelmassa tehtävä voidaan esittää ja, millä työkaluilla suorittaa. Joissain kohteissa voi olla järkevää siirtää osa tehtävistä esimerkiksi

kohteen kosteudenhallintakoordinaattorille, jolloin tarvitsee sopia tilaajan kanssa, että tilaukset ja resurssit tukevat tätä.

Kuivaketju10 -menetelmän riskilistan riski numero kahdeksan on: *Kosteiden betonirakenteiden päällystäminen aiheuttaa päällystemateriaalin turmeltumisen.* Riskin ensimmäinen osio käsittelee betonirakenteiden kuivumisen olosuhteita.

**8.1.2**

**Suunnittelutehtävä** Ei kuitattu

RAK  KHK

Laaditaan kuivumisaikalaskelma betonirakenteille. Kuivumisaikalaskelmissa on:

- esitettävä kuivumisajat tavoitetilanteessa sekä kuivumisaikalaskelmassa määritetyt optimaaliset kuivumisolosuhteet.
- otettava huomioon erilaiset rakennetyypit ja niiden ominaisuudet sekä erikoisdetaljit. Tällaisia ovat esimerkiksi paksut betonirakenteet ja paikallavalukaistat.
- otettava huomioon valitun betonimassan laatu ja kuivumisominaisuudet sekä betonin mahdollisuus kuivua yhteen tai kahteen suuntaan.
- otettava huomioon erikseen tasoitekerrosten vaatima kuivumisaika.

▼

Ei todentamistehtävää
Lisää todentamistehtävä

11 Suunnittelutehtävä 8.1.2 (Rala 2024).

Kuvassa 11 esitellään rakennesuunnittelijalle osoitettu suunnittelutehtävä kuivumisaikalaskemista. Kuivumisaikalaskelmien tekeminen ei ole perinteisesti kuulunut rakennesuunnittelun tehtäviin, eikä jokaiselta rakennesuunnittelijalta löydy osaamista niiden toteuttamiseen. Haastetta tuovat riskissä mainitut erikoisdetaljit, joiden arviointi on hankalaa. BY2020 Betonin kuivumisaika-arvio ohjelman tai taulukkomuotoisten kuivumisaika-arvioiden avulla rakennesuunnittelija pystyy arvioimaan tavanomaisten rakenteiden kuivumisaikoja. Vaativissa kohteissa on suositeltavaa harkita erillisen rakennusfysikaalisen suunnittelijan tarvetta. Tämä suunnittelutehtävä voidaan

erikseen sovittaessa velvoittaa myös kosteudenhallintakoordinaattorin tai urakoitsijan tehtäväksi hankkeessa.

**8.1.3**

**Suunnittelutehtävä** Ei kuitattu

RAK  KHK

Esitetään vaatimus olosuhteiden seurannasta. ▼

---

**Todentamistehtävä** Ei dokumentointilupaa Ei kuitattu

UR  KHK

Seurataan päivittäin kuivatettavien tilojen lämpötilaa ja suhteellista kosteutta.

**Todentamisdokumentti:** Seurantapöytäkirja (esim. mittariin kiinnitetty vihko) ▼

12 Suunnittelutehtävä 8.1.3 (Rala 2024).

Kuvassa 12 esitellään rakennesuunnittelijalle osoitettu suunnittelutehtävä olosuhdeseurannan vaatimuksesta. Vaatimus olosuhteiden seurannasta ei ole kuulunut rakennesuunnittelijan tehtäviin, mutta osaamista tähän löytyy. Olosuhdeseurannan vaatimus voidaan ilmoittaa kohteen kosteudenhallintaselvityksen laatijalle tai se voidaan esittää betonirakenteiden työselityksessä tai rakenteiden suunnittelun – ja toteutuksen perusteet dokumentissa.

**8.1.6**

**Suunnittelutehtävä** Ei kuitattu

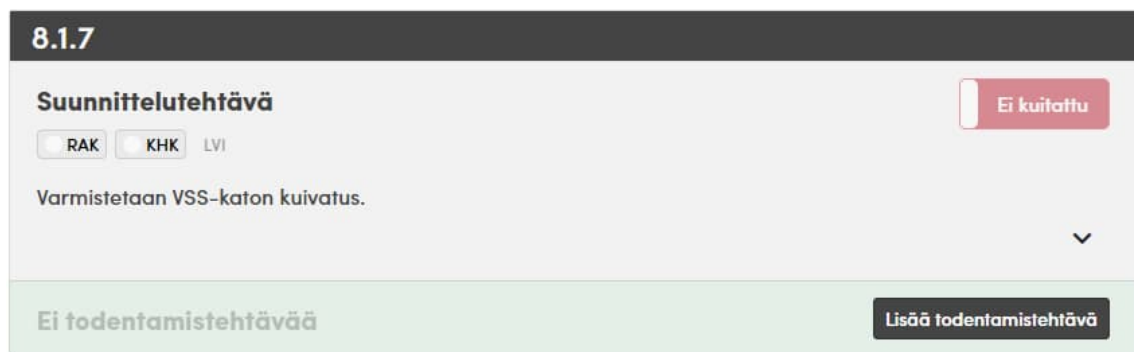
RAK  KHK

Huomioidaan kerroksellisten rakenteiden osalta välikerrosten kuivatus. Esimerkiksi käytettäessä askeläänieristettä tai täyttömateriaalia kahden betonilaatan välissä, tulee varmistaa, että myös välikerros kuivuu ja materiaali ei turmellu kuivumisjakson aikana. Välikerrosten tulee olla puhtaita. ▼

Ei todentamistehtävää
Lisää todentamistehtävä

13 Suunnittelutehtävä 8.1.6 (Rala 2024).

Kuvassa 13 esitellään rakennesuunnittelijalle osoitettu suunnittelutehtävä kerroksellisten rakenteiden kuivumisesta. Rakennesuunnittelija ei ole yleensä suunnitelmissaan huomionnut kelluvien rakenteiden eri kerrosten kuivatusta, eikä sen huomioimiseen välttämättä löydy osaamista. Rakennesuunnittelija löytää lähtötiedot tähän ohjekortista RT 103333. Suunnittelutehtävä voidaan esittää kosteudenhallintaselvityksessä tai esimerkiksi rakennetyyppien yhteydessä. Tämä suunnittelutehtävä voidaan erikseen sovittaessa velvoittaa myös kosteudenhallintakoordinaattorin tehtäväksi hankkeessa.



14 Suunnittelutehtävä 8.1.7 (Rala 2024).

Kuvassa 14 esitellään rakennesuunnittelijalle osoitettu suunnittelutehtävä väestönsuojan katon kuivatuksesta. Rakennesuunnittelija huomioi VSS-katon kuivatuksen yleensä suunnitteleamalla kuivumisen sallivan kerroksen kantavan laatan yläpuolelle, eikä riski tuo sinänsä mitään uutta rakennesuunnittelijan tehtäviin. Tämä riski tulee huomioida yhdessä LVI-suunnittelijan kanssa, etenkin jos on tarvetta koneelliselle kosteuden poistolle. Tällöin on tärkeää sopia, missä suunnitelmassa esitetään kuivatusputkisto, ja mihin se johdetaan.

Toinen osio riskistä kahdeksan käsittelee betonirakenteiden kosteuspitäisyyden varmistamista.

**8.2.2**

**Suunnittelutehtävä** Ei kuitattu

RAK  KHK  ARK  MIT

Arvioidaan pintamateriaalin vesihöyrynläpäisevyyden vaikutus tavoiteltavaan betonilaatan kosteuspitoisuuteen. Päälyste ei saa aiheuttaa kosteuden kertymistä pintamateriaalin ja betonilaatan väliin siten, että kosteuspitoisuus nousee yli kriittisen rajan.

▼

Ei todentamistehtävää Lisää todentamistehtäviä

### 15 Suunnittelutehtävä 8.2.2 (Rala 2024).

Kuvassa 15 esitellään rakennesuunnittelijalle osoitettu suunnittelutehtävä pintamateriaalien vesihöyrynläpäisevyydestä. Rakennesuunnittelija ei ole yleensä suunnitelmissaan huomionnut päälysteen tiiveyttä, koska rakennesuunnittelija ei määrittele tai esitä pintamateriaaleja, vaan ne löytyvät arkkitehdin suunnitelmista. Rakennesuunnittelijalta ei välttämättä löydy osaamista riskin arvioinnin tekemiseen. Rakennesuunnittelija löytää lähtötiedot tähän ohjekortista RT 103333 tai asiaa voidaan arvioida yhdessä kohteen kosteudenhallintakoordinaattorin kanssa.

**8.2.4**

**Suunnittelutehtävä** Ei kuitattu

RAK  KHK  ARK  MIT

Alustaan liimattavien päälysteiden osalta arvioidaan tarve matala-alkaliselle tasoitekerrokselle betonilaatan ja päälysteen välissä. Yleensä suojaava vaikutus betonin emäksisyyttä vastaan saavutetaan noin 5 mm tasoitekerroksella. Sekä tasoitteen että betonin tulee olla riittävän kuivia ennen päälystämistä.

▼

Ei todentamistehtävää Lisää todentamistehtäviä

### 16 Suunnittelutehtävä 8.2.4 (Rala 2024).

Kuvassa 16 esitellään rakennesuunnittelijalle osoitettu suunnittelutehtävä alkalisen kosteuden haittavaikutusten estämisestä. Tämä riski on rakennesuunnittelijalle yleensä jo tuttu ja asia esitetään rakennetyypissä, oli

kohteessa käytössä Kuivaketju10 -menetelmä tai ei. RTS-ympäristöluokituksessa on sama edellytys.

**8.2.5**

**Suunnittelutehtävä**

RAK
  KHK
  ARK
  MIT

Määritetään päällystettävien betonirakenteiden kosteuspitoisuuden raja-arvot huomioiden tulevien pintamateriaalien erilaiset vaatimukset.

Ei kuitattu

---

**Todentamistehtävä**

UR
  KHK

Lattioiden päällystyskelpoisuus on osoitettava luotettavin, asiantuntijan tekemin kosteusmittauksin. Pintakosteusosoitin ei ole riittävä menetelmä kosteuspitoisuuden määrittämiseen. Kaikissa kohteissa jokainen kylpyhuone mitataan ja kuivien tilojen mittaukset tulee varmentaa satunnaisesti muutamista kohdista otetulla toisella mittauksella. Päällystyspäättökseen tekevät yhteistyössä ja yksimielisesti rakennusteknisten töiden valvoja, kosteudenhallintakoordinaattori ja vastaava työnjohtaja.

**Todentamisdokumentti:** Mittauspöytäkirja

Ei dokumentointilupaa

Ei kuitattu

17 Suunnittelutehtävä 8.2.5 (Rala 2024).

Kuvassa 17 esitellään rakennesuunnittelijalle osoitettu suunnittelutehtävä päällystettävyyden raja-arvojen määrittämisestä. Rakennesuunnittelija ei yleensä määrittele tai esitä pintamateriaaleja, vaan ne löytyvät arkkitehdin suunnitelmista. Rakennesuunnittelija pystyy kuitenkin määrittämään kosteuspitoisuuden raja-arvot yleisille pintamateriaaleille (taulukko 3). Raja-arvot voidaan esittää esimerkiksi rakennetyyppien yhteydessä tai antaa tiedoksi kohteen kosteudenhallintaselvityksen laatijalle.

Lopuksi riskissä yhdeksän *Materiaalien ja rakenteiden kastuminen vaurioittaa rakennuksen* toisessa osiossa *Rakenteiden suojaaminen täytyy ratkaista jo suunnitteluvaiheessa*, on vielä yksi rakennesuunnittelijan vastuutehtävä betonilattiarakenteiden irrotuskaistaan liittyen, joka on esitetty kuvassa 18.

**9.2.8**

**Suunnittelutehtävä**

RAK  KHK

Suunnittellaan puurakenteiden ja betonin väliin irroitukaista estämään kosteuden siirtyminen betonista puuhun. Huomioidaan jo suunnitteluvaiheessa, että kastumiselle alttiita suojaamattomia puurakenteita ei ole asennettuna elementteihin.

▼

Ei todentamistehtävää

18 Suunnittelutehtävä 9.2.8 (Rala 2024).

Tämä riski on rakennesuunnittelijalle yleensä jo tuttu ja asia esitetään rakennetyypissä, rakennedetaljeissa tai betonirakenteiden työselostuksissa, oli kohteessa käytössä Kuivaketju10 -menetelmä tai ei.

#### 4.2 Alapohjat

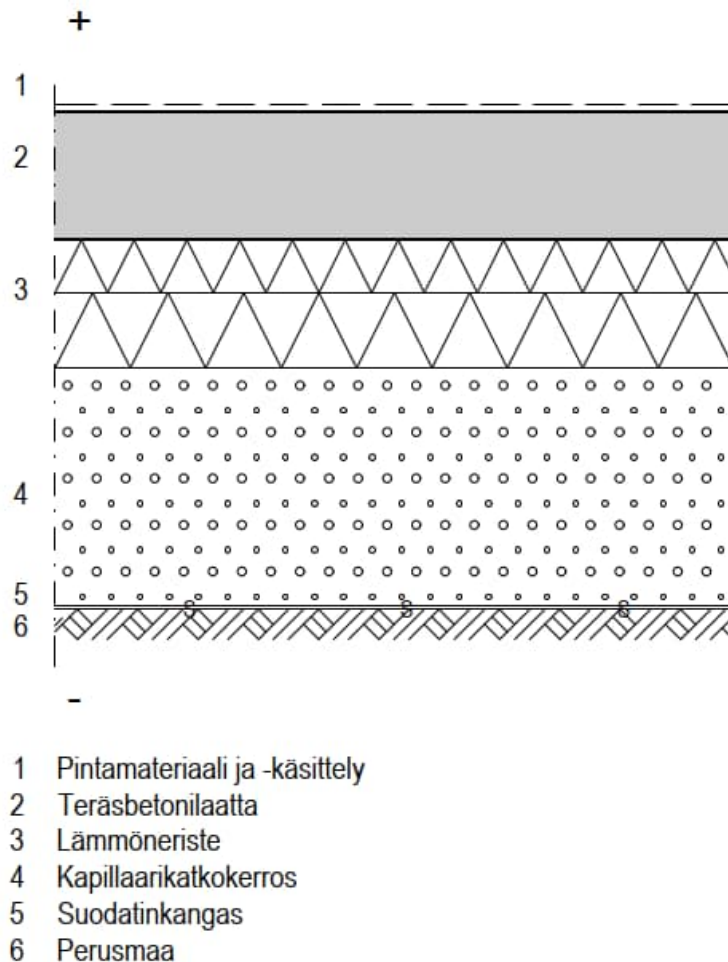
Alapohjarakenteet on jaettu maanvastaisiin sekä tuulettuviin alapohjiin. Luvussa ei käsitellä ulokeosan päällä olevia alapohjia. Tällaisissa rakenteissa voidaan soveltaa tuulettuvan alapohjan ohjeita. Alapohjarakenteisiin liittyviin rakenteisiin, kuten perusmuuriin tai kellarin seiniin ei tässä oteta kantaa, vaikka ne on huomioitava kokonaisuuden suunnittelussa. Muihin liittyviin rakenneratkaisuihin kuten vedeneristeisiin ja kapillaarikerrokseen ei tässä oteta kantaa muuten, kuin kuivumissuuntia määriteltäessä. Vedenpaineen alaiset alapohjat on rajattu pois tutkimuksesta.

Esitetyissä kuivumisaika-arvioissa betonilaatu, kuivumisolosuhteet sekä kriittinen RH:n arvo on pidetty vakiona vertailun helpottamiseksi.

##### 4.2.1 Maanvastainen eristetty alapohja

Maanvastaisella alapohjalla tarkoitetaan paikallavalettua maanvaraista tai kantavaa alapohjarakennetta, mikä ei tuuletu alapuolelta (kuva 19). Alapohjan

alapuolella on kapillaarikatkokerros ja lämmöneriste. Alapohjan alapuolisessa maassa suhteellinen kosteus voi olla lähellä 100 % RH, vaikka se olisi rakennusteknisesti oikein toteutettu (By 45/BLY 7 Betonilattiat 2018, 49).



### 19 Maanvastaisen alapohjan tyypilliset rakennekerrokset

Maanvastaisen alapohjan kosteustekniset erityishaasteet ovat vesihöyryn siirtyminen maapohjasta alapohjaan, kapillaarisesti nousevan tai vaakasuunnassa siirtyvän veden imeytyminen sekä sisäilman kosteuden siirtyminen alapohjaan. Alapohjan ja sisätilan välille muodostuu yleensä lämpötila- ja kosteusero, mikä pyrkii tasoittumaan rakenteen läpi. Yleensä alapohjan alapuolisissa rakenteissa oleva lämpötila ja kosteuspitoisuus aiheuttavat diffuusiovirran kohti pienempää vesihöyrynpitoisuutta eli sisäilmaa. Tällöin on vaarana, että tiiviin pintarakenteen tai pinnoitteen alle tiivistyy



kosteutta tai kriittinen raja-arvo ylitetään. (Leivo & Rantala 2002, 2) Tämän takia on hyvä edellyttää mahdollisimman diffuusioavoimia pintarakenteita maanvastaisiin rakenteisiin aina, kun se tilojen käyttötarkoituksen mukaan on mahdollista.

Lämmöneristeenä käytetään yleensä EPS- tai XPS-eristeitä. Eristeiden välinen ero vesihöyrynvastuksessa vaikuttaa eristeiden ominaisuuksiin kuten veden imuun, mutta tuoreen alapohjabetonin kuivumiseen eroavaisuudet ovat vähäiset. By2020 Betonin kuivumisaika-arvio-ohjelmalla lasketut eristettä lukuun ottamatta identtiset maanvastaiset 100 mm alapohjalaatat kuivumisaikojen erot EPS- ja XPS-eristeiden välillä ovat +/-1 päivää, kun kokonaiskuivumisaika on 291–292 päivää. (Liite 4.)

Maanvastainen alapohja kuivuu pääosin vain ylöspäin. Avosoluinen eriste sallii kuivumisen alaspäin, mutta maapohjan kosteus on kuitenkin yleensä niin korkea, että kuivuminen ei ole käytännössä mahdollista. Tämä selittää EPS- ja XPS-eristeiden vähäisen eron maanvastaisen alapohjan kuivumisessa.

Betonirakenteen rakennepaksuus on merkittävä tekijä rakenteen kuivumisen optimoinnissa. Mikäli esimerkiksi raudoituksen lisäämisellä tai korkeamman lujuusluokan betonilla päästään ohuempaan rakenteeseen, voi se kokonaiskustannustarkastelussa olla kannattavampaa, kun otetaan huomioon aikataulun nopeutumisen tuomat edut. By2020 Betonin kuivumisaika-arvio-ohjelmalla lasketut rakenteen paksuutta lukuun ottamatta identtisten maanvastaisten 100 mm ja 120 mm alapohjalaattojen kuivumisaikojen erot rakennepaksuuksien välillä ovat +/- 62 päivää eli kaksi kuukautta, kun kokonaiskuivumisaika on 225–287 päivää. (Liite 4.)

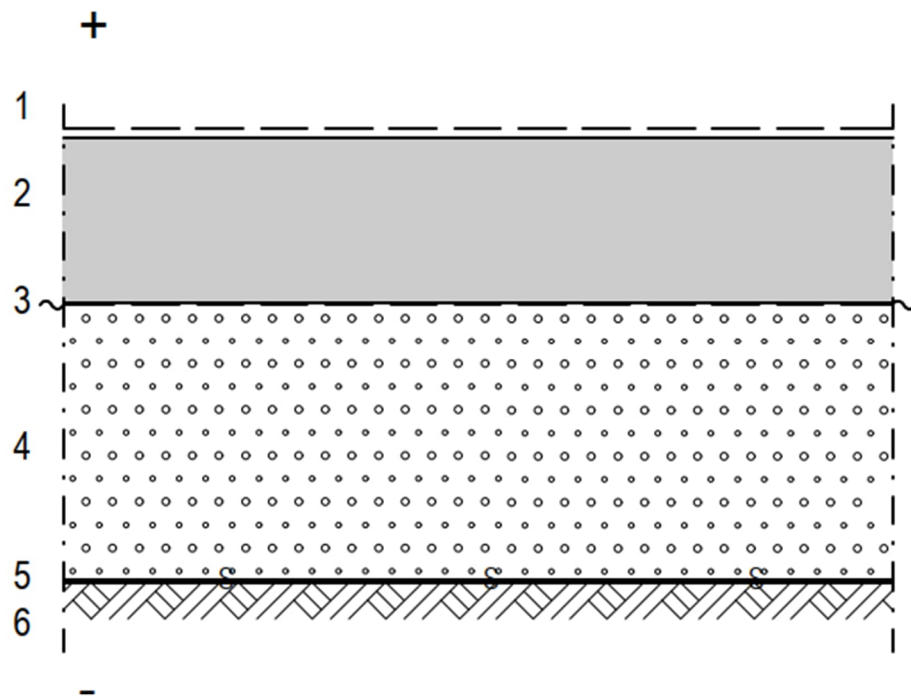
Betonin lujuusluokan ja vesisementtisuhteen vaikutus kuivumisaikaan on rakennepaksuuden ohella merkittävin yksittäinen tekijä. Verrataan kahta 100 mm maanvastaista alapohjaa, joiden erona on vesisementtisuhte. Verrattavat vesisementtisuhteet ovat 0,70 (v/s) ja 0,75 (v/s). By2020 Betonin kuivumisaika-arvio-ohjelmalla lasketut erot rakenteiden kuivumisarvioiden välillä ovat +/- 39 päivää eli yli kuukauden, kun kokonaiskuivumisaika on 253–292 päivää. (Liite

4.) Sitä suurempia kuivumisaikaeroja saadaan, mitä suurempaa vesisementtisuhteiden eroa tutkitaan. Vesisementtisuhteen pienentyessä käytettävän betonin lujuusluokka yleensä kasvaa tai käyttöön pitää ottaa erikoisementtejä. Lujuusluokan kasvaessa myös kutistumat kasvavat, joka on haitallista halkeilun kannalta.

Maanvastaisen alapohjarakenteen käyttötilanteen kosteustasapainoon vaikuttavat lisäksi betonilaatan ja pinnoitteen vesihöyrynläpäisevyys, sisäilman suhteellinen kosteus sekä eristemateriaali. (Leivo & Rantala 2002, 30–43).

#### 4.2.2 Maanvastainen eristämätön alapohja

Maanvastaisen alapohjan erikoistapaus on eristämätön alapohja (kuva 20). Alapohjarakenne lämmitetyssä tilassa ei saa olla eristämätön normaalissa tapauksessa. Pinta-alaltaan suurissa teollisuushalleissa kyseinen rakenne voi olla perusteltu rakennuksen keskiosissa. Tällaisen rakenteen käyttö tulee kuitenkin aina hyväksyttävä erikseen rakennusvalvonnassa. Käytännössä lämmöneristämätön alapohjarakenne toimii ainoastaan, kun käytetään läpäiseviä pintarakenteita. (Leivo & Rantala 2002, 99–100).



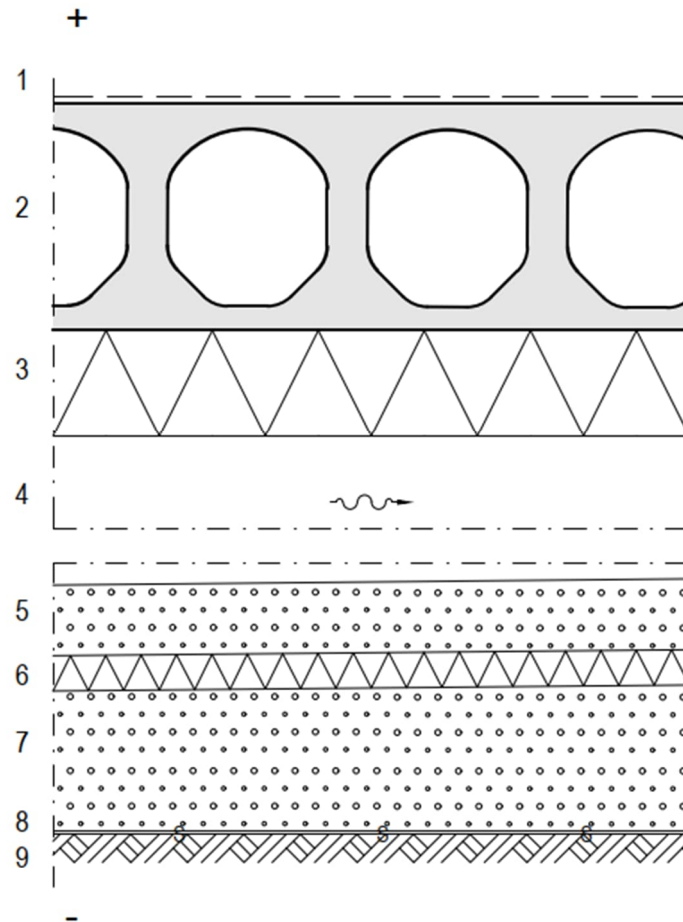
- 1 Pintamateriaali ja -käsittely
- 2 Teräsbetonilaatta
- 3 Valusuojakangas
- 4 Kapillaarikatkokerros
- 5 Suodatinkangas
- 6 Perusmaa

## 20 Maanvastaisen eristämättömän alapohjan tyypilliset rakennekerrokset

### 4.2.3 Tuulettuva alapohja

Tuulettuva alapohjarakenne tunnetaan myös nimellä ryömintätilainen alapohja (kuva 21). Tuulettuvan tilan korkeus tulee olla vähintään 800 mm ja tuuletusaukkojen määrä tulee olla niin suuri, että ilmanvaihtokerroin on suositteluvälillä 0,5–1,0 1/h. Tuuletusaukkojen määrä on yleensä 4...8 ‰ tuuletustilan pinta-alasta. Rakenteessa tulee välttää liian suurta tuuletusta, koska tuuletuksen mukana tuleva kosteus on rakenteen suurin kosteuslähde. Maapohjasta nousevan kosteuden määrää voidaan vähentää maapohjaan asennettavan lämmöneristekerroksen avulla. Tuulettuvan alapohjarakenteen

lämmöneristekerros on suositeltavaa sijoittaa valtaosin tai kokonaan betonirakenteen alapuolelle, jolloin ulkoseinän liittymät tulee aina tarkastella kylmäsiltojen välttämiseksi. Tuuletustilan kosteuden siirtymistä voidaan lisäksi rajoittaa alipaineistamalla tuuletustila. Ylimääräisen veden ja kosteuden pääsyä ryömintätilaan voidaan välttää suunnittelemalla ryömintätila ympäröivää maanpintaa ylemmäs. (RIL 250-2020, 112–140)



- 1 Pintamateriaali ja -käsittely
- 2 Ontelolaatta
- 3 Lämmöneriste
- 4 Tuulettuva tila
- 5 Sora tai murske
- 6 Lämmöneriste
- 7 Kapillaarikatkerros
- 8 Suodatinkangas
- 9 Perusmaa

## 21 Tuulettuvan alapohjan tyypilliset rakennekerrokset

Tuulettuvan alapohjarakenteen kantavana rakenteena toimii esimerkiksi ontelolaatta, kuorilaatta ja teräsbetonivalu, liittolevy ja teräsbetonivalu tai karkaistu kevytbetonilaatta. Maapohjan päälle voidaan suunnitella eristekerros, joko suojattuna kuten kuvassa 21 tai tuuletustilaan rajoittuvana. Käytettävä lämmöneriste voi olla esimerkiksi EPS-eriste tai kevytsora. Varsinaisena lämmöneristeenä rakenteeseen kiinnitettynä (kuvassa 21 rakennekerros 3) on yleensä EPS-eriste, eristeen valinnassa tulee ottaa huomioon kosteus- ja lämpöteknisten ominaisuuksien lisäksi muun muassa palovaatimukset.

### 4.3 Välipohjat

Välipohjarakenteen kantavana rakenteena toimii esimerkiksi ontelolaatta, kuorilaatta ja teräsbetonivalu, liittolevy ja teräsbetonivalu, paikalla valettu teräsbetonilaatta, TT-laatta ja pintarakenteet tai karkaistu kevytbetonilaatta.

Välipohjan rakenneratkaisu vaikuttaa merkittävästi rakenteen kuivumisaikaan. Rakenneratkaisun valintaan vaikuttaa puolestaan moni asia, kuten käyttötarkoitus, akustiikka sekä jänneväli ja runkoratkaisu. Esimerkiksi asuinkerrostaloissa joudutaan joskus akustisista syistä tekemään paksumpi rakenne kuin rakenteellisen kantavuuden kannalta olisi tarpeen.

Paikallavaletun välipohjan rakennekosteus kuivuu normaalitapauksessa molempiin suuntiin. Elementti- ja liittorakenteiset välipohjien paikalla valettujen rakenteiden rakennekosteus kuivuu pääosin tai kokonaan vain yhteen suuntaan. Välipohjarakenteiden kuivumisaikavertailuja on esitetty taulukossa 1 ja liitteessä 1.

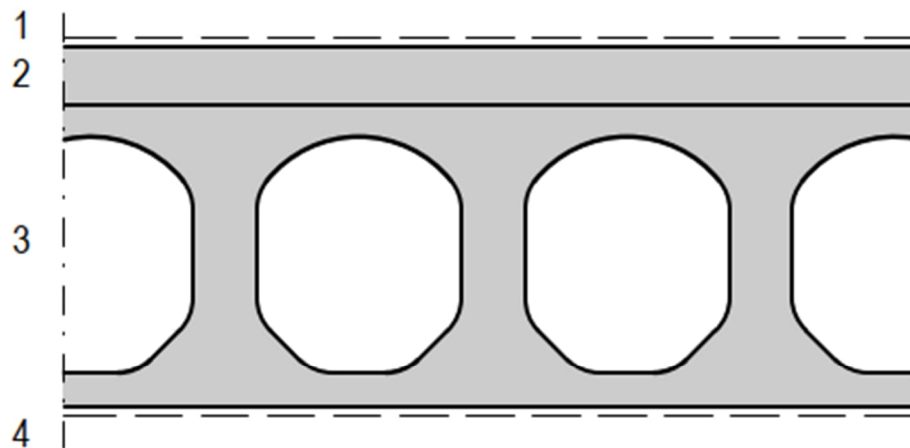
#### 4.3.1 Elementtirakenteet

Elementtirakenteisten lattioiden kantavana rakenteena toimii esimerkiksi ontelolaatta, TT-laatta tai karkaistu kevytbetonilaatta ja teräsbetonielementti. Usein kantavan lattiaelementin päälle suunnitellaan pintavalu tai joissain tapauksissa vain tasoitekerros. Mikäli pintavalu osallistuu välipohjarakenteen

kantavuuteen tai jäykistykseen, on kyseessä liittorakenne. Elementtirakenne estää pintabetonin tai tasoitteen kuivumisen alaspäin ainakin osittain.

Pintabetoni tai tasoitekerros puolestaan kastaa elementtirakennetta valettaessa.

### Ontelolaatta

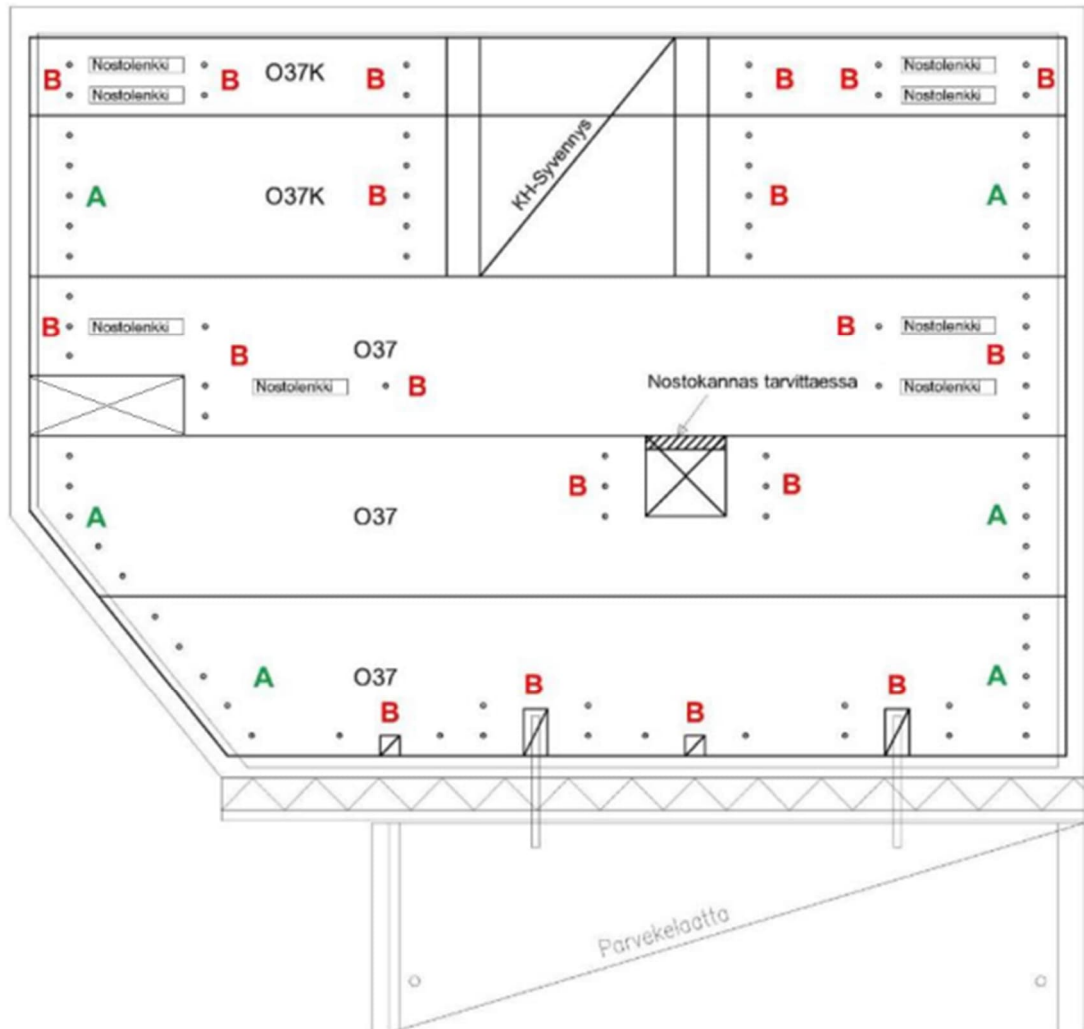


- 1 Pintamateriaali ja -käsittely
- 2 Teräsbetoni-laatta tai tasoite
- 3 Ontelolaatta
- 4 Pintamateriaali ja -käsittely

### 22 Ontelolaattavälipohjan tyypilliset rakennekerrokset

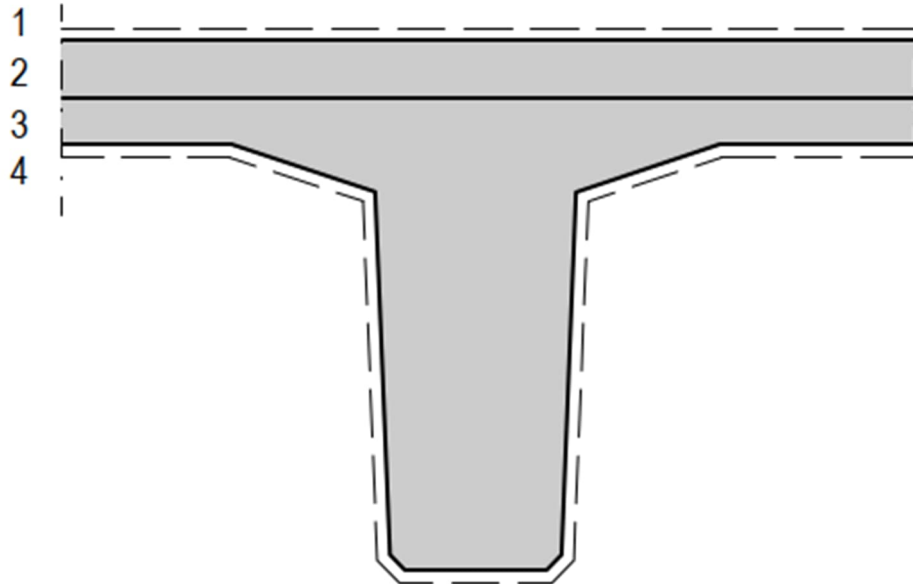
Ontelolaatta välipohja (kuva 22) on hyvin yleinen välipohjarakenne. By 2020 Betonin kuivumisaika-arvio ohjelmalla voidaan arvioida ontelolaattarakenteen ja pintavalun tai tasoitteen kuivumisaikaa. Pintavalu tai tasoite kastelee ontelolaatan jo kuivuneita pintaosia ja näiden kuivuminen on jatkossa hidasta ja tapahtuu käytännössä vain pintalaatan läpi ylöspäin. Lisäksi ontelolaattojen saumat valetaan asennuksen jälkeen, joka kastelee rakennetta. Paksut saumavalut tai muut valettavat alueet on huomioitava kuivumisen arvioinnissa. Työmaa-aikainen kosteudenhallinta ontelolaattojen suhteen on tärkeää, sillä

onteloihin voi päästä vettä kuljetuksen tai työmaan aikana, vaikka ontelot olisikin tulpattu oikein. Elementtitehtaalla onteloiden molempiin päihin porataan vedenpoistoreiät (A). Lisäksi työmaalla tulee onteloiden vedenpoistosta varmistua rei'illä (B). Rakennesuunnittelijan erityistehtäväksi voidaan osoittaa tarkemman vesireikäohjeen tekeminen. Työmaalla tehtävät reiät tehdään paikkoihin, joista veden kulku tehtaalla tehtyihin reikiin estyy, kuten nostolenkkien tai kylpyhuonesyvennyksien molemmin puolin. Mikäli laatat ovat kallistettuja, tulee kallistuksen alapäähän tehdä työmaalla vesireiät. Kuvassa 23 on esitetty Betsset yhtiöiden vesireikäohje. (Betsset yhtiöt 2023).



23 Vesireikäohje (Betsset yhtiöt 2023), jossa reiät A tehdään tehtaalla ja reiät B työmaalla.

## TT-laatta



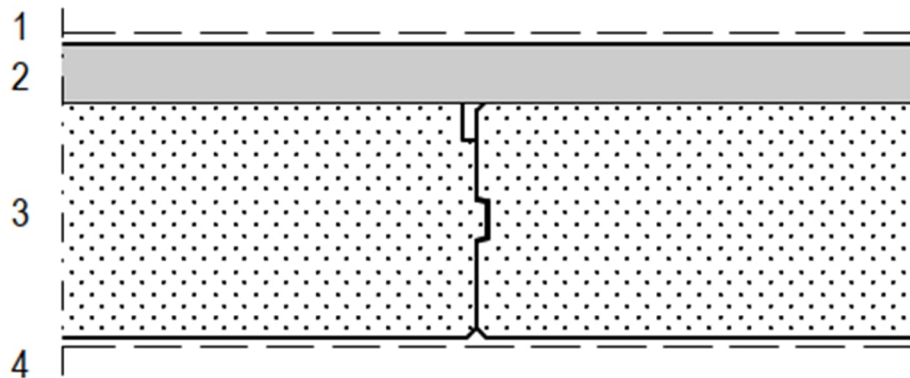
- 1 Pintamateriaali ja -käsittely
- 2 Teräsbetoni-laatta tai tasoite
- 3 TT-laatta
- 4 Pintamateriaali ja -käsittely

### 24 TT-laattavälipohjan tyypilliset rakennekerrokset

TT-laattoja (kuva 24) käytetään muun muassa toimistorakennuksissa välipohjarakenteina. Lähes poikkeuksetta välipohjarakenteena TT-laatan päälle suunnitellaan pintalaatta. Mikäli pintalaatta osallistuu rakenteen kantavuuteen ja toimii osana puristus pintaa, on kyseessä liittorakenne. TT-laatan ylälaatan paksuus on noin 50...75 mm. Valettava pintalaatta on paksumpi tukien läheisyydessä kuin keskeltä, TT-laattojen kaarevuuden takia, tämä tulee huomioida pintalaatan kuivumisesta arvioitaessa.



## Karkaistu kevytbetonilaatta



- 1 Pintamateriaali ja -käsittely
- 2 Teräsbetonilaatta tai tasoite
- 3 Karkaistu kevytbetonilaatta
- 4 Pintamateriaali ja -käsittely

### 25 Karkaistu kevytbetonilaattaväli­pohjan tyypilliset rakennekerrokset

Karkaistu kevytbetonilaattaväli­pohjia (kuva 25) voidaan tehdä asuin-, teollisuus- ja liikerakennuksiin. Karkaistuja kevytbetonilaattojen vakiokoot ovat 2400...6000 mm pitkiä, 250 mm paksuja ja 300 tai 600 mm leveitä. Taso­elementit ovat raudoitettuja. Karkaistu kevytbetoni on huokoinen materiaali ja se vastaanottaa pintarakenteen kosteutta. Pintalaatalla tai tasoitteella päällystetyn kevytbetonin kosteus­pitoisuus pitää mitata ennen pintarakenteiden asennusta.

## Teräsbetonielementti



- 1 Pintamateriaali ja -käsittely
- 2 Teräsbetoni-laatta tai tasoite
- 3 Teräsbetonielementti
- 4 Pintamateriaali ja -käsittely

### 26 Teräsbetonielementtivälipohjan tyypilliset rakennekerrokset

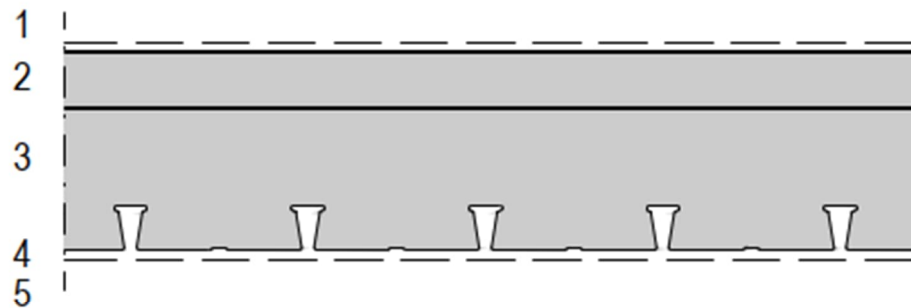
Teräsbetonielementeillä (kuva 26) on viisasta tehdä yleensä vain pieniä tiloja ja lyhyitä jännevälejä, kuten porrastasolaattoja. Täysteräsbetonielementeistä tulee helposti raskaita, eikä niitä siis ole logistisista ja taloudellisista syistä järkevää tehdä suuria kappaleita. Teräsbetonielementin ja pintalaatan tai tasoitteen pinnoitettavuutta arvioitaessa tulee kosteusmittaukset tehdä koko rakennepaksuus (rakennekerrokset 2 ja 3) huomioiden.

#### 4.3.2 Liittorakenteet

Eri materiaalien yhdistäminen ja niiden vahvuuksien hyödyntäminen on liittorakenteiden perusajatus. Liittorakenteissa on esivalmisteinen osa kuten betonielementti tai teräksinen liittolevy ja paikallavalettu osa. (Elementtisuunnittelu.fi 2023). Osaa liittorakenteisista latioista on käsitelty jo tuulettuvien alapohjien ja elementtirakenteisten välipohjien yhteydessä.

Kosteusteknisen suunnittelun kannalta liitvälipohjat ovat lähes poikkeuksetta yhteen suuntaan kuivuvia.

### Liittolevy ja teräsbetonivalu



- 1 Pintamateriaali ja -käsittely
- 2 Teräsbetonilaatta tai tasoite
- 3 Teräsbetonilaatta
- 4 Liittolevy
- 5 Pintamateriaali ja -käsittely

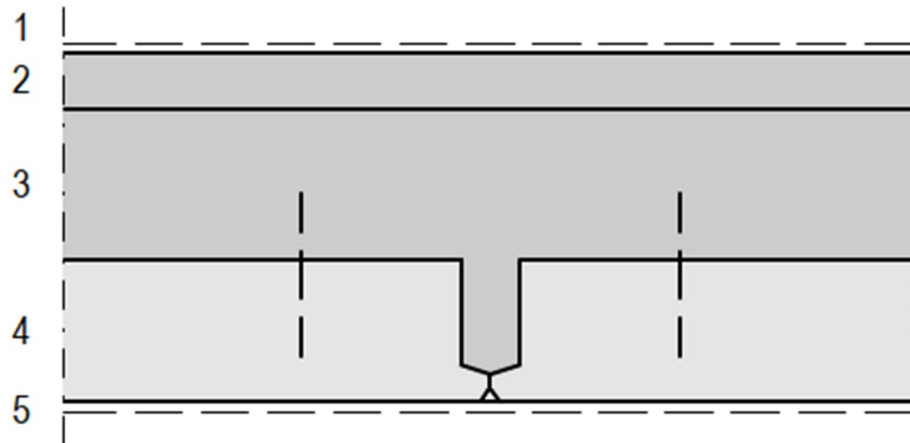
#### 27 Liittolevy ja teräsbetonivälipohjan tyypilliset rakennekerrokset

Liittolevyrakente on yleensä teräsprofiilipelti (kuva 27). Teräsprofiili liittolevy muodostaa diffuusiotiiviin pinnan rakentamisen ja käytön aikana, joka on huomioitava lattiarakenteen kokonaissuunnittelussa. Nopeammin kuivuvien betonien käyttöä suositellaan kuivumisajan lyhentämiseksi (Weckman n.d.). Kokonaissuunnittelussa on huomioitava liittolevyn aiheuttama tiivis pinta, jotta kosteudelle herkkiä tai kosteita materiaaleja ei jää yhdessä tiiviin pintamateriaalin kanssa kahden tiiviin pinnan väliin.

Uudempi sovellus liittolaatasta on CLT-teräsbetoni liittolaatta. CLT (cross-laminated timber) tarkoittaa ristiin liimattua massiivipuulevyä. CLT-liittolaatta ei toistaiseksi ole kovin yleinen rakenneratkaisu. CLT-liittolaatan ja betonivalun väliin tulee puun homehtumisriskin minimoimiseksi suunnitella katko esimerkiksi

siveltävällä kosteussulkutuotteella. (Ailio 2022). Myös muiden kosteusherkkien liittolevyjen kanssa kosteussulku on välttämätön. Kosteusteknisesti on järkevää suosia liittolevyinä kosteuden hyvin sietäviä rakenteita.

### Kuorilaatta ja teräsbetonivalu



- 1 Pintamateriaali ja -käsittely
- 2 Teräsbetonilaatta tai tasoite
- 3 Teräsbetonilaatta
- 4 Kuorilaatta
- 5 Pintamateriaali ja -käsittely

### 28 Kuorilaatta ja teräsbetonivaluvälipohjan tyypilliset rakennekerrokset

Kuorilaatta toimii liittolevyn tapaan muottipintana paikalla valettavalle osuudelle (kuva 28). Kuorilaatat ovat esijännitetyjä laattaelementtejä. Kuorilaatassa paikalla valetun osuuden kuivuminen alaspäin on osittain estynyt.

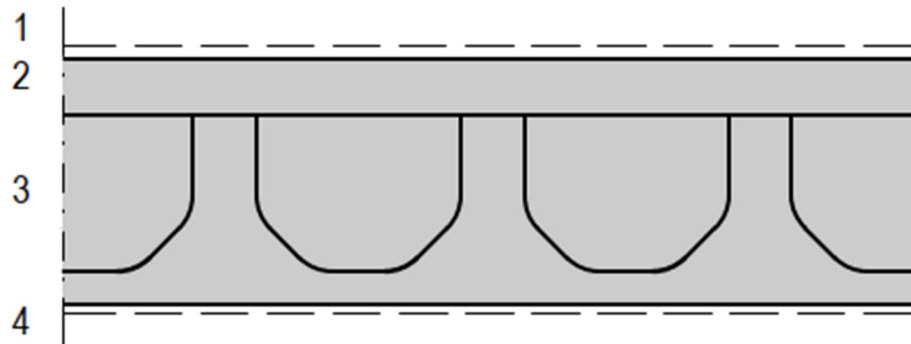
Muita sovelluksia liitolattiarakenteista on muun muassa Luja-Superlaatta (kuva 29). Kyseessä on esijännitetyin punoksin varustettu betonielementti, jota on kevennetty kevytsorabetonirakenteella. Laattojen saumat toimivat ja valetaan kuten ontelolaatoissa. (Lujabetoni 2021). Kosteusteknisiä ohjeita ei valmistajalta ole saatavilla, mutta on suositeltavaa tarkastaa laatan kosteus kuivumisen

seuraamiseksi, kun rakennuksen vaippa on ummessa. Kosteuskäyttäytyminen pintarakenteiden ja pintavalun tai tasoitteen suhteen lienee verrattavissa ontelolaattoihin.



29 Superlaatta (Lujabetoni 2024).

## Kololaatta

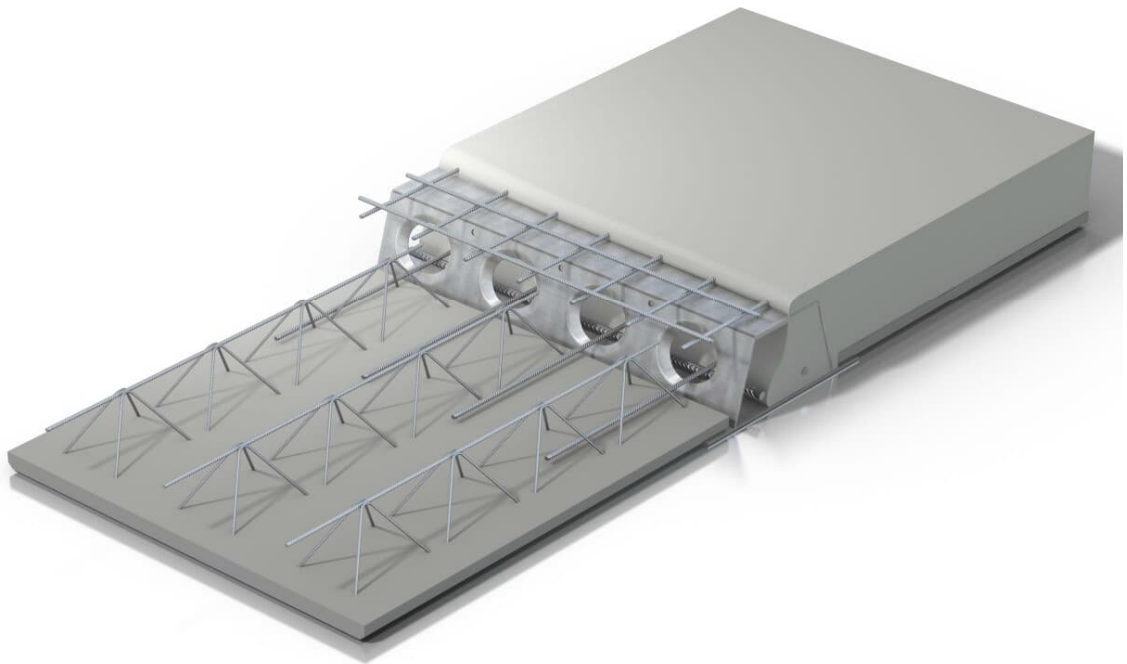


- 1 Pintamateriaali ja -käsittely
- 2 Teräsbetoni-laatta tai tasoite
- 3 Kololaatta ja betonivalu
- 4 Pintamateriaali ja -käsittely

### 30 Kololaattaväli-pohjan tyypilliset rakennekerrokset

Kololaattaa käytetään usein kylpyhuonesyvennyksissä, jotta märkätilojen tarvittavat kaadot saadaan tehtyä oikeassa korossa. Kololaatta on ontelolaatta, jota on madallettu (kuva 30). Ontelolaatasta jäljelle jäänyt osa toimii valumuottina. (Elementisuunnittelu.fi 2024). Rakenteen kosteudenseurannassa on huomioitava onteloiden kohdalla oleva valettu betonipaksuus sekä pinnankallistus, jotta kosteusmittauksista tulee kuvaava.

## Liittopalkit



31 Deltapalkki (Peikko Group 2024).

Liittopalkit kuten deltapalkki on rei'itetty teräspalkki, joka valetaan täyteen työmaalla (kuva 31). Teräsrakenteen sisällä betoni kuivuu hitaasti, joten rakenteen kuivuminen on hyvä varmistaa mahdollisimman läheltä teräspalkkia. Palkin sisälle voidaan myös asentaa jatkuvatoimisia kosteusmittareita, jotta kuivumista pystytään seuraamaan tarkemmin.

Kosteusteknisen suunnittelun tueksi tuotevalmistaja Peikko on julkaissut Deltabeam kosteudenhallinta ohjeen. Ohjeessa mainitaan, että lämmityslangoilla voidaan nopeuttaa betonin kuivumisaikaa palkin läheisyydessä. Lämmityslangat voidaan asentaa rakenteeseen jo tehtaalla.

### 4.3.3 Paikalla valetut rakenteet

Paikalla valettu välipohjarakenne on kahteen suuntaan kuivuva. Jälkijännitetyillä paikallavalurakenteilla päästään noin 10 m jänneväleihin 300 mm:n rakennepaksuudella. Asuinkerrostaloissa tyypillinen rakennepaksuus paikallavalulaatoilla on välillä 260–300 mm. Paikallavalurakenteiden kuivuminen vie aikaa ja ne ovat yleensä työmaa-aikana pitkään säiden armoilla. Tämä on ollut yhtenä syynä elementti- ja liittorakenteiden kehittämiseksi.

Paikallavalurakenteiden osalta on hyvä suunnitella mahdollisimman ohut rakenne ja harkita mahdollisuutta elementtirakenteiden käyttöön.

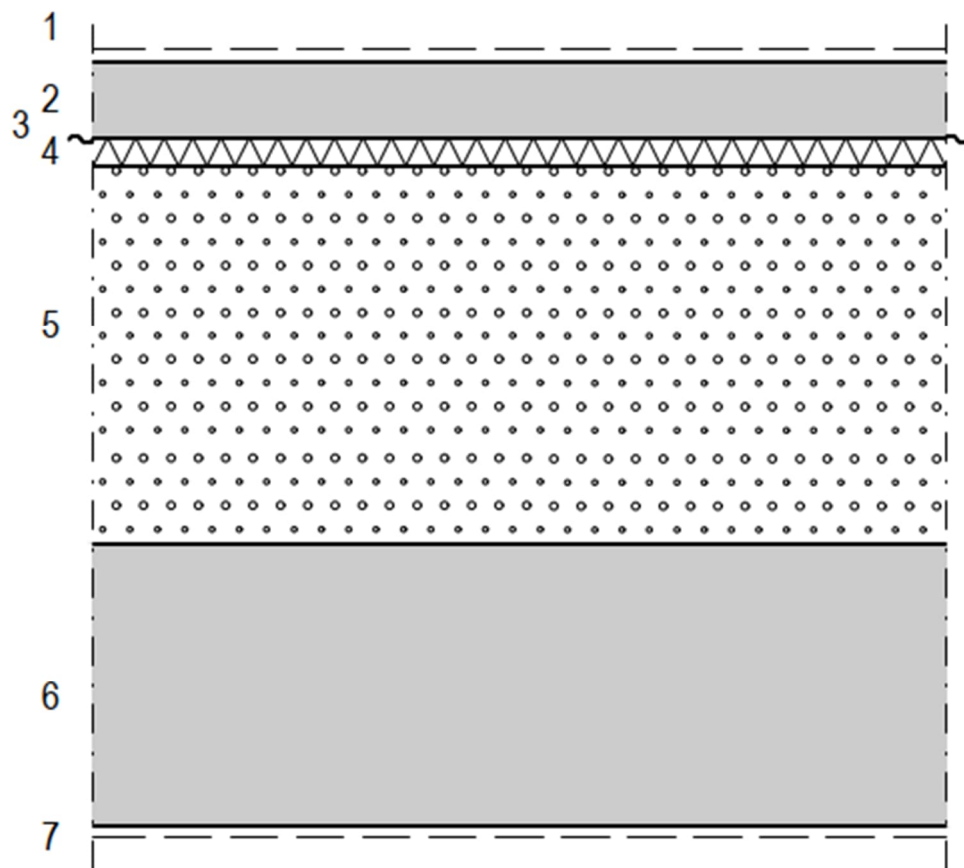
### **Teräsbetoniväestönsuoja**

S1 luokan teräsbetoniväestönsuojan katon vähimmäispaksuus on 300 mm.

Väestönsuojan katto on usein rakennuksen välipohja, kun väestönsuoja sijoitetaan osaksi rakennusta ja se sijoittuu kellariin tai pohjakerrokseen.

Elementtirakenteisissa väestönsuojissa rakennesuunnittelu kuuluu elementtitoimitukseen. Alapohjarakenteena väestönsuoja ei eroa merkittävästi tavallisesta alapohjarakenteesta. (RT 92-11173 2015, 18–20).





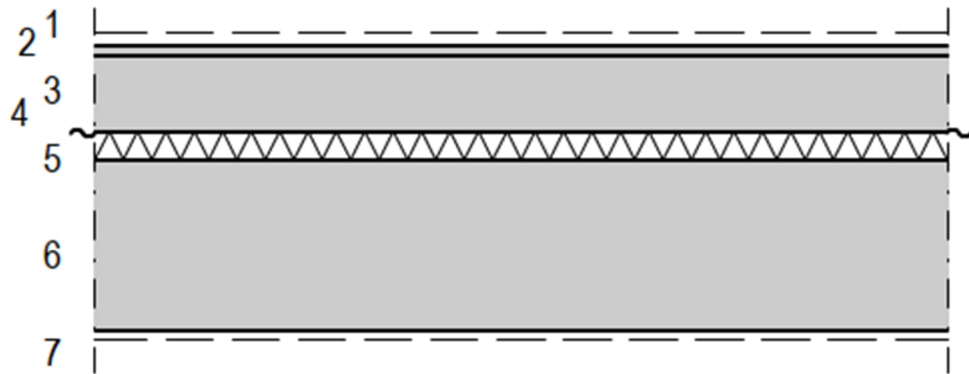
- 1 Pintamateriaali ja -käsittely
- 2 Teräsbetonilaatta
- 3 Valusuojakangas
- 4 Eriste
- 5 Välitilan tuulettuva kerros, kuten kuivattu kevytsora ja salaojaputkisto (LVI-suunnitelman mukaan)
- 6 Kantava teräsbetonilaatta
- 7 Pintamateriaali ja -käsittely

32 Väestönsuojan välipohjan tyypilliset rakennekerrokset

#### 4.4 Kerrokselliset rakenteet

Kerroksellisilla rakenteilla tarkoitetaan tässä kantavan rakenteen päälle asennettavia rakenteita, jotka toimivat kelluvina (kuva 33). Tällaisia

pintarakenteita ovat esimerkiksi askeläänieriste ja pintalaatta. Eristekerroksena voi toimia jäykkä mineraalivilla, EPS-eriste, XPS-eriste tai Sylomer. Eristeen päälle voidaan asentaa esimerkiksi pintavalu, tasoite tai kipsivalu.



- 1 Pintamateriaali ja -käsittely
- 2 Tasoite
- 3 Teräsbetoni-laatta
- 4 Valusuoja
- 5 Eriste
- 6 Kantava rakenne
- 7 Pintamateriaali ja -käsittely

### 33 Kerroksellisten pintarakenteiden tyypilliset rakennekerrokset

Ennen eristekerroksen asennusta alustan kosteus tulee olla yleensä alle RH 90 %, vaadittuun raja-arvoon vaikuttaa eristemateriaali. Etenkin mineraalivillaeristeen kanssa kosteutta sisältävän pintarakenteen, kuten pintavalun alla suositellaan käytettäväksi valusuojakangasta. Valusuojakankaan ensisijainen tarkoitus on estää pintavalun sideaineen kulkeutumisen kankaan läpi, lisäksi se hidastaa veden pääsyä kantaviin rakenteisiin, muttei estä betonin kuivumista molempiin suuntiin.

Kelluvissa rakenteissa voidaan käyttää myös valmiita lattialämpörakenteita. Lämpölattiajärjestelmä saattaa vaatia tuoreelle betonille matala-alkalisen tasoitteen. (Saint-Gobain Finland Oy Weber 2024).

Ennen pintalaatan päällystämistä tulee varmistua myös eristetilassa olevasta kosteudesta, etenkin, jos eristetila ei ole tuuletettu. Eristetilaan saattaa päästä kosteutta esimerkiksi pintavalun yhteydessä tai putkivuodon seurauksena.

Lattiarakenteen kosteusteknisessä suunnittelussa tulee huomioida kokonaisuus. Tähän kokonaisuuteen kuuluu myös välipohjan alapuolisen rakenteen huomiointi. Alapuolen rakenteen määrittelee yleensä arkkitehti. Välipohjan alapuolelle saatetaan suunnitella alakattorakenne tai esimerkiksi suoraan kantavaan rakenteeseen kiinnitettävät akustiikkalevytykset. Mikäli alakatto on tiivis, voi se vaikuttaa rakenteen kuivumiseen. Lisäksi tulee huomioida myös välipohjarakenteen alapinnan materiaalin vaikutus rakenteen kuivumiseen ja materiaalin vaatima alustan kosteuspitoisuus.

#### 4.5 Paksut tasoitekerrokset

Paksuilla tasoitekerroksilla tarkoitetaan tässä yli 5 mm tasoitekerroksia. Tällaisia tasoitekerroksia ovat esimerkiksi yleis- ja oikaisutasoiteet. Matala-alkaliseksi suojaksi riittää vähintään 5 mm tasoite, joka suojaa pintarakenteita tuoreen betonin korkealta pH-arvosta.

Tasoitekerroksella betonilattiarakenteen pinta nimensä mukaisesti tasoitetaan, ennen pintamateriaalin asennusta. Tasoitteilla voidaan lisäksi tehdä pintavaluja tai kallistuksia. Betonin kuivumista ei tasoitekerrosten ole todettu hidastavan, mutta tasoitekerrosta asennettaessa sen sisältämä vesi lisää rakenteen kosteutta. Kosteuslisä vaikuttaa rakenteen kuivumisaikaan päivistä viikkoihin. (Merikallio, Niemi, Komonen. 2007, 42–45.) Tasoitteissa on tuotekohtaisia eroja muun muassa veden sitoutumisessa. Esimerkiksi Ardexin Ardurapid-tuotteiden kerrotaan sitouttavan hydrataatiossa, eli kemiallisesti kuivuen, kaiken lisätyn veden (Ardex Suomi 2024).

Tasoitteet kuivuvat hyvissä olosuhteissa usein nopeasti. Tasoitteet saattavat vaatia alustan kosteudelle tietyn raja-arvon ennen asennusta, yleensä arviointisyvyydellä RH:n tulee olla alle 90 % (Merikallio ym. 2007, 42–45). 5–10 mm tasoitekerrosten kuivuminen suositellaan varmistamaan

näytepalakosteusmittauksin ja yli 10 mm porareikämittauksin ennen päällystämistä. Kemiallisesti sitoutuvien tasoitteiden kosteusmittausten tulkinnessa tulee ottaa huomioon, että hydrataatio jatkaa rakenteen kuivumista myös päällystämisen jälkeen. (RT 103333 2021, 22.)

#### 4.6 Betonilattiarakenteiden päällystäminen

Lähes kaikki tässä tutkimuksessa lattiarakenteiden kosteustekniseen suunnitteluun esiin tulleet ja annetut ohjeet tähtäävät siihen, ettei rakentamisen tai käytön aikainen kosteus vaurioita pintarakenteita.

Pintarakenteiden ja materiaalien suunnittelu kuuluu yleensä arkkitehtisuunnittelijalle (RT103253 2020, 13). Pintamateriaalien valintaan vaikuttaa merkittävästi tilan käyttötarkoitus. Rakennesuunnittelijan tai rakennusfysikaalisen suunnittelijan tulisi kuitenkin varmistua rakenteen kokonaistoimivuudesta ja soveltuvuudesta kohteeseen pintamateriaalit huomioituna. Tämä yhteensovitus saattaa jäädä joissain kohteissa tekemättä, koska liikutaan eri suunnittelualojen rajapinnassa. Rakennesuunnittelija esittää rakennetyypissään rakennekerrokset pintamateriaalia lukuun ottamatta. Joissain tapauksissa ei toimiteta erikseen edes märkätilojen rakennetyyppejä. Samassa rakennetyypissä voi olla useita erilaisia pintamateriaaleja eri tiloissa, mitkä arkkitehtisuunnittelija taas esittää omissa pintamateriaalisuunnitelmissaan. Rakennesuunnittelijan toimittamissa rakennetyypeissä on aika-ajoin jätetty merkitsemättä myös betonirakenteen kerrospaksuus, jonka osalta viitataan muihin rakennesuunnitelmiin. Näissä toimintatavoissa on riski, että kokonaisuutta ei ole mietitty kosteusteknisestä näkökulmasta, pintarakenteet huomioiden. Tähän riskiin tuo oman ratkaisunsa Kuivaketju10 -menetelmän riskin kahdeksan eri suunnittelutehtävät. Seuraavassa on listattu tutkimuksessa esiin tulleita ja suunnittelussa huomioitavia tärkeitä asioita.

Rakenne- tai rakennusfysikaalisen suunnittelijan olisi hyvä huomioida ainakin seuraavat asiat betonilattiarakenteen päällystettävyyteen liittyen:

- Käytön aikaisen kosteuden vaikutusten arviointi pintarakenteelle rakenteen ala- tai yläpuolelta sekä sisältä tai ulkoa. Lisäksi tulee tarkastella valitun pintamateriaalin soveltuvuus kyseisille rasituksille ja tarvittavaan käyttötarkoitukseen. Esimerkiksi maanvastaisiin alapohjarakenteisiin ei suositella vesihöyryntiiviitä pintarakenteita.
- Kerrokselliset rakenteet ja niiden riittävä kuivuminen ennen seuraavien kerrosten asentamista ja pinnoittamista. Lisäksi tulee tarkastella eristekerroksen mahdollisen tuuletuksen tarve rakennekosteuden tai käytönaikaisen kosteuden haihduttamiseksi. Eristekerroksen materiaalivalinnassa tulee huomioida koko rakenteen kosteustekniikka ja mahdollinen käytönaikainen kosteus.
- Tiiviit pintamateriaalit ja vedeneristekerrokset tai niiden pohjusteet tulee huomioida rakenteiden kosteusteknisessä suunnittelussa. Täytyy tarkastaa, ettei kosteusvaurioherkkiä rakenteita jää kahden tiiviin pinnan väliin mahdollisesti kosteisiin olosuhteisiin.
- Matala-alkalisen tasoitekerroksen tarpeen arviointi ja merkintä suunnitelmiin.
- Arvioidaan erityispaikkojen kosteusmittaustarpeet ja riittävän kuivuuden varmistaminen. Tällaisia paikkoja voivat olla esimerkiksi paikalla valetut palkkikaistat, liittopalkkien ympäristö, paksut saumavalut tai laatanvahvennokset. Viedään tieto erityshuomioitavista paikoista suunnitelmiin.
- Vaaditaan olosuhteiden seuranta betonirakenteiden kuivumisjakson aikana. (Voi olla myös muiden hankeosapuolien tehtävällä.)
- Pintamateriaalien kosteuspitoisuuden raja-arvojen määrittäminen eri pintamateriaaleille. (Voi olla myös muiden hankeosapuolien tehtävällä.)
- Kuivumisaikalaskelmat betonirakenteille. (Voi olla myös muiden hankeosapuolien tehtävällä.)

## 5 Tulokset

Opinnäytetyössä tutkittiin rakennesuunnittelijan roolia betonilattiarakenteiden kosteusteknisessä suunnittelussa. Tutkimuksessa selvitettiin, mitä tehtäviä rakennesuunnittelijalle kuuluu lain, tehtäväluetteloiden sekä erilaisten laatujärjestelmien mukaisesti. Laatujärjestelmistä keskityttiin yleisesti käytössä olevaan Kuivaketju10 -menetelmään.

Nykytilanteen käytäntöjä selvitettiin asiantuntijoille tehdyillä haastattelulla ja kyselytutkimuksella. Kosteudenhallintakoordinaattorien haastattelussa ilmeni, että onnistuneessa hankkeessa kosteudenhallintamenetelmä tulee päättää mahdollisimman aikaisin. Tilaajan ja kosteudenhallintakoordinaattorin tulee informoida käytettävästä kosteudenhallintamenetelmästä suunnittelijoita heti hankkeen alusta asti. Suunnittelutarjouspyynnöissä tulee tuoda hyvin esille, millaista laatutasoa kosteudenhallinnalta odotetaan. Tarjouspyynnössä on hyvä määritellä esimerkiksi kosteudenhallinnan palaverimäärät, mikä auttaa suunnittelijoita resursoimaan tekemistään. Hankekohtaisesti tulee myös arvioida erillisen rakennusfysikaalisen suunnittelijan tarvetta. Rakennesuunnittelijoille tehdyssä kyselytutkimuksessa selvisi, että ohjeistusta betonilattiarakenteiden kosteustekniseen suunnitteluun ja Kuivaketju10 -tehtäviin kaivattiin.

Betonilattiarakenteiden kosteusteknisen suunnittelun ohjeistus on esitetty Kuivaketju10- suunnittelutehtäville sekä rakennetyypeittäin erilaisille betonilattiarakenteille betonilattiarakenteiden kosteustekninen suunnittelu luvussa. Näiden ohjeistusten avulla betonilattiarakenteiden kosteusteknistä toimivuutta voidaan edistää rakennesuunnittelun keinoin.

## 6 Yhteenveto

Kosteudenhallinnan vähimmäistason määrittelevät lait ja asetukset, jotka ohjaavat suunnittelijoita sekä rakennushankkeeseen ryhtyvää kosteusteknisesti toimivan rakennuksen rakentamiseen. Nykytilanteessa kosteudenhallintamenetelmä ja sen noudattamisen tarkkuus ovat kohde tai tilaajakohtaista. Rutiineja ja hyviä toimintatapoja kosteudenhallintatehtävien suorittamiseen ei välttämättä pääse syntymään, kun vaatimustaso ja vaatimukset vaihtelevat kohdekohtaisesti.

Suunnittelun rajapinnat ja kosteudenhallinnan vastuut tulisi käydä läpi heti hankkeen alussa ja ilmentää ne tarkasti jo tarjouspyynnöissä. Hankkeen kosteudenhallinnan kannalta on haastavaa, jos esimerkiksi rakenteiden kuivumisaikaan herätään vasta, kun urakoitsija otetaan mukaan kohteeseen, sillä tässä vaiheessa aikataulu sekä rakenneratkaisut ovat yleensä jo lukitut.

Pääkysymykseen, millä tavalla betonilattiarakenteiden kosteusteknistä toimivuutta voidaan edistää rakennesuunnittelun keinoin, löydettiin vastauksia tutkimuksessa. Betonilattiarakenteiden kosteudenhallinnassa on tärkeää tehdä suunnitelmien yhteensovitus etenkin arkkitehti- ja rakennesuunnittelussa. Pintamateriaalien valinta olisi hyvä tehdä yhteistyössä tai ainakin rakennesuunnittelijan tulee tarkastaa valittujen pintamateriaalien soveltuvuus rakenteeseen. Rakennesuunnittelija voi tuoda esiin omaa ammattitaitoaan esimerkiksi esittämällä eri runkovaihtoehtojen etuja ja haittoja rakennusfysikaalisesta näkökulmasta. Olisi hyvä, että rakennesuunnittelijoita otettaisiin yhä enemmän mukaan jo hankesuunnitteluvaiheessa. Tällöin rakennesuunnittelija voi yhä enemmän vaikuttaa rakenneratkaisuihin ja ohjata hanketta omalta osaltaan rakennusfysikaalisesti toimiviin ratkaisuihin.

Tavoitteena oli tutkia betonilattiarakenteiden kosteusteknisen suunnittelun käytänteitä nykytilanteessa sekä löytää uusia käytänteitä ja työkaluja. Tutkimukseen valitut menetelmät eli asiantuntijahaastattelut ja -kysely sekä teorialtutkimus osoittautuivat toimiviksi menetelmiksi ja niillä saatiin luotettavaa lähtötietoaineistoa tutkimukseen.

Haastattelu- ja kyselytutkimuksen mukaan olisi tarvetta myös Kuivaketju10 -menetelmän rakennesuunnittelijan ohjeistukselle myös muihin kuin betonilattiarakenteisiin liittyen. Ohjeistus voisi sisältää esimerkiksi valmiita tekstipohjia ja rakennedetaljeja perustapauksiin.

Rakennusmateriaaleja pyritään kehittämään jatkuvasti ympäristöystävällisempään suuntaan, joten jatkotutkimuksissa olisi hyvä ottaa huomioon tällaisten uusien materiaalien mahdolliset erot tavanomaisiin käytössä oleviin rakenteisiin.



## Lähteet

Ailio, M. 2022. Betonin valamisesta aiheutuvan kosteuden vaikutukset ristiinliimatusta massiivipuulevystä ja betonista valmistetun liittorakennepohjan toimivuuteen. Diplomityö. Building Technology. Helsinki: Aalto yliopisto. Viitattu 21.4.2024.

<https://aaltodoc.aalto.fi/server/api/core/bitstreams/40ab003c-40c3-47a1-99f6-acd37572308a/content>.

Ardex Suomi. 2024. Lattian tasoitus. Viitattu 21.4.2024.

<https://ardex.fi/products/lattian-tasoitus>

Betset yhtiöt. 2023. Vesireikäohje. Saatavilla.

<https://portal.betset.fi/portal/publicfiles/material/Betset-Vesireik%C3%A4ohje.pdf>.

By 45/ BLY 7. 2018. Betonilattiat 2018. Helsinki: Suomen Betoniyhdistys ry.

By 201. 2019. Betonitekniikan oppikirja 2018. 7. painos. Helsinki: Suomen Betoniyhdistys ry.

Christian Berner Oy. 2024. Data sheet overview Sylomer. Saatavilla.

<https://www.christianberner.fi/globalassets/leverantorer/getzner-werkstoffegmbh/dokument/finland/data-sheet-overview-sylomer-en.pdf>.

Elementtisuunnittelu.fi. 2023. Liittorakenteet. Viitattu 21.4.2024.

<https://www.elementtisuunnittelu.fi/runkorakenteet/liittorakenteet>.

Elementtisuunnittelu.fi. 2024. Ontelolaatat. Viitattu 21.4.2024.

<https://www.elementtisuunnittelu.fi/runkorakenteet/laatat/ontelolaatat>.

Green Building Council Finland ry. 2024. Ympäristöluokitukset. Viitattu 20.4.2024. <https://figbc.fi/ymparistoluokitukset/>.

Happonen, A. 2023. Vähähiilisen betonin kuivuminen. Diplomityö. Building Technology. Helsinki: Aalto-yliopisto. Viitattu 5.5.2024.

<https://aaltodoc.aalto.fi/server/api/core/bitstreams/a9e75cf8-55cc-4bf6-9c69-3f7cca0ef8f5/content>.

Leivo, V. & Rantala, J. 2002. Maanvastaisten alapohjarakenteiden kosteustekninen toimivuus. Tampere: Tampereen teknillinen kosteakoulu.

Viitattu 21.4.2024.

[https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/116629/leivo\\_rantala\\_maanvastaisten\\_alapohjarakenteiden\\_kosteustekninen\\_toimivuus.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/116629/leivo_rantala_maanvastaisten_alapohjarakenteiden_kosteustekninen_toimivuus.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

Leivo, V.; Sarlin, E.; Suonketo, J.; Pikkuvirta, J. & Pentti, M. 2019.

Muovipäälysteisten lattioiden vaurioituminen kosteuden vaikutuksesta.

Sisäilmastoseminaari 2019: 14.3.2019: Sisäilmayhdistys raportti 37. Saatavilla.

[https://www.sisailmauutiset.fi/Sisailmastoseminaari\\_2019.pdf](https://www.sisailmauutiset.fi/Sisailmastoseminaari_2019.pdf)

Lujabetoni. Viitattu 21.4.2024. <https://lujabetoni.fi/superlaatta>.

Lujabetoni. 2021.Luja-Superlaatta, suunnitteluohje. Saatavilla.

<https://lujabetoni.fi/app/uploads/sites/2/2021/09/Luja-Superlaatta-suunnitteluohje.pdf>.

Lumme, P. & Merikallio T. 1997. Betonin kosteuden hallinta. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy.

Merikallio, T. 2002. Betonilattiarakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy.

Merikalio, T.; Niemi, S. & Komonen, J. 2007. Betonilattiarakenteiden kosteudenhallinta ja päällystäminen. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy.

Mölsä, S. 2017. Skanskalta musta lista asuntojen laatuvirheistä -vältä näitä 10:tä ratkaisua tai materiaalia -artikkeli Rakennuslehti 9.2.2017. Viitattu 18.4.2024. <https://www.rakennuslehti.fi/2017/02/skanskalta-musta-lista-asuntojen-laatuvirheista-valta-naita-10-ratkaisua-tai-materiaalia/>.

Outinen, K. 2017. Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta, perustelumuistio. Ympäristöministeriö. Saatavilla.

[Perustelumuistio\\_YMa+rakennusten+kosteusteknisestä+toimivuudesta\\_20171124\\_final.pdf](https://www.ymparisto.fi/documents/2017/02/Perustelumuistio_YMa+rakennusten+kosteusteknisestä+toimivuudesta_20171124_final.pdf).

Peikko Group. Viitattu 21.4.2024.

[https://media.peikko.com/file/dl/c=system\\_x1080/HmHqVg/9mwFYAL8ApJNMWZGinoV-w/DeltabeamwithSolidSlab.jpg?fv=110d](https://media.peikko.com/file/dl/c=system_x1080/HmHqVg/9mwFYAL8ApJNMWZGinoV-w/DeltabeamwithSolidSlab.jpg?fv=110d).

Rakentamisen Laatu RALA ry. 2024. Riskilista ja todentamisohje. Viitattu 20.4.2024. <https://www.rala.fi/fi/palvelut/kuivaketju10/riskilista-ja-todentamisohje>.

RIL 250-2020. Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto.

RT 103087. 2019. Rakennesuunnittelun tehtäväluettelo RAK18. Ohjekortti Helsinki: Rakennustieto.

RT 103253. 2020. Arkkitehtisuunnittelun tehtäväluettelo ARK18. Ohjekortti Helsinki: Rakennustieto.

RT 103333. 2021. Betonin suhteellisen kosteuden mittaus. Ohjekortti Helsinki: Rakennustieto.

RT 103614. 2023. Terve talo Suunnittelualakohtainen tarkastuslista rakennusosittain. Ohjekortti Helsinki: Rakennustieto.

RT 92-11173. 2015. S1-luokan teräsbetoniväestönsuoja. Ohjekortti Helsinki: Rakennustieto.

RTS-ympäristöluokitus. 2022. Hanke2022: Toimitila- ja palvelurakennukset Rakennushankkeen ympäristöluokitus. Helsinki: Rakennustieto Oy. Saatavilla. [https://tiedostot.rakennustieto.fi/ymparisto/yl/rts-ymparistoluokitus\\_v2-1\\_hanke2022\\_toimitila\\_-ja\\_palvelurakennukset2022\\_221110.pdf](https://tiedostot.rakennustieto.fi/ymparisto/yl/rts-ymparistoluokitus_v2-1_hanke2022_toimitila_-ja_palvelurakennukset2022_221110.pdf).

Saint-Gobain Finland Oy Weber. 2024. Weberfloor 4900 comfort uralevy, tuotekortti. Saatavilla. <https://www.fi.weber/files/fi/2023-01/weberfloor-4900-Comfort-uralevy-Tuotekortti-FI.pdf>.

Siikanen, U. 2015. Rakennusfysiikka. Perusteet ja sovelluksia. Tampere: Rakennustieto Oy.

Terveet tilat 2028. 2024. Rakennusfysiikkaa rakennusinsinöörille Mittaukset. Helsinki: Ympäristöministeriö. Saatavilla. Terveet tilat 2028, Rakennusfysiikkaa rakennusinsinöörille – Mittaukset (tilatjaterveys.fi)

VTT sertifikaatti nro 118/99. 2017. Ardex 8+9 -vedeneristysjärjestelmä soveltuvuus ja käyttö märkätilan vedeneristys -ja pintarakennejärjestelmänä. VTT Expert Services Oy.

Weckman. n.d. Asennusohje, Liittolevy HC-45. Saatavilla. <https://www.weckmansteel.fi/wp-content/uploads/2017/04/HC-45-asennusohje-2020.pdf>.

Ympäristömerkintä Suomi Oy. 2024. Joutsenmerkin kriteerit, Uudisrakennukset, Asuinrakennukset, opetusrakennukset ja toimistorakennukset. Saatavilla. [https://joutsenmerkki.fi/wp-content/uploads/2023/02/089f\\_4\\_3\\_CD-1.pdf](https://joutsenmerkki.fi/wp-content/uploads/2023/02/089f_4_3_CD-1.pdf).

Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toiminnasta 782/2017. Viitattu 20.4.2024. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170782>.

Ympäristöministeriön ohje rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta. 2020. Rakennusten kosteustekninen toimivuus. Viitattu 20.4.2024. [https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Ohje\\_Rakennusten-kosteustekninen-toimivuus-2020-F3A686EA\\_E374\\_4983\\_A396\\_CC15D6830B7B-156354.pdf/323bffe4-19f4-9b97-6c59-d314db622cb4/Ohje\\_Rakennusten-kosteustekninen-toimivuus-2020-F3A686EA\\_E374\\_4983\\_A396\\_CC15D6830B7B-156354.pdf?t=1603260109033](https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Ohje_Rakennusten-kosteustekninen-toimivuus-2020-F3A686EA_E374_4983_A396_CC15D6830B7B-156354.pdf/323bffe4-19f4-9b97-6c59-d314db622cb4/Ohje_Rakennusten-kosteustekninen-toimivuus-2020-F3A686EA_E374_4983_A396_CC15D6830B7B-156354.pdf?t=1603260109033).



## by 2020 Betonin kuivumisaika-arvio

### Analyysi

Analyysityyppi: Kuivumisaika-arvio

### Rakenne

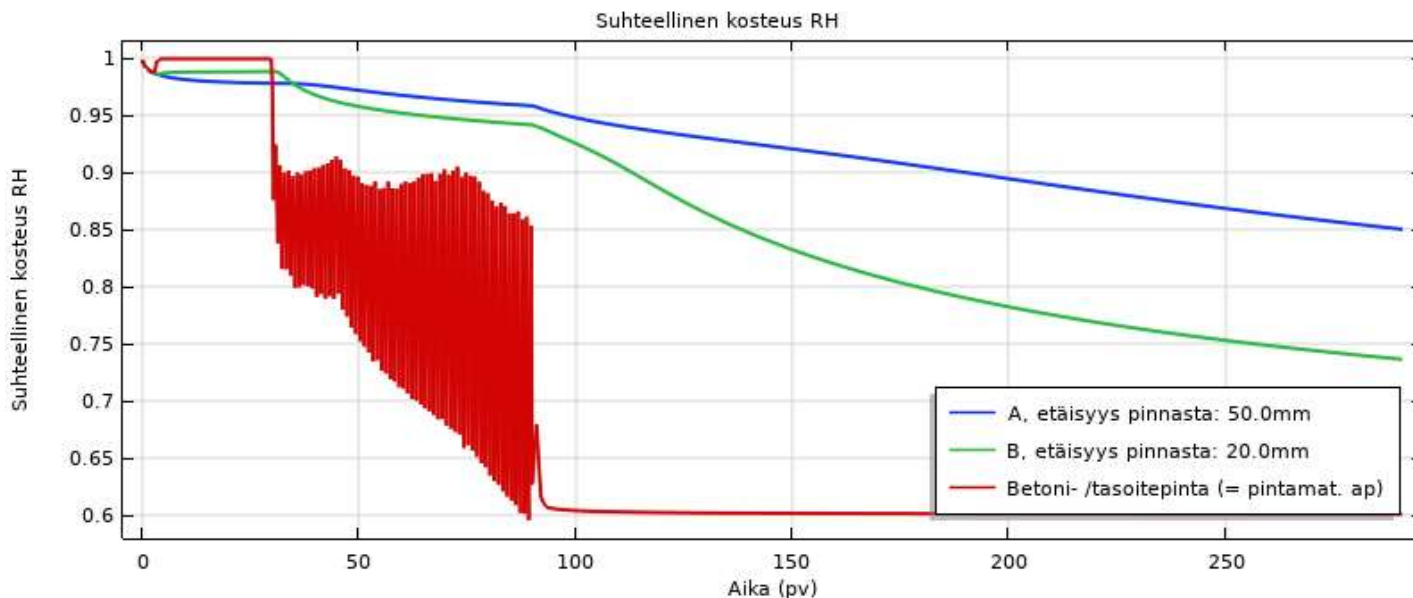
Rakennetyyppi:	Välipohja		
Rakennekerrokset:	Paikallavalu		
Pintamateriaali:			
Mattoliiman kosteuslisä:			
Tasoite:	Ei tasoitetta	0.0	mm
Pintavalu:	Ei Pintavalua	0.0	mm
Rakennevalu:	C30/37, 0.60 (v/s)	250.0	mm
Eriste:	Ei eristettä	0.0	mm
Yhteensuuntaan kuivuva:	Ei		

### Olosuhteet ja aikataulut

Kaupunki:	Helsinki-Vantaa		
Aloituspäivä (Rakennevalu):	1. Tammikuu		
Työaikainen kastuminen: on	Kastumisjakso alkaa	3	pv
	Kastumisjakso päättyy	30	pv
Kuivatusjakso:	Kuivatusjakso alkaa	90	pv
Kuivatusolosuhde:	Lämpötila	18.0	°C
	RH	60.0	%
Rakennebetonin valu:		0	pv
Pintabetonin valu:			pv
Tasoitteen asennus:			pv
Laskenta-aika:		1000	pv
Kriittinen RH:		85.0	%

### Laskennan tulokset

Kriittisen RH:n arvo alitettiin: 291 pv kuluttua simuloinnin alusta.  
Seuraavan työvaiheen aloituspäivä: 19. Lokakuu



### LISÄTIETOJA



## by 2020 Betonin kuivumisaika-arvio

### Analyysi

Analyysityyppi: Kuivumisaika-arvio

### Rakenne

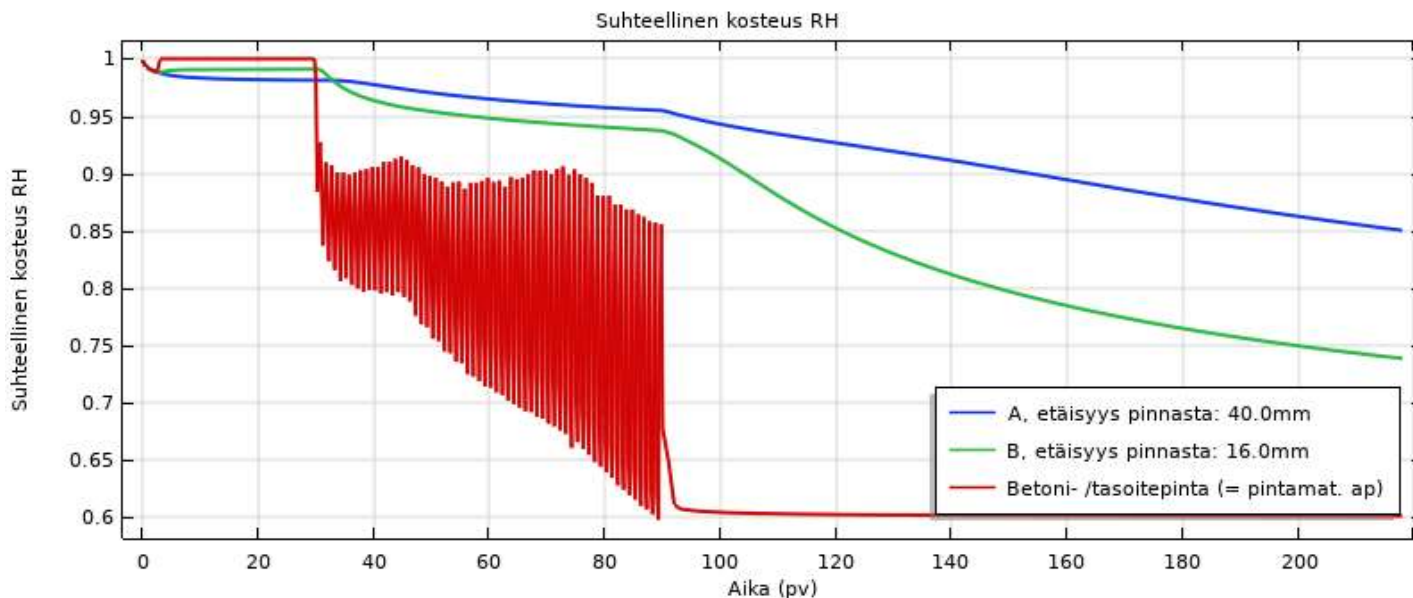
Rakennetyyppi:	Välipohja		
Rakennekerrokset:	Paikallavalu		
Pintamateriaali:			
Mattoliiman kosteuslisä:			
Tasoite:	Ei tasoitetta	0.0	mm
Pintavalu:	Ei Pintavalua	0.0	mm
Rakennevalu:	C30/37, 0.60 (v/s)	200.0	mm
Eriste:	Ei eristettä	0.0	mm
Yhteensuuntaan kuivuva:	Ei		

### Olosuhteet ja aikataulut

Kaupunki:	Helsinki-Vantaa		
Aloituspäivä (Rakennevalu):	1. Tammikuu		
Työaikainen kastuminen: on	Kastumisjakso alkaa	3	pv
	Kastumisjakso päättyy	30	pv
Kuivatusjakso:	Kuivatusjakso alkaa	90	pv
Kuivatusolosuhde:	Lämpötila	18.0	°C
	RH	60.0	%
Rakennebetonin valu:		0	pv
Pintabetonin valu:			pv
Tasoitteen asennus:			pv
Laskenta-aika:		1000	pv
Kriittinen RH:		85.0	%

### Laskennan tulokset

Kriittisen RH:n arvo alitettiin: 218 pv kuluttua simuloinnin alusta.  
Seuraavan työvaiheen aloituspäivä: 7. Elokuu



### LISÄTIETOJA



## by 2020 Betonin kuivumisaika-arvio

### Analyysi

Analyysityyppi: Kuivumisaika-arvio

### Rakenne

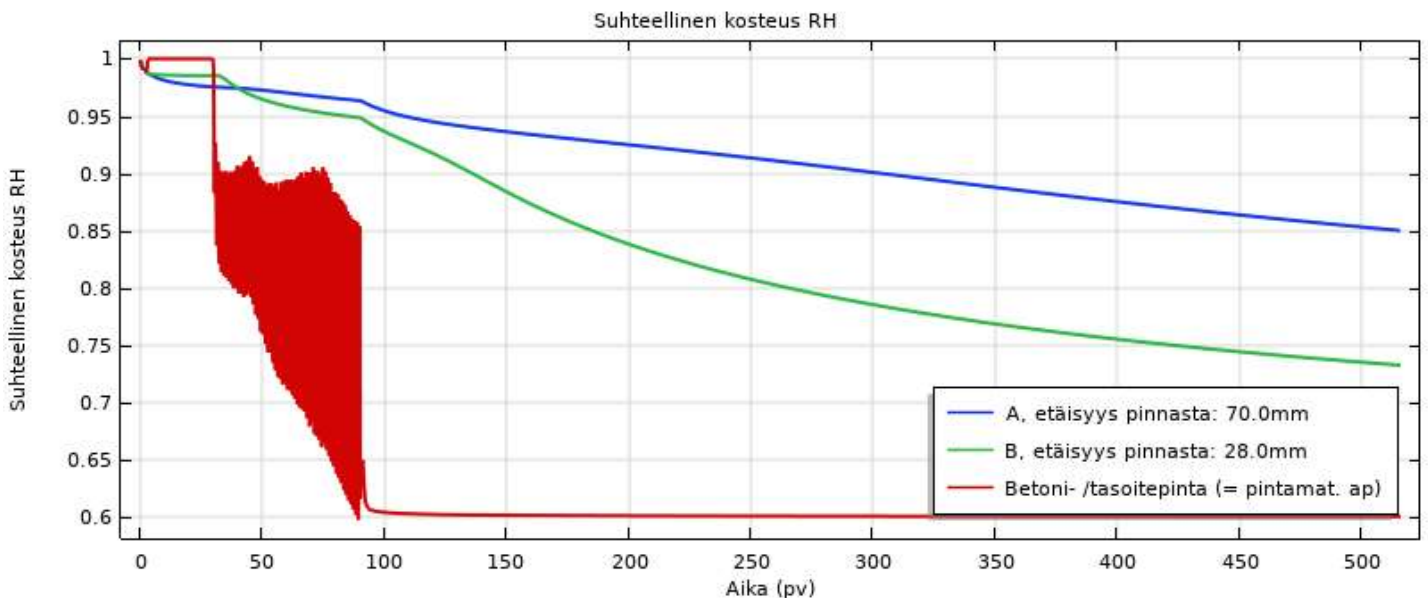
Rakennetyyppi:	Välipohja		
Rakennekerrokset:	Paikallavalu		
Pintamateriaali:			
Mattoliiman kosteuslisä:			
Tasoite:	Ei tasoitetta	0.0	mm
Pintavalu:	Ei Pintavalua	0.0	mm
Rakennevalu:	C30/37, 0.60 (v/s)	200.0	mm
Eriste:	Ei eristettä	0.0	mm
Yhteensuuntaan kuivuva:	Kyllä		

### Olosuhteet ja aikataulut

Kaupunki:	Helsinki-Vantaa		
Aloituspäivä (Rakennevalu):	1. Tammikuu		
Työaikainen kastuminen: on	Kastumisjakso alkaa	3	pv
	Kastumisjakso päättyy	30	pv
Kuivatusjakso:	Kuivatusjakso alkaa	90	pv
Kuivatusolosuhde:	Lämpötila	18.0	°C
	RH	60.0	%
Rakennebetonin valu:		0	pv
Pintabetonin valu:			pv
Tasoitteen asennus:			pv
Laskenta-aika:		1000	pv
Kriittinen RH:		85.0	%

### Laskennan tulokset

Kriittisen RH:n arvo alitettiin: 516 pv kuluttua simuloinnin alusta.  
Seuraavan työvaiheen aloituspäivä: 8. Aloitus yli vuoden päästä edellisestä työvaiheesta.



### LISÄTIETOJA



## by 2020 Betonin kuivumisaika-arvio

### Analyysi

Analyysityyppi: Kuivumisaika-arvio

### Rakenne

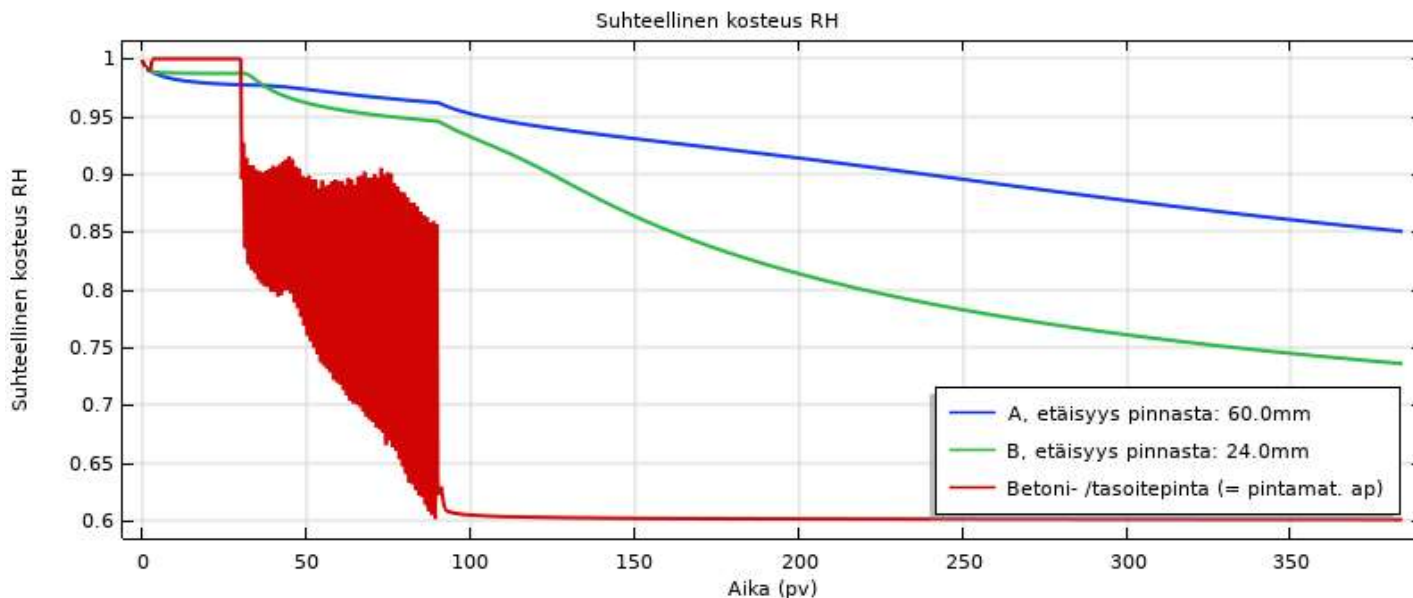
Rakennetyyppi:	Välipohja		
Rakennekerrokset:	Paikallavalu		
Pintamateriaali:			
Mattoliiman kosteuslisä:			
Tasoite:	Ei tasoitetta	0.0	mm
Pintavalu:	Ei Pintavalua	0.0	mm
Rakennevalu:	C30/37, 0.60 (v/s)	150.0	mm
Eriste:	Ei eristettä	0.0	mm
Yhteensuuntaan kuivuva:	Kyllä		

### Olosuhteet ja aikataulut

Kaupunki:	Helsinki-Vantaa		
Aloituspäivä (Rakennevalu):	1. Tammikuu		
Työaikainen kastuminen: on	Kastumisjakso alkaa	3	pv
	Kastumisjakso päättyy	30	pv
Kuivatusjakso:	Kuivatusjakso alkaa	90	pv
Kuivatusolosuhde:	Lämpötila	18.0	°C
	RH	60.0	%
Rakennebetonin valu:		0	pv
Pintabetonin valu:			pv
Tasoitteen asennus:			pv
Laskenta-aika:		1000	pv
Kriittinen RH:		85.0	%

### Laskennan tulokset

Kriittisen RH:n arvo alitettiin: 384 pv kuluttua simuloinnin alusta.  
Seuraavan työvaiheen aloituspäivä: 8. Aloitus yli vuoden päästä edellisestä työvaiheesta.



### LISÄTIETOJA





## by 2020 Betonin kuivumisaika-arvio

### Analyysi

Analyysityyppi: Kuivumisaika-arvio

### Rakenne

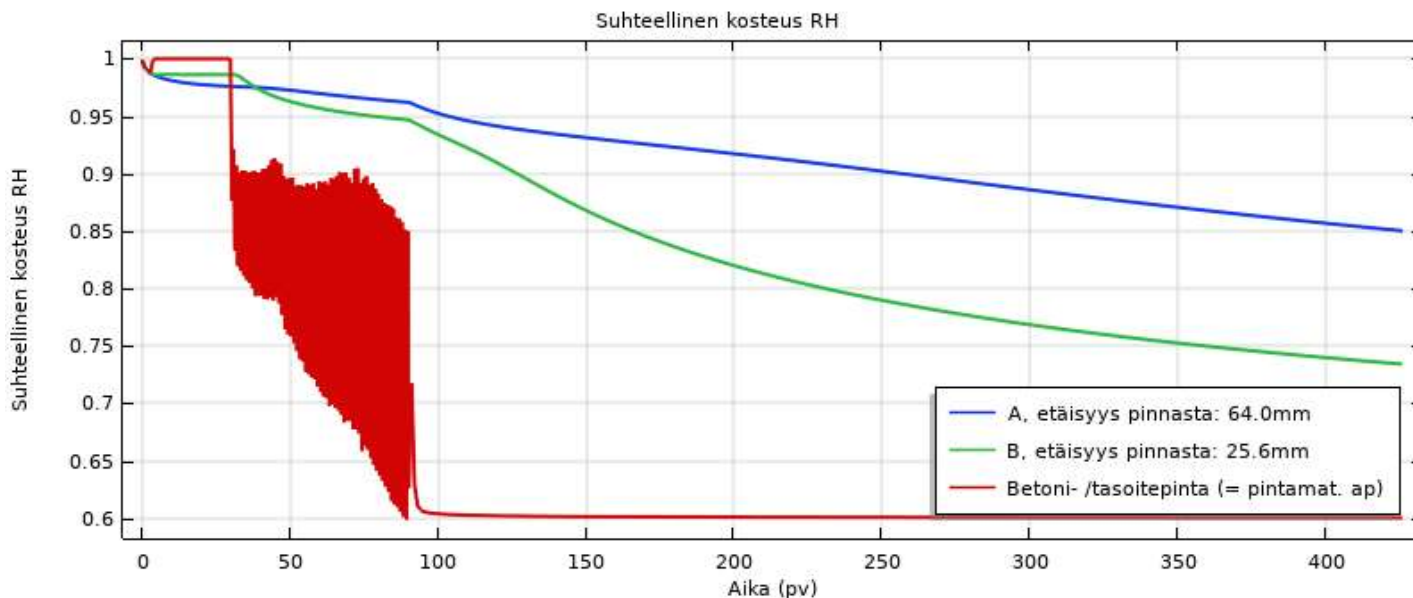
Rakennetyyppi:	Välipohja		
Rakennekerrokset:	Kuorilaatta		
Pintamateriaali:			
Mattoliiman kosteuslisä:			
Tasoite:	Ei tasoitetta	0.0	mm
Pintavalu:	Ei Pintavalua	0.0	mm
Rakennevalu:	C30/37, 0.60 (v/s)	220.0	mm
Kuorilaatta:	KL100	100.0	mm
Eriste:	Ei eristettä	0.0	mm

### Olosuhteet ja aikataulut

Kaupunki:	Helsinki-Vantaa		
Aloituspäivä (Rakennevalu):	1. Tammikuu		
Työaikainen kastuminen: on	Kastumisjakso alkaa	3	pv
	Kastumisjakso päättyy	30	pv
Kuivatusjakso:	Kuivatusjakso alkaa	90	pv
Kuivatusolosuhde:	Lämpötila	18.0	°C
	RH	60.0	%
Rakennebetonin valu:		0	pv
Pintabetonin valu:			pv
Tasoitteen asennus:			pv
Laskenta-aika:		1000	pv
Kriittinen RH:		85.0	%

### Laskennan tulokset

Kriittisen RH:n arvo alitettiin: 426 pv kuluttua simuloinnin alusta.  
Seuraavan työvaiheen aloituspäivä: 19. Aloitus yli vuoden päästä edellisestä työvaiheesta.



### LISÄTIETOJA



## by 2020 Betonin kuivumisaika-arvio

### Analyysi

Analyysityyppi: Kuivumisaika-arvio

### Rakenne

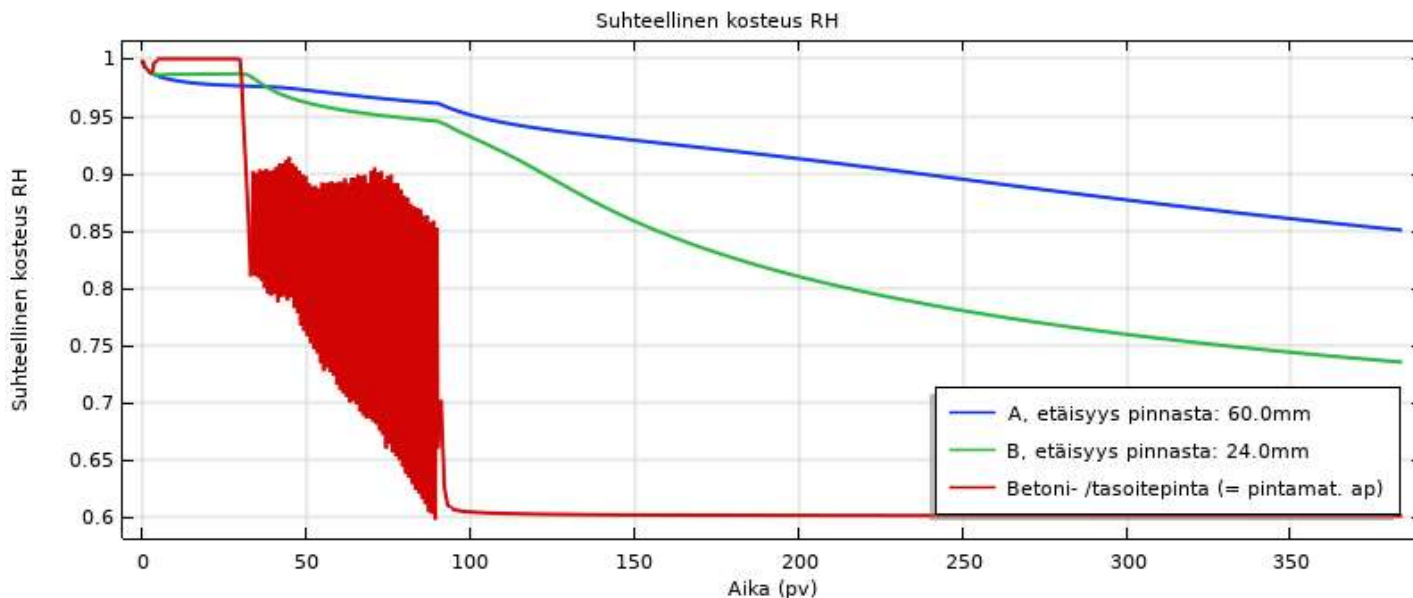
Rakennetyyppi:	Välipohja		
Rakennekerrokset:	Kuorilaatta		
Pintamateriaali:			
Mattoliiman kosteuslisä:			
Tasoite:	Ei tasoitetta	0.0	mm
Pintavalu:	Ei Pintavalua	0.0	mm
Rakennevalu:	C30/37, 0.60 (v/s)	200.0	mm
Kuorilaatta:	KL100	100.0	mm
Eriste:	Ei eristettä	0.0	mm

### Olosuhteet ja aikataulut

Kaupunki:	Helsinki-Vantaa		
Aloituspäivä (Rakennevalu):	1. Tammikuu		
Työaikainen kastuminen: on	Kastumisjakso alkaa	3	pv
	Kastumisjakso päättyy	30	pv
Kuivatusjakso:	Kuivatusjakso alkaa	90	pv
Kuivatusolosuhde:	Lämpötila	18.0	°C
	RH	60.0	%
Rakennebetonin valu:		0	pv
Pintabetonin valu:			pv
Tasoitteen asennus:			pv
Laskenta-aika:		1000	pv
Kriittinen RH:		85.0	%

### Laskennan tulokset

Kriittisen RH:n arvo alitettiin: 384 pv kuluttua simuloinnin alusta.  
Seuraavan työvaiheen aloituspäivä: 19. Aloitus yli vuoden päästä edellisestä työvaiheesta.



### LISÄTIETOJA



## by 2020 Betonin kuivumisaika-arvio

### Analyysi

Analyysityyppi: Kuivumisaika-arvio

### Rakenne

Rakennetyyppi: Alapohja, maanvastainen

Rakennekerrokset: Paikallavalu

Pintamateriaali:

Mattoliiman kosteuslisä:

Tasoite: Ei tasoitetta 0.0 mm

Pintavalu:

MV-laatta: C25/30, 0.75 (v/s) 100.0 mm

Eriste: EPS 60s 200.0 mm

### Olosuhteet ja aikataulut

Kaupunki: Helsinki-Vantaa

Aloituspäivä (Rakennevalu): 1. Tammikuu

Työaikainen kastuminen: on Kastumisjakso alkaa 3 pv

Kastumisjakso päättyy 30 pv

Kuivatusjakso: Kuivatusjakso alkaa 90 pv

Kuivatusolosuhde: Lämpötila 18.0 °C

RH 60.0 %

Rakennebetonin valu: 0 pv

Pintabetonin valu:

Tasoitteen asennus: pv

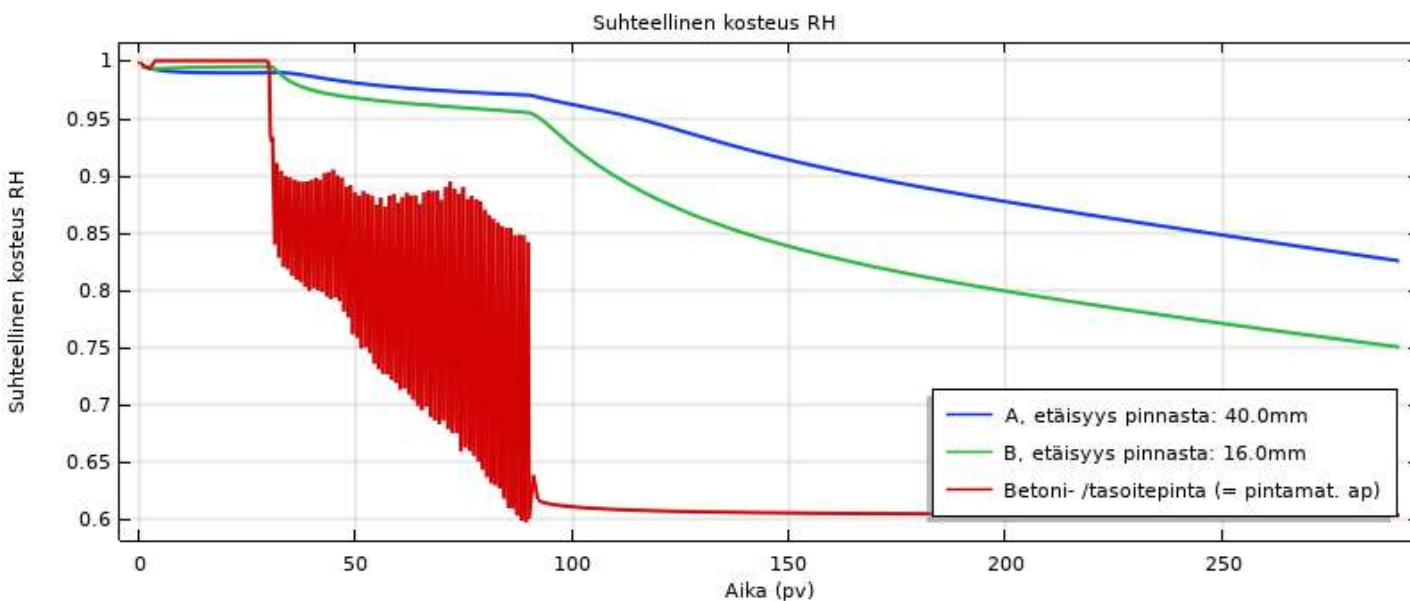
Laskenta-aika: 365 pv

Kriittinen RH: 85.0 %

### Laskennan tulokset

Kriittisen RH:n arvo alitettiin: 291 pv kuluttua simuloinnin alusta.

Seuraavan työvaiheen aloituspäivä: 19. Lokakuu



### LISÄTIETOJA

Simulaation suoritti:

Apr 26, 2024



## by 2020 Betonin kuivumisaika-arvio

### Analyysi

Analyysityyppi: Kuivumisaika-arvio

### Rakenne

Rakennetyyppi: Alapohja, maanvastainen

Rakennekerrokset: Paikallavalu

Pintamateriaali:

Mattoliiman kosteuslisä:

Tasoite: Ei tasoitetta 0.0 mm

Pintavalu:

MV-laatta: C25/30, 0.75 (v/s) 100.0 mm

Eriste: PIR AL 200.0 mm

### Olosuhteet ja aikataulut

Kaupunki: Helsinki-Vantaa

Aloituspäivä (Rakennevalu): 1. Tammikuu

Työaikainen kastuminen: on Kastumisjakso alkaa 3 pv

Kastumisjakso päättyy 30 pv

Kuivatusjakso: Kuivatusjakso alkaa 90 pv

Kuivatusolosuhde: Lämpötila 18.0 °C

RH 60.0 %

Rakennebetonin valu: 0 pv

Pintabetonin valu:

Tasoitteen asennus: pv

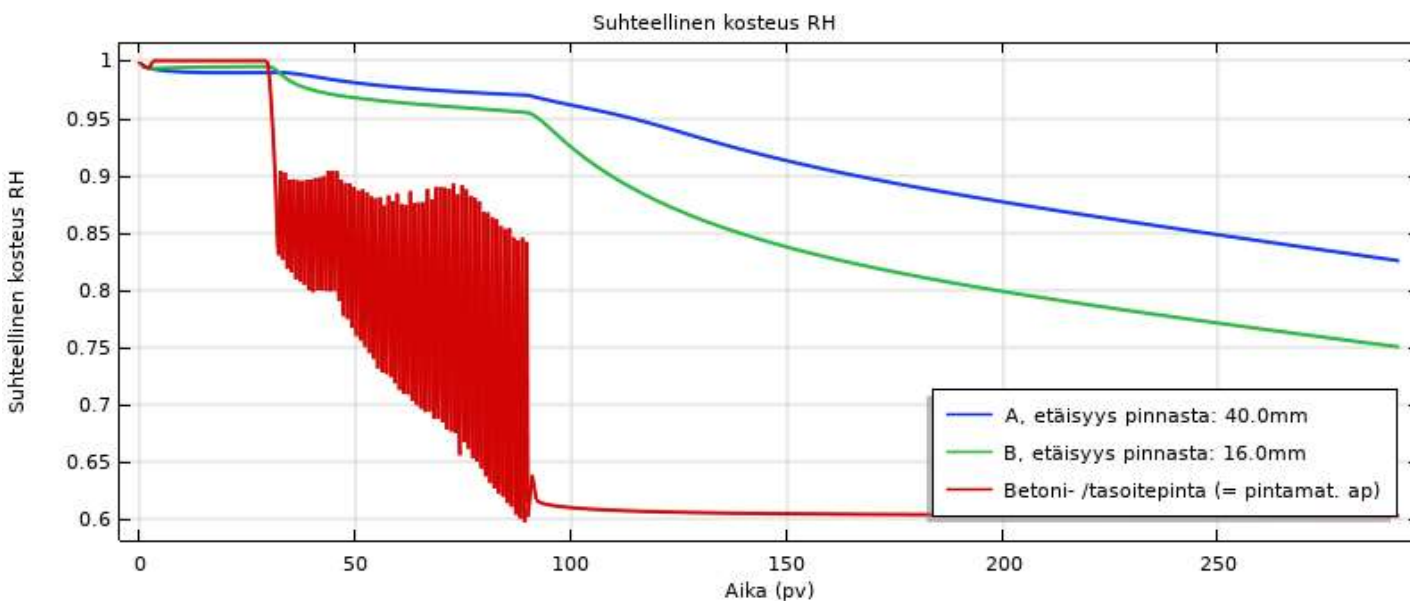
Laskenta-aika: 365 pv

Kriittinen RH: 85.0 %

### Laskennan tulokset

Kriittisen RH:n arvo alitettiin: 292 pv kuluttua simuloinnin alusta.

Seuraavan työvaiheen aloituspäivä: 20. Lokakuu



### LISÄTIETOJA

Simulaation suoritti:

Apr 26, 2024



## by 2020 Betonin kuivumisaika-arvio

### Analyysi

Analyysityyppi: Kuivumisaika-arvio

### Rakenne

Rakennetyyppi: Alapohja, maanvastainen

Rakennekerrokset: Paikallavalu

Pintamateriaali:

Mattoliiman kosteuslisä:

Tasoite: Ei tasoitetta 0.0 mm

Pintavalu:

MV-laatta: C25/30, 0.75 (v/s) 120.0 mm

Eriste: EPS 60s 200.0 mm

### Olosuhteet ja aikataulut

Kaupunki: Helsinki-Vantaa

Aloituspäivä (Rakennevalu): 1. Tammikuu

Työaikainen kastuminen: on Kastumisjakso alkaa 3 pv

Kastumisjakso päättyy 30 pv

Kuivatusjakso: Kuivatusjakso alkaa 90 pv

Kuivatusolosuhde: Lämpötila 18.0 °C

RH 60.0 %

Rakennebetonin valu: 0 pv

Pintabetonin valu:

Tasoitteen asennus: pv

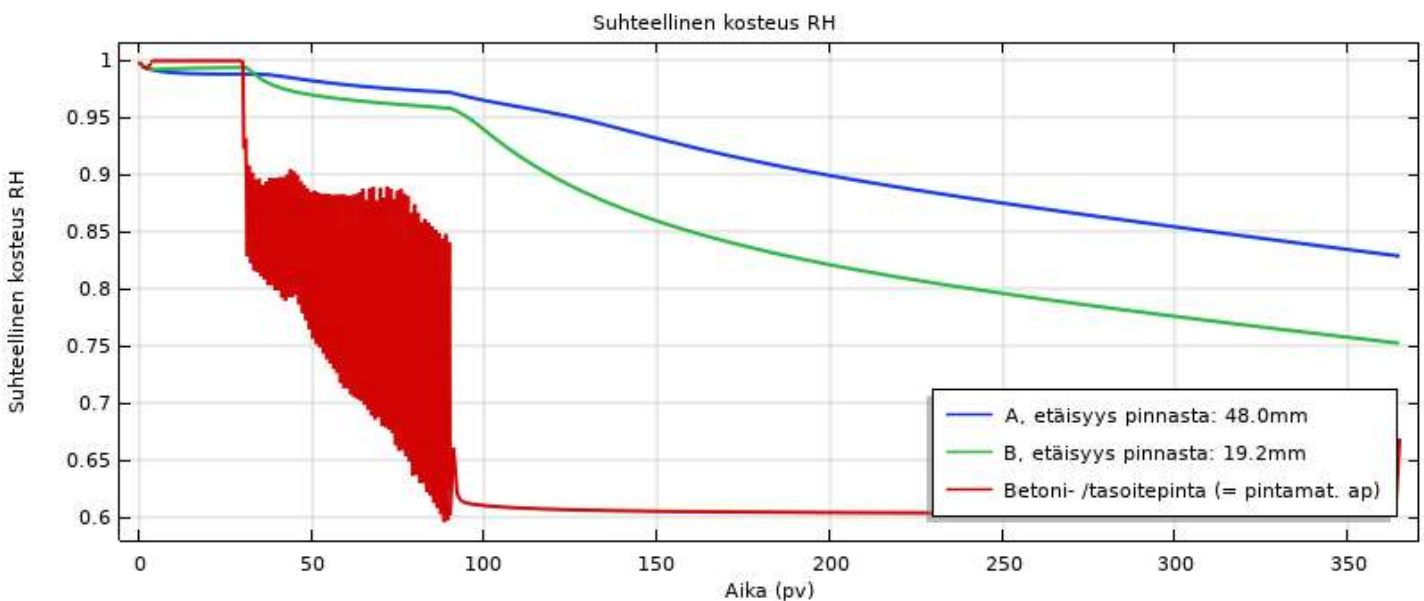
Laskenta-aika: 365 pv

Kriittinen RH: 85.0 %

### Laskennan tulokset

Kriittisen RH:n arvo alitettiin: -

Seuraavan työvaiheen aloituspäivä: Asetettuja kosteusrajoja ei saavutettu simulaatioajan aikana.



### LISÄTIETOJA

Simulaation suoritti:

Apr 26, 2024



## by 2020 Betonin kuivumisaika-arvio

### Analyysi

Analyysityyppi: Kuivumisaika-arvio

### Rakenne

Rakennetyyppi: Alapohja, maanvastainen

Rakennekerrokset: Paikallavalu

Pintamateriaali:

Mattoliiman kosteuslisä:

Tasoite: Ei tasoitetta 0.0 mm

Pintavalu:

MV-laatta: C25/30, 0.70 (v/s) 100.0 mm

Eriste: EPS 60s 200.0 mm

### Olosuhteet ja aikataulut

Kaupunki: Helsinki-Vantaa

Aloituspäivä (Rakennevalu): 1. Tammikuu

Työaikainen kastuminen: on Kastumisjakso alkaa 3 pv

Kastumisjakso päättyy 30 pv

Kuivatusjakso: Kuivatusjakso alkaa 90 pv

Kuivatusolosuhde: Lämpötila 18.0 °C

RH 60.0 %

Rakennebetonin valu: 0 pv

Pintabetonin valu:

Tasoitteen asennus: pv

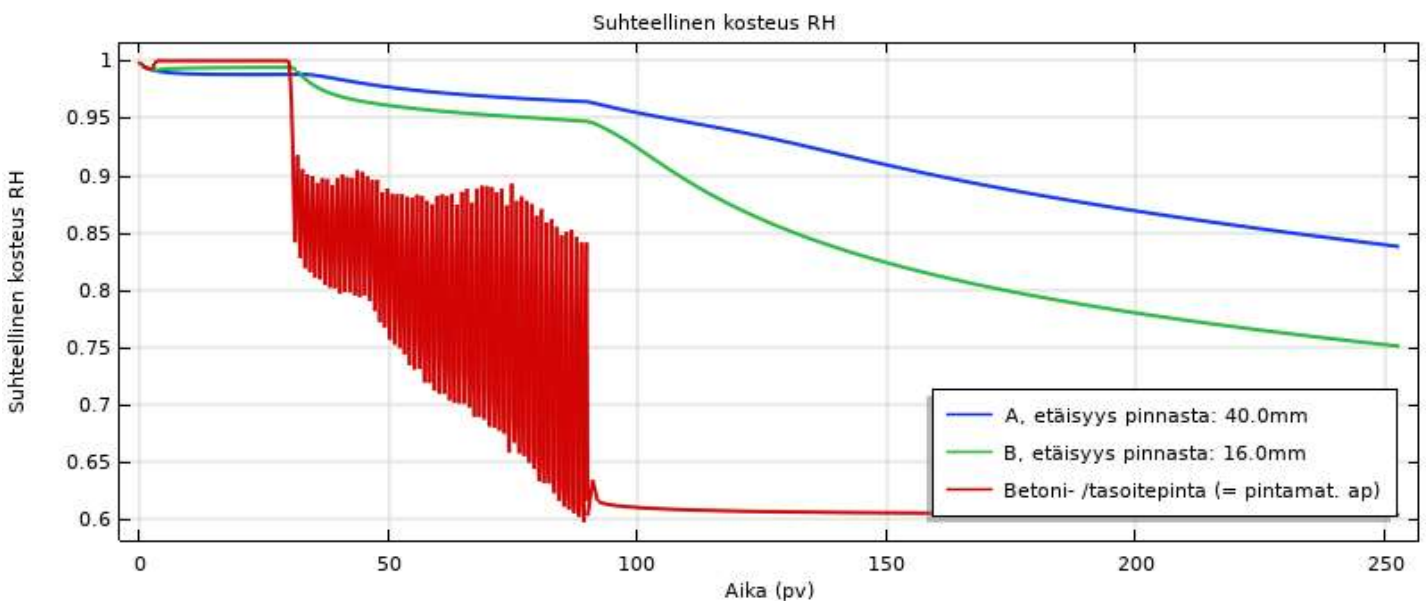
Laskenta-aika: 365 pv

Kriittinen RH: 85.0 %

### Laskennan tulokset

Kriittisen RH:n arvo alitettiin: 253 pv kuluttua simuloinnin alusta.

Seuraavan työvaiheen aloituspäivä: 11. Syyskuu



### LISÄTIETOJA