

# ePOOKI

OULUN AMMATTIKORKEAKOULUN TUTKIMUS- JA KEHITYSTYÖN JULKAISUT ISSN 1798-2022

ePooki 23/2021

## Betonin kuivumisajan arviointi oppilaitosyhteistyönä

Vipuvoimaa  
EU:lta  
2014–2020

Alitalo Sanna, Illikainen Kimmo, Mikkonen Jouni,  
Parkkila Raimo, Saarikoski Ville  
19.3.2021 ::



**Betonirakenteiden riittävä kuivuminen ennen pinnoitustöitä puhuttaa rakennuspiireissä todennäköisesti niin kauan kuin perinteistä betonia käytetään. Betonirakenteen todellinen kosteus saadaan selville vain mittaamalla, mutta työmaan aikataulusvaiheessa tulee betonin kuivumisaika pystyä määrittämään mahdollisimman tarkasti.**

Oulun rakentamisen malli -hankkeessa ovat mukana rakentamiseen liittyvät koulutusalat kolmesta oppilaitoksesta: Koulutuskuntayhtymä OSAO, Oulun ammattikorkeakoulu (Oamk) ja Oulun yliopisto. Hankkeella halutaan tehostaa tutkintojen suorittamista tuomalla lisää konkreettisia ja monipuolisia työelämätilanteita ja -ympäristöjä opiskelun eri vaiheisiin. OSAOn työmailla on lehtori **Raimo Parkkilan** johdolla asennettu lattian betonivaluihin mittaustureita, joilla on saatu mitattua jatkuvaa lämpötilaa ja suhteellista kosteutta alapohjarakenteen betonista halutulta syvyydeltä. Oamkin rakennusinsinööriopiskelijat laskivat valettujen laattojen teoreettisia kuivumisaikoja ja vertasivat eri menetelmien tuloksia OSAOn mittaustuloksiin. Opiskelijoiden tehtävänä oli kirjoittaa tuloksistaan artikkeli. Tämä julkaisu syntyi opiskelijoiden **Jouni Mikkonen** ja **Ville Saarikoski** kirjoituksen pohjalta.

Betonin riittävästä kuivumisesta ennen pinnoittamista vastaa pääurakoitsija. Kohteen aikataulu laaditaan hitaimmin kuivuvan betonirakenteen kuivumisaikataulun mukaan, koska yleensä se rajoittaa muuta rakentamista. Betonin kuivumista mitataan suhteellisen kosteuden avulla. Betonialustan suhteellisen kosteuden maksimi-arvoja eri pinnoitemateriaaleille määrittelevät esimerkiksi SisäRYL 2013 (Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset – talonrakennuksen sisätyöt) sekä Betonilattioiden kosteudenhallinta ja päällystäminen - julkaisu vuodelta 2007. Materiaalivalmistajat määrittelevät lisäksi omille tuotteille pinnoitettavuuden raja-arvot.

### Betonin lämpötilan vaikutus kuivumiseen

Betonilaatan kuivumisen nopeuttamiseksi helpoimpia tapoja on nostaa kuivuvan laatan lämpötilaa. Lämpötilan kohotessa vesihöyryn osapaine betonin sisällä kasvaa, mikä nopeuttaa vesihöyryn siirtymistä betonin sisältä ulkoilmaan. Laatan lämmittäminen voidaan toteuttaa kohteeseen tulevan lattialämmityksen avulla tai ennen valua raudoituksiin asennettavilla lämmityskaapeleilla.

### Ympäröivän ilman vaikutus kuivumiseen

Betonin kuivumisolosuhteilla on merkittävät vaikutukset betonin kuivumiseen. Siksi ne pyritään luomaan työmaalla kuivumiselle optimaalisiksi. Kuivumisolosuhteet vaikuttavat siihen, kuinka nopeasti ympäröivä ilma pystyy vastaanottamaan ja sitomaan betonista kuivumisprosessin aikana haihtuvaa kosteutta. Rakennetta ympäröivässä ilmassa huomiota pitää kiinnittää erityisesti lämpötilaan ja suhteelliseen kosteuspitoisuuteen. Näitä tulee tarkkailla koko rakenteen kuivumisen ajan.

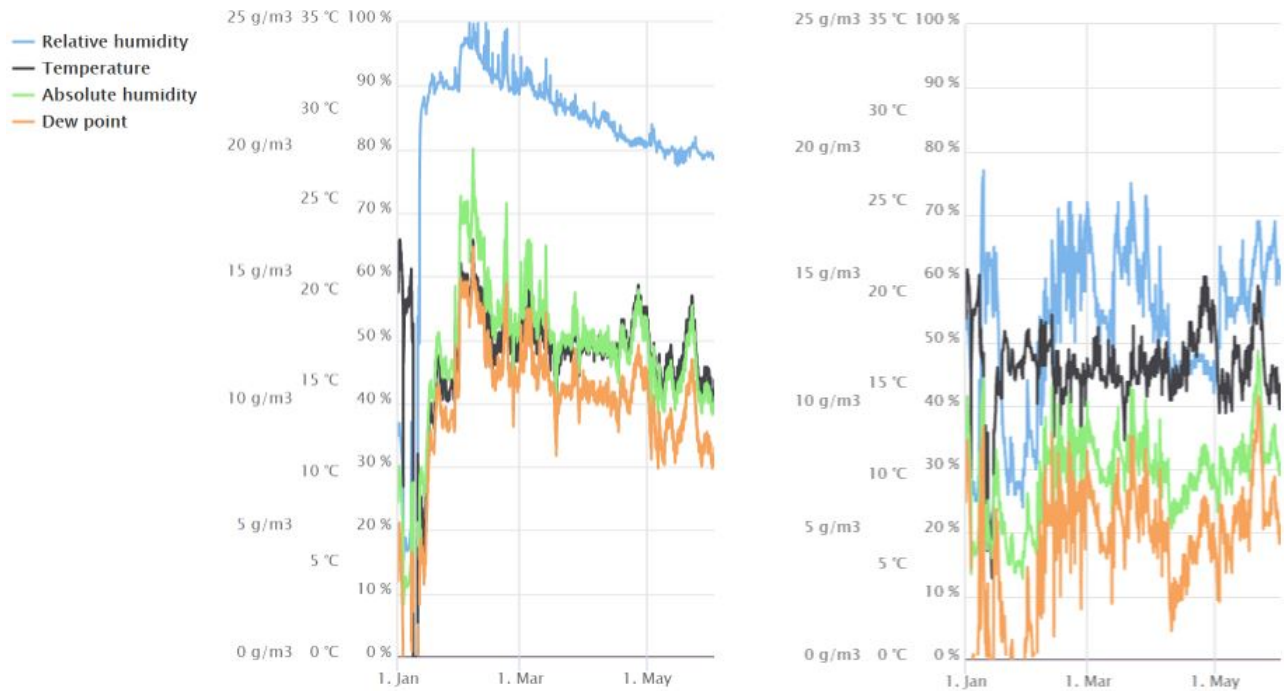
Kuivumisolosuhteisiin joudutaan kiinnittämään erityistä huomiota etenkin kesäisin ja alkusyksyisin, jolloin ilman kosteuspitoisuudet ja lämpötila ovat usein korkealla. Käytännössä mitä alhaisemmaksi ilman suhteellinen kosteus saadaan, sitä enemmän se pystyy vastaanottamaan betonista haihtuvaa kosteutta. Ilman suhteellista kosteutta pystytään pienentämään koneellisella ilmankuivaimella. Myös ympäröivän ilman lämpötilan nostamisella saadaan pienennettyä suhteellista kosteutta, jolloin ympäröivä ilma pystyy vastaanottamaan enemmän betonista haihtuvaa kosteutta. Ilma lämmitetään säteilylämmittimellä tai lämmityspuhaltimella.

## Todellinen, mitattu kuivumisaika

OSAOn työmaalla 100 mm paksut betonilaatat valettiin C25/30#16 S3 betonista ( $v/s=0,66$ ). Lämpötilan ja suhteellisen kosteuden mittausanturit asennettiin betonilaattaan 40 mm mittaussyvyyyteen. Tätä tutkimusta varten antureita sijoitettiin neljän eri kohteen betonilaattaan. Lisäksi asennettiin lämpötilan ja suhteellisen kosteuden mittausanturit ympäröivään huoneilmaan, jotta voidaan todentaa ympäristön olosuhteiden vaikutusta betonin kuivumiseen. (Kuva 1.) Mittaustulokset (laatta kaksi) ovat nähtävissä kuviossa 1.



KUVA 1. Mittausanturit betonilaatassa OSAOn rakennuskohteessa (kuva: Sanna Alitalo)



KUVIOT 1 JA 2. Vasemmalla on betonilaatan kaksi mittaustulokset ja oikealla on mittaustulokset laattaa ympäröivälle ilmalle

Kuvion 2 mittaustuloksissa esitetty betonilaatta on valettu 11.11. Lattialämmitys on kytketty päälle tammikuun puolessa välissä. Tästä hetkestä eteenpäin betonin suhteellisen kosteus (vaaleansininen kuvaaja) laskee. Suhteellisen kosteuden arvo 85 % saavutetaan 10 viikkoa lattialämmityksen kytkemisen jälkeen. Vastaavasti arvoon 80 % päästään 14 viikkoa lattialämmityksen kytkemisen jälkeen. Kuvioiden 1 ja 2 sisäilman lämpötila ei ole stabiili työmaaolosuhteista johtuen, ja siksi myöskin suhteellinen kosteus sisäilmassa vaihtelee. Laskennassa sisäilman lämpötila ja suhteellinen kosteus keskiarvoistettiin lukuihin 18 °C ja 50 %.

## Laatan laskennallinen kuivumisaika mitatuissa olosuhteissa

Betonin kuivumista arvioitiin laskennallisesti kahdella tavalla. Merikallion laskentamenetelmässä [\[1\]](#) kuivumisaika voidaan laskea käsin. Siinä betonilaatalle asetettu tavoitekosteus määrittelee laatalle niin sanotun peruskuivumisajan ja lopullinen kuivumisaika-arvio saadaan painottamalla peruskuivumisaikaa erilaisilla lähtötiedoista ja kuivumisolosuhteista tulevilla kertoimilla. Esimerkiksi laatan kaksi tapauksessa

$$17 \text{ viikkoa} \cdot 0,85 \cdot 1,65 \cdot 1,1 \cdot 0,85 \cdot 0,9 = 20 \text{ viikkoa}$$

Toisena laskentamallina käytettiin betoniyhdistyksen luomaa betonin kuivumisaikaa arvioivaa ohjelmaa by 2020 [\[2\]](#). Laskennan lähtötietoina käytettiin seuraavia: paikkakunta Oulu, valuaika marraskuu, lämmitys kytkettiin kaksi kuukautta valusta, lattiabetoni C25/30 vs 0,55, alapohjan eristeinä 200 mm EPS. Näillä kahdella menetelmällä laskettiin kuivumisaika kaikille neljälle mittauksissa mukana olleelle betonilaatalle. Taulukossa 1 on verrattu laskettuja kuivumisaikoja mittausten mukaisesti todellisiin, mitattuihin kuivumisaikoihin.

TAULUKKO 1. Lasketut ja mitatut betonin kuivumisajat neljän eri kohteen betonilaatalle

Kohde	Laatta 1	Laatta 2	Laatta 3	Laatta 4
<b>Betonin lämpötila [C]</b>	21	20–21	21	17
<b>Ilman lämpötila [C]</b>	19	18	17	16
<b>Ilman suhteellinen kosteus [%]</b>	45	50	55	55
<b>Lattialämmitys [vko valusta]</b>	4	8	8	4

<b>Todellinen kuivumisaika [vko, 85 %]</b>	12	19	20	18
<b>Merikallio [vko, 85 %]</b>	19	20	21	21
<b>by 2020 [vko, 85 %]</b>	13	17	20	19

Laatan yksi kuivumisolosuhteet olivat lähes ihanteelliset, mikä näkyy nopeana kuivumisaikana. Laatan kaksi kuivumisolosuhteet olivat myös hyvät, joskin hieman laattaa yksi huonommat. Kuivumisolosuhteiden ja lattialämmityksen kytkemisajankohdasta johtuvat erot näkyvät laattojen yksi ja kaksi kuivumisaikaerona (12 vs 19 viikkoa). Laatan kolme kuivumisaika poikkeaa laatasta kaksi vain viikon verran hieman korkeamman suhteellisen kosteuden takia. Vaikka laatan neljä kuivumisolosuhteet ovat huonommat kuin laatan kolme, se kuivui nopeammin, koska laatan neljä lattialämmitys kytkettiin kuukauden kuluttua valusta.

by 2020 -ohjelma näyttää laskevan kuivumisajaksi todellisuutta melko hyvin vastaavia arvoja. Poikkeavuudet jäävät alle viikon suuruisiksi laattaa 2 lukuun ottamatta. by 2020 -ohjelman perusteella betonilaadulla on suurin vaikutus betonin kuivumisaikaan, mikä ei näy laskemissamme tuloksissa, koska kaikki laatat valettiin ja laskettiin samanlaisella betonilla. Betonin lämpötilan ja ympäröivän ilman suhteellisen kosteuden vaikutukset olivat myös merkittäviä, kuten aiemmin on jo todettu. Tämä näkyy kaikkien laattojen laskennallisissa ja mitatuissa tuloksissa. Sen sijaan paikkakunnalla ei ollut vaikutusta kuivumisaikaan, sillä sekä Oulussa että Helsingissä saatiin ainakin talviaikaan sama kuivumisaika.

Merikallion laskentamallin kuivumisajoissa näkyy sama suuntaus kuivumisolosuhteiden vaikutuksesta betonin kuivumiseen kuin by 2020 -ohjelmalla ja todellisissa kuivumisajoissa. Merikallion malli antaa kaikissa tutkittavana olleissa kohteissa pidemmät kuivumisajat kuin mittaukset ja by 2020 -ohjelma. Suurin poikkeama mitattuihin ja by 2020 -ohjelmalla laskettuihin arvoihin tulee Merikallion mallilla laatalle yksi. Tämä johtuu siitä, että Merikallion malli ei huomioi kertoimissaan lattialämmityksen kytkemisajankohtaa.

## Johtopäätökset

Oppilaitosyhteistyönä tutkittiin betonin kuivumista sekä mittaamalla että kahdella eri mallilla laskemalla. Kun betonin laatu ja kuivumisolosuhteet ovat tiedossa, saadaan laskentamalleilla melko hyvin todellisia, mitattuja arvoja vastaavat kuivumisajat. On kuitenkin hyvä muistaa ja tiedostaa, että kaikki kuivumiseen liittyvät arviot ja laskelmat ovat suuntaa antavia, koska kuivumisolosuhteet vaihtelevat työmaalla aina jonkin verran ja laskenta-arvioissa taas käytetään vakioarvoja. Tämä tarkoittaa sitä, että betonin pinnoittamispäätöksiä ei voida koskaan tehdä minkään laskelman tai ennusteen perusteella vaan lopullinen varmuus betonin kuivumisesta saadaan vain mittaamalla.

## Lähteet

1. [Merikallio, T. 2002. Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi. Helsinki. Suomen Rakennusmedia Oy.](#)
2. [Betoniyhdistys. 2020. Betoniohjelmat. by 2020 betonin kuivumisaika-arvio ohjelmisto. Hakupäivä 27.1.2021. <https://www.betoniyhdistys.fi/julkaisut/betoniohjelmat.html>](#)

## Metatiedot

**Nimeke:** Betonin kuivumisajan arviointi oppilaitosyhteistyönä

**Tekijä:** Alitalo Sanna; Illikainen Kimmo; Mikkonen Jouni; Parkkila Raimo; Saarikoski Ville

**Aihe, asiasanat:** betoni, betonirakenteet, kosteus, kuivuminen, mittaus

**Tiivistelmä:** Oulun rakentamisen malli -hankkeessa ovat mukana rakentamiseen liittyvät koulutusalat kolmesta oppilaitoksesta: Koulutus kuntayhtymä OSAO, Oulun ammattikorkeakoulu ja Oulun yliopisto. Hankkeella halutaan tehostaa tutkintojen suorittamista tuomalla lisää konkreettisia ja monipuolisia työelämätilanteita ja -ympäristöjä opiskelun eri vaiheisiin.

OSAO:n työmailla on lehtori Raimo Parkkilan johdolla asennettu lattian betonivaluihin mittausantureita, joilla on saatu mitattua jatkuvaa lämpötilaa ja suhteellista kosteutta alapohjarakenteen betonista halutulta syvyydeltä. Oulun ammattikorkeakoulun rakennusinsinööriopiskelijat laskivat valettujen laattojen teoreettisia kuivumisaikoja ja vertasivat eri menetelmien tuloksia OSAO:n mittaustuloksiin.

Betonin kuivumiseen vaikuttavat erityisesti betonin laatu, betonin lämpötila, betonia ympäröivän ilman lämpötila ja suhteellinen kosteus. Rakennuskohteen aikataulu laaditaan hitaimmin kuivuvan betonirakenteen kuivumisaikataulun mukaan, koska yleensä se rajoittaa muuta rakentamista. Aikataulun toimivuuden pohjaksi tulisi olla hyvällä tarkkuudella toimivia betonin kuivumisajan määrittämenetelmiä.

Tutkimuksessa verrattiin mitattuja kuivumisaikoja kahdella eri laskentamenetelmällä saatuihin kuivumisaikoihin. Molemmat käytetyt laskennalliset mallit osoittautuivat toimiviksi tietyin erityispiirtein huomioituina. Kuivumiseen liittyvät arviot ja laskelmat ovat aina suuntaa antavia, koska työmaan kuivumisolosuhteet vaihtelevat. Todellinen varmuus betonin kuivumisesta saadaan vain mittaamalla.

**Julkaisija:** Oulun ammattikorkeakoulu, Oamk

**Aikamääre:** Julkaistu 2021-03-19

**Pysyvä osoite:** <http://urn.fi/urn:nbn:fi-fe202102255964>

**Kieli:** suomi

**Suhde:** <http://urn.fi/URN:ISSN:1798-2022>, ePooki - Oulun ammattikorkeakoulun tutkimus- ja kehitystyön julkaisut

**Oikeudet:** CC BY-NC-ND 4.0

**Näin viittaat tähän julkaisuun**

Alitalo, S., Illikainen, K., Mikkonen, J., Parkkila, R. & Saarikoski, V. 2021. Betonin kuivumisajan arviointi oppilaitosyhteistyönä. ePooki. Oulun ammattikorkeakoulun tutkimus- ja kehitystyön julkaisut 23. Hakupäivä xx.xx.xxxx. <http://urn.fi/urn:nbn:fi-fe202102255964>.