



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Atte Kuosa

Maakostealla toteutettavan kaatolattian kuivumisen optimointi

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

Insinöörityö

5.5.2022

Tiivistelmä

Tekijä: Atte Kuosa
Otsikko: Maakostealla toteutettavan kaatolattian kuivumisen optimointi
Sivumäärä: 39 sivua
Aika: 5.5.2022

Tutkinto: Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma: Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Ammatillinen pääaine: Projektinhallinta
Ohjaajat: Lehtori Juha Virtanen
Projektipäällikkö Miikkael Soukka

Tämä opinnäytetyö tehtiin kohdeyrityksen, eli T2H:n pyynnöstä. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää optimaalinen tapa maakostealla toteutettavan kaatolattiavalun toteutukselle ja kuivumiselle kuivumisaikaa ja kustannuksia tarkastellen. Työssä käytiin läpi kuinka maakostealla betonilla toteutettu lattiavalu saavuttaa optimaalisen kuivumisaikansa, mitkä tekijät kuivumiseen vaikuttavat ja miten näitä tekijöitä voidaan hallita.

Työssä tutustuttiin kirjallisuuslähteisiin aiheesta, haastateltiin asiasta kokemusta omaavia henkilöitä ja tutustuttiin entisten ja nykyisten työmaiden toimintatapoihin ja niillä saatuihin tuloksiin. Näiden pohjalta laadittiin kirjallinen työ, jossa avataan olennaiset tekijät, joilla maakostealle betonilla toteutetun lattiavalun kuivumisesta voidaan optimoida.

Työn tuloksen on tarkoitus toimia apuvälineenä, jolla kohdeyrityksen on mahdollista pyrkiä yhtenäistämään toimintamallejaan eri työmaiden välillä ja näin vähentää eroavaisuuksia lattiavalujen kuivumisajoissa ja aiheutuissa kustannuksissa.

Avainsanat: maakosteaa betoni, kuivumisaika, betonilattia, lattiavalu

Abstract

Author: Atte Kuosa
Title: Optimization of Drying in Concrete Floor made from Zero-Slump Concrete
Number of Pages: 39 pages
Date: 5 May 2022

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Civil Engineering
Professional Major: Project Management for Construction
Supervisors: Juha Virtanen, Senior Lecturer
Miikkael Soukka, Project Manager

The thesis was commissioned by T2H Vantaa Oy. The purpose was to find the optimal way to do concrete floor from zero-slump concrete and get the floor dry observing drying time and expenses. The thesis examines how to achieve the optimal drying time and which factors affect that and how these factors can be controlled.

Source literature was studied, interviews were conducted with professionals and the reference projects of the company were examined. On the basis of the compiled information, a thesis was written to explain essential factors that can be used to optimize the drying of the concrete floor.

The thesis is supposed to work as a tool for the commissioning company to unite operation models between different worksites and to reduce differences in drying times and expenses.

Keywords: Zero-slump concrete, drying time, concrete floor, floor casting

Sisällys

1	Johdanto	1
1.1	Työn tavoite ja rajaus	1
1.2	Tutkimusongelma	1
1.3	Tutkimusmenetelmät	1
2	Käsiteltävän rakenne ja sen tyypillinen toteutus	3
2.1	Tyypillinen rakenne kokonaisuutena	3
2.2	Rakenteen tyypillinen toteutus	4
2.2.1	Ennen työvaiheen alkua	4
2.2.2	Putkityöt	4
2.2.3	Lattialämmitys	4
2.2.4	Kaatolattiavalu	5
2.2.5	Valmis valu	5
2.2.6	Pinnoitus	6
3	Maakostea betoni	7
3.1	Raaka-aineet	7
3.2	Valmistus	7
3.3	Työstäminen	8
3.4	Käyttökohteet	9
3.5	Ominaisuuksia	9
3.5.1	Maakosteiden betonien erot	10
3.6	Laadunvalvonta	11
3.7	Maakostean kustannukset	11
4	Maakostealla toteutetun kaatovalun tehokas kuivuminen teoriassa	13
4.1	Ennen valua tehtävät toimenpiteet	13
4.2	Valun aikaiset toimenpiteet	14
4.3	Valun jälkeiset toimenpiteet	15
4.3.1	Betonivalun kuivuminen yleisesti	15
4.3.2	Olosuhteista huolehtiminen	17
4.3.3	Kuivumisen tehostaminen tarvittaessa	19
4.4	Optimaaliset kuivumisajat	21
5	Referenssikohteet	22

5.1	Onnistumisia	22
5.1.1	Saavutetut tulokset	22
5.1.2	Mistä johtunut?	22
5.1.3	Paljonko vaikuttanut aikaan ja kustannuksiin?	23
5.2	Epäonnistumisia	23
5.2.1	Millainen tulos?	23
5.2.2	Mistä johtunut?	24
5.2.3	Miten olisi voitu välttää?	24
5.2.4	Paljonko vaikutti aikaan ja kustannuksiin?	24
6	Kuivattamisen tehostaminen	26
6.1	Tarvittavat toimenpiteet eri vuoden aikoina	26
6.1.1	Lämpimät kuukaudet	26
6.1.2	Kylmät kuukaudet	27
6.2	Rakennuksen tiiveyden parantaminen työmaa-aikana	27
6.3	Laitteet ja niiden kustannukset	28
6.3.1	Lämmityslaitteet	28
6.3.2	Tuuletuslaitteet	31
6.3.3	Kuivatuslaitteet	32
6.4	Laitteilla saatavan aikasäästön hinta?	34
7	Johtopäätökset	35
8	Yhteenveto	37
	Lähteet	38

1 Johdanto

1.1 Työn tavoite ja rajaus

T2H on perustajaurakoitsija, joka rakentaa pääasiassa rivi- ja kerrostaloja niin Uudella- maalla kuin Pirkanmaankin alueella. T2H on ollut toiminnassa hieman yli 11 vuotta, jonka aikana sen toiminta on kasvanut huomattavasti. T2H:n kohteissa toistuu samanlaiset rakenteet ja suunnitteluratkaisut, joten jokaiseen rakenneosaan ja rakennusvaiheeseen on syytä perehtyä toiminnan tehostamiseksi, sillä tästä hyötyy poikkeuksetta yrityksen jokainen tuleva työmaa.

Tämän työn tavoitteena on selvittää T2H:lla yleisesti käytössä olevan rakenteen, eli maakostealla toteutettavan kylpyhuoneen kaatolattiavalun optimaalisin tapa toteutuksella ja kuivattamiselle kuivumisaikaa ja aiheutuneita kustannuksia tarkastellen.

1.2 Tutkimusongelma

Tällä hetkellä T2H:n kaatolattiavaluja suorittaa useita eri urakoitsijoita, joilla on hieman toisistaan poikkeavia toteutusmenetelmiä. Näin ollen lähtökohdat lattioiden kuivumiselle ovat toisistaan poikkeavia jo työvaiheen alusta alkaen. Samaten työmaiden kesken on eroja siinä, kuinka valujen kuivumista edesautetaan prosessin eri vaiheissa, josta aiheutuu toisistaan välillä huomattavastikin poikkeavia kuivumisaikoja.

Onkin siis syytä tarkastella prosessin eri vaiheita ja osapuolia, sekä heidän toimiaan ja pyrkiä laatimaan koko prosessin kattava selvitys siitä, kuinka lattiavalu tulisi toteuttaa ja etenkin, kuinka sitä tulisi kuivattaa ja millaisiin asioihin tulisi kiinnittää huomiota, jotta kuivumisaika saataisiin optimaaliseksi kuitenkin aiheuttamatta saavutettuun aika- hyötyyn verrattuna kohtuuttomia kustannuksia.

1.3 Tutkimusmenetelmät

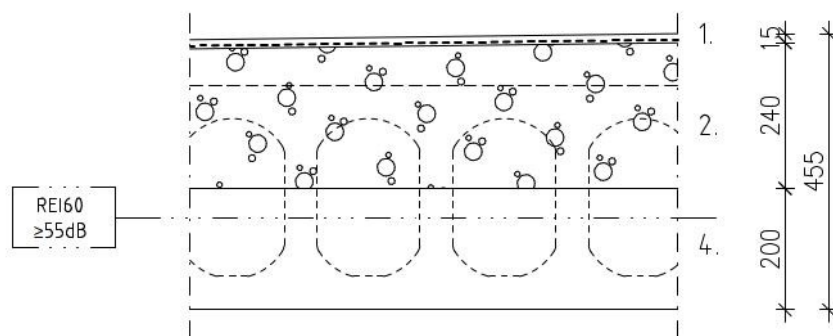
Työ toteutetaan pääasiassa perehtymälle aiheesta löytyvään kirjallisuuteen, haastattelemalla niin kohdeyrityksen kuin valuja suorittavien yritysten edustajia sekä selvittämällä

aikaisempien kohteiden onnistumisia ja epäonnistumisia asian suhteen. Työn aikana seurataan myös Tuusulassa sijaitsevan kohdetyömaan töiden etenemistä ja käytössä olevia toimintamalleja.

2 Käsiteltävän rakenne ja sen tyypillinen toteutus

2.1 Tyypillinen rakenne kokonaisuutena

Tyypillisesti T2H:lla käytössä oleva kylpyhuoneen lattiarakenne koostuu kolotun taikka ohennetun ontelolaatan päälle maakostealle betonilla toteutetusta kaatovalusta, sekä valun sisään asennettavista taloteknisistä osista, joita ovat esimerkiksi viemäröinnit ja lattialämmitys.



Pintamateriaali huoneselostuksen mukaan

- | | | |
|----|-----------|-------------------------------------|
| 1. | 15 mm | Pintamateriaalivaraus + Vedeneriste |
| 2. | 240mm | Kallistusvalu |
| 3. | 200/370mm | Ontelolaatta E037 |

Kuva 1. Tyypillisen lattiarakenteen rakennekuva [1]

Kuten rakennekuvastakin voidaan havaita, koostuu lattiavalu kokonaisuudessaan maakosteasta betonista, eikä sitä kevennetä esimerkiksi vaahtolasimurskalla tai leca-pa-
vuilla. Tämän seurauksena valusta tulee kohtalaisen paksu, noin 200-250 mm paksu. Näin ollen myös sen kuivuminen on hitaampaa, joten siihen on syytä kiinnittää enemmän huomiota, jotta vältetään liian hitaan kuivumisen aiheuttamilta ongelmilta.

2.2 Rakenteen tyypillinen toteutus

2.2.1 Ennen työvaiheen alkua

Ennen työvaiheen alkua tulee huolehtia, että ontelolaattojen syvennykset on puhdistettu kunnolla irtoliasta ja tyhjennetty vedestä, jotta putkitöitä voidaan aloittaa. Samalla on myös syytä tarkistaa, että tekniikkahormeissa olevat viemäreiden liitoskohdat ovat täysin näkyvillä ja tarvittaessa piikata ne näkyviin.

Ennen työvaihetta tulee myös tarkistaa suunnitelmat huolellisesti ja käydä kunkin työvaiheen toteutus läpi työtä suorittavien urakoitsijoiden kanssa, jotta itse työsuoritus sujuisi mahdollisimman ongelmattomasti alusta loppuun.

2.2.2 Putkityöt

Ensimmäinen varsinainen työvaihe kylpyhuoneiden lattiarakenteen toteutuksessa on asunnon viemäreiden asennus. Tämän vaiheen aikana asennetaan kaikki asunnon viemäröinnit, jotka T2H:lla sijoittuvat tyypillisesti kylpyhuoneen lattiaan sekä sen välittömään läheisyyteen. Tämän työvaiheen aikana on tärkeää huolehtia, että putket tulevat oikeille paikoilleen ja että ne ovat kannakoitu riittävän tukevasti, jotteivat liitokset pääse myöhemmissä vaiheissa aukeamaan tai putket painumaan pois suunnitelluista kaa-doista.

2.2.3 Lattialämmitys

Putkitöiden valmistuttua kylpyhuoneiden kohdalle asennetaan rauditusverkko oikeaan korkeuteen hyödyntäen tarkoitukseen suunniteltuja välikkeitä. Verkolla ei ole tässä rakenteessa rakenteellista tarkoitusta, vaan sen ainoa tarkoitus on toimia kiinnitysalustana lattialämmitysputkille. Näin ollen verkon vahvuutta tai silmäkokoa ei ole määritelty sen tarkemmin. On kuitenkin havaittu toimivaksi ratkaisuksi käyttää kahdeksan millin vahvuista verkkoa, jolloin verkon päällä on mahdollista kulkea varovasti ilman verkon taipumista. Tämä helpottaa huomattavasti lattialämmitysputkien asennusta.

Verkkojen asennuksen jälkeen asennetaan lattialämmitysputket. Lattialämmitysputket kiinnitetään rauditusverkkoon rautalankoja avuksi käyttäen.



Kuva 2. Asunnon viemäröinnit, raudoitusverkko ja lattialämmityspotket asennettuna oikeaoppisesti. [2]

2.2.4 Kaatolattiavalu

Putkitöiden ja lattialämmityksen asennuksen jälkeen on vuorossa varsinainen kaatolattiavalu. Valun aikana valetaan koko lattian vahvuus yhdellä kertaa ja muotoillaan valun pintaan halutut kaadot, jottei myöhemmässä vaiheessa kaatoja tarvitse tehdä enää erillisillä tasoituksilla. Valu suoritetaan tyypillisesti kohteen koosta riippuen kahdessa tai useammassa erässä, esimerkiksi kaksi kerrosta kerrallaan tai tietty määrä asuntoja valukertaa kohden.

2.2.5 Valmis valu

Valmis valu on pinnaltaan yhtenäinen, sen kaadot suuntautuvat lattiakaivoille, reunat ovat siistit ja pinta sileä. Maakostealla toteutettava valu kuivuu kävelykuivaksi kohtalaisen nopeasti, mutta maakosteabetoni on materiaalina kohtalaisen haurasta, joten sitä on helppo työstää jatkossakin, mikäli valua on tarve viimeistellä jälkikäteen tai huomataan muita puutteita taikka virheitä.



Kuva 3. Valmis kaatolattiavalu on suorareunainen ja kaadot suuntautuvat lattiakaivolle.
[2]

2.2.6 Pinnoitus

Valun valmistuttua rakenteen tulee antaa kuivua, jotta se voidaan pinnoittaa. Tästä päättäänkin tämänkin työn osalta merkittävään asiaan eli rajaan, jolloin rakenne on niin kutsutusti pinnoituskuiva. Tässä tapauksessa kyseessä on siis vedeneristeen valmistajan antama kosteusprosentti, joka rakenteen tulee alittaa, jotta vedeneriste voidaan asentaa ja näin aloittaa laatoitustyöt. Tyypillisesti rajana toimii maksimissaan 90% RH, tämä raja on myös esimerkiksi Kiillon valmistamalla Kerafiber vedeneristeellä. [3.]

3 Maakostea betoni

Eurooppalainen normi jakaa käytettävät valmisbetonit kolmeen ryhmään, jotka ovat lujuusluokiteltu betoni, koostumuksen mukainen betoni ja standardikoostumusbetoni. Maakosteabetoni kuuluu näistä ryhmistä koostumuksen mukaisiin betoneihin. [4.]

3.1 Raaka-aineet

Niin kutsutun tavallisen betonin, eli märkäbetonin, tavoin maakostea betoni valmistetaan kiviaineksesta, sementistä ja vedestä. Maakosteassa betonissa vesi-sementtisuhte on kuitenkin valmistustavasta riippuen tyypillisesti alle 0,45, kun tavallisesti käytettävän betonin vesi-sementtisuhte on noin 0,6. Maakostean betonin valmistuksessa käytetään siis huomattavasti vähemmän vettä, jopa noin kolme kertaa vähemmän kuin tavallisen betonin valmistuksessa. [5.]

Talonrakennuksessa maakostean betonin kiviaines on tyypillisesti raekooltaan 0-8mm, näin valettavasta pinnasta saadaan erittäin tasainen ja jopa pinnoitusvalmis ilman pinnan hiontaa tai muuta jälkikäsittelyä.

Raaka-aineilla on suuri merkitys siihen, kuinka massa käyttäytyy ja kuinka hyvin se kuivuu. Bekason Oy:n edustaja Niko Grönthal esitteleekin haastattelussaan, että heidän käyttämänsä kiviaines tulee heidän omasta tuotannostaan, jossa kiviaines murskataan, vesipestään ja kuivataan. Näin voidaan varmistua käytettävän materiaalin laadusta ja ominaisuuksista. [6.]

3.2 Valmistus

Maakostea betoni valmistetaan sekoittamalla raaka-aineet keskenään sopivassa suhteessa, sekoitussuhde on valmistajakohtainen eivätkä valmistajat lähtökohtaisesti kerro omaa reseptiään yksityiskohtaisesti. Bekason Oy:n edustaja Niko Grönthal korostaakin haastattelussaan, että on erityisen tärkeää huomioida eri valmistajien massojen erilaisuus. Hänen mukaansa ei voida puhua yleisesti maakosteasta betonista, vaan tulisi puhua valmistajakohtaisista massoista. [6.]

Maakostean betonin seoksen valmistukseen käytetään kahta eri valmistus menetelmää, jotka ovat perinteinen käsin sekoittaminen ja nykyaikaisempi liikuteltava pumppaus- asema. Perinteisessä menetelmässä ainesosat annostellaan manuaalisesti käsin ja li- sätään ne pumppuun, joka sekoittaa ne keskenään. Tällä valmistus menetelmällä maa- kostean betonin valmistus on hieman edullisempaa, mutta lopputuotteen tasalaatuisuus kärsii väistämättä, sillä ihminen ei kykene annostelamaan aineksia täysin tasaisesti va- lun alusta loppuun saakka.

”Annostelussa on oltava erittäin tarkka, jotta vesi-sementtisuhde pysyy ta- saisena koko ajan. Tällöin betoni ei välttämättä ole niin tasalaatuista kuin tietokoneohjatussa valmistuksessa.” [7.]

Toinen markkinoilla oleva valmistustapa on liikuteltava pumppausasema, joka on siis käytännössä puoliperävaunun päälle rakennettu laite, joka annostelee raaka-aineet au- tomaattisesti, sekoittaa massan ja myös pumppaa sen valupaikalle. Tämä valmistusme- netelmä on yleistynyt rakennusosalalla merkittävästi ja suuremmat lattiaurakoitsijat käyttä- vät pääasiassa vain tätä valmistustapaa, jolloin valettava massa on lähtökohtaisesti aina saman laatuista.

3.3 Työstäminen

Maakostea betoni on pumpusta tullessaan melko irtonaista, lähes märkää hiekkaa muis- tuttavaa massaa, jonka muotoilu tahdottuun muotoon on kohtalaisen helppoa. Tavalli- seen märkäbetoniin verrattuna maakostean betonin valaminen ja työstäminen on valu- vaiheessa kuitenkin huomattavasti hitaampaa, mutta maakostealla betonilla valaessa lopputuloksesta saadaan kerralla vähintäänkin lähes pinnoitusvalmis.

”Vaikka maakostean betonin levitys saattaa olla märkäbetonia hitaampaa, on lopputulos Timo Herralan mukaan suora ja mittatarkka, minkä vuoksi maakostea betonilattia on suoraan valmis pinnoitettavaksi kuivuttuaan.” [7.]

Maakostean betonin vesimäärä on hyvin alhainen, jonka vuoksi massa on hyvin ilmavaa ja kuivaa. Tästä syystä maakostea betonia ei voida tiivistää työmaaolosuhteissa perin- teisillä tärylaitteilla, vaan maakosteabetoni painetaan muotoonsa. Maakostean betonin tiivistäminen puolestaan vaatisi jykevät laitteet, joita käytetään esimerkiksi elementtiteh- taissa ontelolaattojen valmistuksessa. [4.]

Valun kuivuttua maakostean betonin työstäminen puolestaan muuttuu tavallista betonia huomattavasti helpommaksi. Maakostea betoni on materiaalina erittäin huokoinen, eikä sille muodostu samanlaista rakenteellista kestävyyttä kuin märkäbetonille. Näin ollen maakostean betonin työstäminen jälkikäteen on huomattavasti helpompaa ja nopeampaa, eikä vaadi järeitä laitteita kuten tavallisen betonin työstäminen. Maakostean betonin pinnalle ei myöskään muodostu sementtiliimaa, joten sitä ei tarvitse hioa jälkikäteen kuten tavallista betonia.

3.4 Käyttökohteet

Tässä työssä käsiteltävän lattiarakenteen lisäksi maakostea betonia on mahdollista hyödyntää monissa muissakin kohteissa, maakostealla betonilla voidaan valaa esimerkiksi kokonaisten asuntojenkin lattioita. Maakostea betonia hyödynnetään myös piharakentamisessa, esimerkiksi pintalaattojen kiinnityksessä. Maakostea betonia hyödynnettäessä on kuitenkin muistettava huomioida, ettei sillä ole juurikaan rakenteellista koivuutta, joten sitä ei voi käyttää kovaa rasitusta kohtaavissa rakenteissa kuten esimerkiksi autotallien lattioissa.

3.5 Ominaisuuksia

Maakostean betonin ominaisuudet poikkeavat monessakin asiassa tavallisesta valmisbetonista, vaikka molemmat tuotteet valmistetaan samoista raaka-aineista. Suurimpina eroina ovat betonien rakenteellinen lujuus ja niiden työstäminen valun aikana ja sen jälkeen. Maakostealla betonilla ei ole rakenteellista luokitusta kuten valmisbetonilla, eikä maakostealta betonilta sitä myöskään vaadita, mutta toisaalta maakostean betonin muotoilu valun aikana on helpompaa eikä se vaadi juuri ollenkaan jälkitöitä ja myös kuivumisaika on huomattavasti valmisbetonia lyhyempi. Oheisesta taulukosta voidaan nähdä oleellisimpia eroja näiden kahden betonin välillä.

Maakostea betoni verrattuna valmisbetoniin

	Maakostea betoni	Valmisbetoni
Pinnoituskuiva	4 vk	10 vk
Vesi-sementtisuhte	alle 0,45	0,6
Kutistuma	3 ‰	5 ‰
Irrotuskaistat	Kyllä	Kyllä
Pintojen suojaus	Ei	Kyllä
Jätebetoni	10 l	Väh. 500 l
Hionta	Ei	Kyllä

Kuva 4. Maakostean betonin vertausta valmisbetoniin. [5.]

3.5.1 Maakosteiden betonien erot

Maakostea betoni ei ole aina samanlaista, vaan betonimassan laatu määräytyy hyvin vahvasti valmistajakohtaisesti. Osalla valmistajista massan laatu voi vaihdella ja seosuhteet ovat summittaisia ja voivat vaihdella, kun taas osalla valmistajista on tarkka reseptiikkaa, jonka mukaan käytettävä massa valmistetaan. Reseptiikan avulla voidaan varmistua käytettävän massan laadusta ja sen ominaisuuksista. [6.]

Maakostea betonia on myös erilaatuisia, on niin kutsuttua normaalimassaa, jossa ei ole lisäaineita. Tämän lisäksi markkinoilla on myös niin kutsuttua saneerausmassaa, johon on lisätty erilaisia lisäaineita, joiden avulla kuivumisaika on saatu laskemaan jopa viiteen vuorokauteen optimaalisissa olosuhteissa. Lisäaineilla voidaan myös tarvittaessa parantaa käytettävän massan työstettävyyttä. Kohdeyrityksen tuotannossa käytetään kuitenkin lähtökohtaisesti normaalia maakostea betonia, joten tässä työssä ei perehdytä lisäaineisiin tämän syvällisemmin. [6.]

3.6 Laadunvalvonta

Koska maakostea betonilla ei voida ominaisuuksiensa vuoksi tiivistää normaalien betonien tapaan, ei siitä myöskään oteta normaaleja lujuuskappaleita eli lieriötä tai kuutiota. Maakostealle betonille ei myöskään löydy standardeja koekappaleiden teolle. Tästä syystä maakostealle betonille sovitaan usein kokemusperäisesti jokin lujuustaso sementtimäärällä kuutiota betonin kohden, esimerkiksi 300 kg/m^3 . [4.]

Maakostealle betonille ei voida määritellä erilaisia lujuustasoja, vaan asiakkaan ja betonin toimittajan on lähtökohtaisesti aina sovittava yksityiskohdista ennen toimitusta. Sovittavia asioita tulisi olla ainakin sementtimäärä ja -laji, seosainemäärä, kiviaineksen maksimiraekoko ja vesimäärä kuutiota kohden. Näiden lisäksi tilaaja voi asettaa erilaisia vaatimuksia betonin suhteen, kuten esimerkiksi kiviaineksen sekoitussuhteen. [4.]

3.7 Maakostean kustannukset

Maakostea betonin kustannuksia ei voida suoranaisesti verrata perinteisen valmisbetonin kustannusten kanssa, sillä betoneilla on hieman erilaisia käyttökohteita ja ominaisuuksia. Lisäksi näiden betonien kustannusten jakautuminen koko työvaiheen ajalle on toisistaan poikkeava, kun tarkastellaan tarvittavan työn ja materiaalien hintoja.

Työn osalta maakostea betoni vaatii hieman vähemmän valmistelemaa työtä, kuten esimerkiksi raudoitusta estämään esimerkiksi lattiavalun halkeilua. Valua edeltävät työvaiheet ovat siis nopeampia ja kustannustehokkaampia tehdä, kun valu toteutetaan maakostealla betonilla. Kuten kohdassa 3.3 onkin jo todettu, varsinaisen valun aikana maakostean betonin työstäminen on kuitenkin huomattavasti työläämpää ja hitaampaa kuin perinteisen valmisbetonin. Näin ollen maakostean betonin valamiseen tarvittavan työvoiman hinta nousee valmisbetonilla valamiseen tarvittavan työvoiman hintaa korkeammaksi.

Maakostean betonin tarvitsema rauditus on vähäisempi kuin valmisbetonin tarvitsema rauditus, joten tarvittavan raudan määrä on pienempi, jolloin myös materiaalikustannus on pienempi. Myös muissa materiaaleissa maakostean betonin raaka-aineet ovat eduk-

kaampia kuin märkäbetonin raaka-aineet, joten kokonaisuudessaan maakostealla toteuttaessa valun materiaalikustannukset jäävät valmisbetonilla toteutettavaa valua pienemmäksi.

Vaikka maakostean betonin materiaalikustannukset ovatkin perinteistä valmisbetonia pienemmät, ei ole kuitenkaan yksiselitteistä, että maakostea betoni olisi aina edullisempi vaihtoehto lattiavalun toteuttamisessa. Onkin täysin tapauskohtaista, kuinka maakostean tarvitsema suurempi työpanos vaikuttaa kokonaishinnan muodostumiseen. Näin ollen, mikäli valu on mahdollista toteuttaa kummalla tahansa betonilla, on syytä arvioida kuinka kustannukset tulevat muodostumaan ja kuinka hyvin kunkin betonin ominaisuudet vastaavat lattialle asetettuja vaatimuksia. Tämän pohdinnan ja arvioinnin tekeminen onkin siis edellytys valun optimaaliselle onnistumiselle niin kustannusten kuin myös lopputuloksen osalta.

4 Maakostealla toteutetun kaatovalun tehokas kuivuminen teoriassa

Jotta maakostealla toteutettava lattiavalu saadaan kuivumaan tehokkaasti, on kuivumisen eteen tehtävä töitä prosessin jokaisessa vaiheessa. Tämän työn kohdeyrityksen T2H:n tapauksessa etenkin ennen valua ja valun jälkeen toteutettavat toimenpiteet korostuvat, sillä varsinaisen valun toteuttaa aliurakoitsija, jolloin valun käytännön toteutukseen, kuten esimerkiksi valmistettavan massan reseptiin, ei voi juurikaan vaikuttaa.

Jotta valu saadaan kuivumaan tehokkaasti, on jokainen kuivattamisen osa-alue tehtävä kunnolla, vain näin päästään optimaaliseen lopputulokseen. Mikäli jokin osa-alue jätetään tekemättä tai tehdään huolimattomasti, tulee valun kuivuminen väistämättä hidastumaan ja olemaan tehottomampaa. Tämä johtaa puolestaan lisääntyviin kustannuksiin ja ajan menetykseen, kun valun kuivuminen kestää pidempään ja sen eteen joudutaan tekemään ylimääräistä työtä.

4.1 Ennen valua tehtävät toimenpiteet

Ennen valun aloittamista tulee huolehtia, että olosuhteet valun toteuttamiselle ovat sopivat. Lattiavalun toteutus tarvitsee onnistuakseen sopivat olosuhteet ja olisikin suotavaa, että jokaisella työmaalla olisi sopivat mittalaitteet olosuhteiden seuraamiseen ja dokumentointiin. Maakostealla toteutettavaa valua edeltävät tärkeimmät vaiheet ovat kuivuudesta, puhtaudesta ja riittävästä lämmöstä huolehtiminen. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että rakennuksen ulkovaipan tulisi olla pääasiallisesti ummessa, työmaa-aikaisen lämmityksen oltava toiminnassa ja irtolian poistettu. [4;6.]

Kuten muutkin betonit, myös maakosteaa betoni tarvitsee lämpöä kovettuakseen ja kuivuakseen. Onkin siis tärkeää huolehtia, että asennuksen aikana lämpötila olisi vähintään +10°C, jotta betonissa oleva vesi ja sementti varmasti reagoivat keskenään ja saavat maakostean betonin sitoutumaan ja kovettumaan kunnolla. Mikäli lämpötila on alle suositellun 10 °C:n, saattaa betonimassassa oleva vesi haihtua liian nopeasti ennen kuin se on ehtinyt reagoimaan massa olevan sementin kanssa, jolloin kuivunut betonimassa ei vastaa tavoiteltua lopputulosta. [4.]

Ennen valua on tärkeää huolehtia myös alustan kuivuudesta ja lämmöstä. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että alustan on oltava kuiva eikä siihen pääse enää putoamaan lisää vettä. Tämä toteutuu, kun rakennuksen vesikatto pitää vettä ja aikaisemmat valut

ovat ehtineet kuivua rauhassa muutamia viikkoja. Lämpö puolestaan hoituu, kun rakennuksen työmaa-aikainen lämmitys on käytössä ja saa pidettyä lämmön jatkuvasti yli suositellun $+10^{\circ}\text{C}$.



Kuva 5. Valuvalmis kylpyhuone. Talotekniset työt on tehty ja alustan kuivuudesta on huolehdittu. [8.]

4.2 Valun aikaiset toimenpiteet

Valun aikana on myös tärkeää huolehtia ennen valua vallitsevien optimaalisten olosuhteiden säilymisestä. Käytännössä tämä tarkoittaa, että varmistetaan ettei alustalle tai suoritettavaan valuun pääse valumaan ylimääräistä vettä, eikä rakennuksen lämpötilaa päästetä laskemaan liiallisella ovien auki pitämisellä. [6.]

Valun aikana valua suorittavalla urakoitsijalla on kuitenkin suurempi rooli valun kuivumiseen. Valua suorittavan yrityksen tulee huolehtia, että käytettävä hiekka on kuivaa ja tasalaatuista työmaalle tuotaessa. Valun suorittajien tulee myös huolehtia, ettei käytettävään hiekkaan pääse työmaalla sekoittumaan ylimääräistä vettä tai talviolosuhteissa lunta, jolloin seoksen seossuhde muuttuisi vesipitoisemmaksi. Valua suorittavan yrityksen oma laadunvalvonta käytettävän materiaalin osalta tulee siis olla kunnossa ja työn

suorittajilla on oltava riittävä ymmärrys ja valmiudet toimia oikein esimerkiksi vesisateen sattuessa, jottei tuote pääse kärsimään. [9.]

Yksi valun kuivumiseen merkittävästi vaikuttava asia on myös seossuhde ja valettavan massan tasalaatuisuus. Seossuhteen oikeellisuudesta huolehtiminen onkin yksi valua suorittavan yrityksen tärkeimmistä tehtävistä valun tehokkaan kuivumisen kannalta, sillä liiallinen veden käyttö hidastaa valun kuivumista merkittävästi. Valettavan massan tasalaatuisuudesta on myös syytä huolehtia valun aikana, sillä tasalaatuisella massalla toteutetut valut kuivuvat keskenään hyvin samalla vauhdilla. Näin ei päädytä tilanteeseen, jossa osa latioista olisi kuivia ja osa latioista, joihin on sattunut huomattavasti suurempi vesimäärä, ovat vielä kaukana pinnoituskuivasta kosteuspitoisuudesta. [6;9.]

Valun aikana valettavan massan valmistustapa ja valajien ammattitaito vaikuttavatkin suuresti siihen, kuinka onnistunut lopputulos on kuivumisen näkökulmasta. Lähtökohtaisesti siirreltävää pumppausasemaa voidaan pitää huomattavasti varmempana valmistusmenetelmänä kuin massan valmistusta manuaalisesti raaka-aineita annostelemalla. Siirreltävä pumppausasema ei kuitenkaan ole pieniä kohteita tehtäessä taloudellisesti kannattava vaihtoehto, jolloin usein päädytäänkin valmistamaan massa manuaalisesti, vaikka massan seossuhteet siitä saattaisivatkin hieman kärsiä.

4.3 Valun jälkeiset toimenpiteet

Kun Betonivalu on suoritettu alkaa betonivalun varsinainen kuivuminen ja kuivattaminen. Betonilla on ominaisuus kuivua luonnostaan massassa tapahtuvien reaktioiden seurauksena, sekä luovuttamalla kosteutta ympäröiviin rakenteisiin ja ilmaan. Useissa tapauksissa kuitenkin valua ympäröivät olosuhteet eivät ole otolliset betonin kuivumiselle ilman olosuhteita parantavia toimenpiteitä, kuten esimerkiksi tilan lämmittämistä ja tuuletamista. Onkin siis tärkeää toimia tilanteen vaatimalla tavalla, jotta valettu rakenne kuivuu parhaalla mahdollisella tavalla.

4.3.1 Betonivalun kuivuminen yleisesti

Betonivalun suhteellinen kosteus on valuvaiheessa ja välittömästi valun jälkeen noin 100%, eli betonimassassa oleva ilma on sitonut itseensä kaiken kosteuden minkä se kykenee. Valun jälkeen betoni alkaa kuitenkin kuivumaan ja sen suhteellinen kosteus

alkaa laskemaan. Betonin kuivuminen tapahtuu kahdella tavalla, jotka ovat kemiallinen kuivuminen sekä haihtumiskuivuminen. [10.]

Betonin kemiallinen kuivuminen tarkoittaa betonissa olevan sementin ja veden välillä tapahtuvaa hydratoitumisreaktiota. Hydratoitumisreaktiossa betonissa oleva vesi ja sementti reagoivat keskenään, jolloin osa betonin valmistamiseen käytetystä vedestä sitoutuu kemiallisesti sementin kanssa. Hydratoitumisreaktion seurauksena betoni siis kuivuu ja sen suhteellinen kosteus laskee. Hydratoitumisreaktion seurauksena betonin kosteus laskee tyypillisesti kuitenkin vain noin 98%:iin, joten pelkästään hydratoitumisreaktion aiheuttama kuivuminen ei riitä saattamaan betonia pinnoituskuivaksi. [10.]

Toinen ja jopa merkittävämpi osa etenkin maakostealla betonilla toteutettavan valun kuivumisesta on haihtumiskuivuminen. Haihtumiskuivumisessa on kyse betonin sisältämän kosteuden liikkumisesta rakenteen keskeltä kohti pintaa, josta kosteus puolestaan haihtuu ympäröivään ilmaan. Näin ollen onkin siis tärkeää, että ympäröivän ilman lämpötila ja kosteus ovat sellaiset, että ilma kykenee vastaanottamaan betonivalusta haihtuvan kosteuden, jotta rakenne kuivuu. [10.]

Kun valetun betonirakenteen kosteus alkaa haihtumiskuivumisen seurauksena siirtyä kohti valun pintaa, josta kosteus pääsee haihtumaan, päädytään lopulta tilanteeseen, jossa rakenteen keskiosassa kosteus on rakenteen pinnan kosteutta suurempi. Tästä syystä valetun lattian kosteutta onkin syytä mitata niin rakenteen pinnasta kuin myös syvemmältä rakenteesta, tässä työssä käsiteltävän lattiarakenteen mittaussyvyyydet ovatkin 28 millimetriä ja 70 millimetriä.

Mittauspaikka	Mittapään nro	Porareikä syvyys mm	Suhteellinen kosteus %	Lämpötila °C
A1 kph	861	28	65.5	16.1
A1 kph	269	70	81.0	15.7
A5 kph	77	28	67.5	19.4
A5 kph	848	70	77.1	19.3

Kuva 6. Ote kosteusmittaustuloksista, kosteus mitattuna rakenteen pinta- ja keskiosasta. Rakenteen keskellä kosteus suurempi kuin pinnalla. [2.]

4.3.2 Olosuhteista huolehtiminen

4.3.2.1.1 Olosuhteiden vaikutus kuivumisaikaan

Kuten aikaisemminkin on jo todettu, on optimaaliset olosuhteet kriittinen edellytys lattiavalun tehokkaalle kuivumiselle. Ensimmäinen merkittävistä tekijöistä on riittävä lämpö, joka on edellytys maakostealla toteutetun lattiavalun kuivumiselle, minimilämpötilana voidaankin pitää +10°C. On kuitenkin suositeltavaa, että lämpötila nostettaisiin tätä huomattavasti korkeammalle, jotta kuivuminen tehostuisi.

Toinen oleellisesti lattiavalun kuivumisnopeuteen vaikuttava tekijä on ilman suhteellinen kosteus. Mikäli ilma on kuivaa, on kosteudella mahdollisuus haihtua valun pinnalta ympäröivään ilmassaan, mutta jos ilma on puolestaan jo entuudestaan kostea, on kosteuden haihtuminen valun pinnasta hyvin hidasta ja olematonta. Ilman suhteellisen kosteuden matalana pitäminen onkin lämpötilaa huomattavasti hankalampi toteuttaa vuodenajasta riippuen, joten siihen onkin syytä kiinnittää erityistä huomiota. [9.]

4.3.2.1.2 Optimaalinen olosuhde kuivumiselle

Oli sitten kyseessä maakostea betoni tai perinteinen valmisbetoni, voidaan tavoiteltavien olosuhteiden osalta käyttää samoja raja-arvoja, sillä molemmat betonimassat tarvitsevat samankaltaiset olosuhteet kuivuakseen.

Ilman lämpötilalle on aikaisemminkin jo määritelty minimi lämpötila, eli +10°C, tämä on kuitenkin vain raja-arvo sille, että betonivalu kuivuu. Betonivalua kuivatettaessa tulisi tilassa olevan ilmassan lämpötilan olla kuitenkin noin +20°C, jotta kuivuminen on tehokasta. Tilassa olevaa ilmaa voidaan lämmittää myös lämpimämmäksi, jolloin myös kuivuminen tehostuu, mutta tämä on usein taloudellisesti kannattamatonta lämmittämiseen kuluvan suuren energiamäärän vuoksi. Liian korkea lämpötila aiheuttaa ongelmia myös lattiavalun kosteutta mitattaessa, sillä mitattavan rakenteen lämpötilan ylittäessä +25°C tulosta ei voida pitää luotettavana. [11.]

Ilman suhteellisen kosteuden osalta puolestaan optimaalinen arvo on RH 30-50%. Tätä korkeampi suhteellinen ilmankosteus pidentää kuivumisaikaa huomattavasti, sillä ilma ei ota vastaan valusta nousevaa kosteutta tehokkaasti, niinpä suhteellisen ilmankosteuden

ei tulisi missään tapauksessa olla korkeampi kuin 60%. Ilmankosteuden laskeminen alle 30% ei puolestaan nopeuta valun kuivumista merkittävästi, joten ilmankosteutta ei ole tarvetta pyrkiä laskemaan tätä matalammaksi. [11.]

4.3.2.1.3 Olosuhteiden seuraaminen

Olosuhteet ovat siis merkittävässä roolissa läpi koko työvaiheen, kun tarkastellaan valun optimaalista kuivumista. Näin ollen onkin siis erityisen tärkeää, että olosuhteita myös seurataan ja pyritään pitämään aikaisemmin esitettyjen raja-arvojen puitteissa, jotta valun kuivuminen ei hidastu merkittävästi. Voidaankin tehdä siis johtopäätös, että olosuhteiden seuraaminen on merkittävässä roolissa tarkasteltavan valun kuivumisessa ja oleellinen edellytys sille, että olosuhteita osataan parantaa tai ylläpitää oikeilla menetelmillä, jotta valun kuivumisessa päästään optimaaliseen lopputulokseen.

Olosuhteita tarkkailtaessa on syytä tarkkailla niin ilman lämpötilaa kuin suhteellista kosteutta. Tähän tarkoitukseen on olemassa monia erilaisia mittausvälineitä ja onkin täysin työmaasta ja työnjohtajasta riippuvaa, mikä mittausväline koetaan miellyttävimmäksi käyttää. Olosuhteita on kuitenkin syytä käydä tarkastelemassa vähintään päivittäin ja kirjata tuloksia ylös, jotta muutokset ja niiden aiheuttajat voidaan havaita ja tarvittaessa puuttua niihin. Kohdeyrityksen työmaalla Tuusulassa onkin otettu käyttöön RuuviTag niminen mittauslaite. Kyseessä on siis langaton mitta-anturi, joka mittaa jatkuvasti ympäröiviä olosuhteita ja tallentaa ne myöhempää tarkastelua varten. Laitteen mittaamien tulosten tarkastelu toteutetaan puhelinsovelluksella. Tällainen mittausväline onkin siis parhaimmasta päästä olosuhteiden seuraamiseen, sillä tulosten lukeminen ei vaadi mittareiden mukana kuljettamista ja tulokset saadaan koko tarkasteluajalta eikä vain mittaushetkeltä.



Kuva 7. RuuviTag mitta-anturi asennettuna työmaalla käytävän seinään. [8.]

4.3.3 Kuivumisen tehostaminen tarvittaessa

Harvoin ollaan tilanteessa, jossa valun optimaalisen kuivumisen vaatimat olosuhteet ovat automaattisesti aikaisemmin esitettyjen raja-arvojen sisällä. Näin ollen joudutaankin lähes poikkeuksetta tekemään erilaisia toimenpiteitä olosuhteiden parantamiseksi. Näitä toimenpiteitä ovat tyypillisesti ympäröivän ilman lämmitys, tuuletus ja ilman kuivattaminen erilaisia laitteita käyttäen.

Kuivumista joudutaan siis lähes poikkeuksetta tehostamaan keinotekoisesti, mutta tarve tehostamiselle kasvaa entuudestaan työmaan edetessä, kun työvaiheet, joissa ilmaan vapautuu suuria määriä kosteutta alkavat. Näitä työvaiheita ovat esimerkiksi lattiatasoitteen pumppaus ja pumppauksen jälkeinen ajanjakso, sekä seinien ja kattojen tasoitetyöt. [9.]

Kuivumisen tehostamiselle taikka olosuhteiden parantamiselle on olemassa useita eri toimia ja laitteita. Tarjolla olevista keinoista on kuitenkin osattava valita kuhunkin tilanteeseen sopiva ja osattava käyttää keinoa parhaalla mahdollisella tavalla optimaalisen

tuloksen saavuttamiseksi. Kuivumisen tehostamiseen käytettäviä toimia ja laitteita käsitellään tämän työn myöhemmissä vaiheissa.

On tärkeää huomioida myös, että betonivalun kuivumisen tehostamisen kustannustehokkaan ja optimaalisen toteutuksen edellytyksenä on aina tilan tiiveys. Tämä tarkoittaa siis sitä, että tila on mahdollista sulkea mahdollisimman tiivisti ja tilan ilmanvaihtoa voidaan säädellä hallitusti. Rakennuksen tulee siis olla varustettu tiiviillä ulkovaipalla, sekä kunnollisella lämmönerityksellä. Tämä edesauttaa myös kustannustehokkuutta, sillä toteutettava ilmassan lämmitys tai kuivatus kohdistuu suurimmalta osin rakennuksen sisällä olevaan ilmassaan, eikä lämpö pääse karkaamaan sisältä ulos taikka kostea ulkoilma pääse rakennuksen sisälle. [11.]

4.3.3.1.1 Kuivumisen tehostamisen haitat

Kuivumisen tehostaminen keinotekoisesti ei kuitenkaan ole täysin yksiselitteistä, sillä liian voimakas keinotekoinen kuivatus voi vaikuttaa käytetyn massan ominaisuuksiin negatiivisesti. Mikäli valettua lattiaa aletaan aktiivisesti kuivaamaan nostamalla lämpötilaa merkittävästi yli $+20^{\circ}\text{C}$ tai ilman suhteellista kosteutta lasketaan liian matalaksi, altistaa se valetun massan muutoksille. Valetun lattian lämpötilaa ei myöskään ole suositeltavaa nostaa valun sisään asennettua lattialämmitystä käyttämällä. Mikäli lattialämmitystä kuitenkin käytetään, on lämpötilaa nostettava hyvin maltillisesti ja aloitettava suhteellisen matalasta lämpötilasta. Mikäli maakostealla toteutettua valua kuivataan keinotekoisesti liian rajusta, maakostean betonin pinta saattaa esimerkiksi alkaa hiekoittumaan tai valu voi alkaa käpristelemään ja halkeilemaan. [6.]

Mikäli normaalilla lisääaineettomalla maakostealla toteutettavan valun tyypillinen kuivumisaika hyvissä olosuhteissa, eli noin neljästä viiteen viikkoa ei riitä, olisikin suositeltavaa käyttää maakostea betonia, jota on paranneltu lisääaineilla ja näin nopeutettu sen kuivumista. Näin vältetään liian tehokkaan kuivattamisen aiheuttamilta laatuongelmilta valetussa lattiarakenteessa. [6.]

4.4 Optimaaliset kuivumisajat

Maakostealla betonilla toteuttavien valujen kuivumisesta ei ole olemassa yksiselitteistä mallia, vaan kuivuminen on monen muuttuvan tekijän summa. Kuivumisaikaan vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi käytetyt raaka-aineet ja niiden kosteuspitoisuudet, seossuhde, vallitsevat olosuhteet ja rakenteen paksuus.

Maakostealla toteutetuista valuista on kuitenkin olemassa kokemusperäisiä ja toteutuneita kuivumisaikoja, joita voidaan pitää optimaalisina ja joihin kuivumisaikoja voidaan verrata. Maakostealla toteutettu lattiavalu kuivuukin kokemusperäisen tiedon mukaan optimaalisen toteutuksen ja kuivattamisen seurauksena noin neljästä viiteen viikossa.
[5.]

5 Referenssikohteet

5.1 Onnistumisia

Kohdeyrityksen edellisissä kohteissa maakostealla toteutettujen kaatolattioiden kuivuminen on onnistunut esimerkiksi Vantaalla sijaitsevassa referenssikohteessa ja Tuusulassa sijaitsevalla kohdetyömaalla. Seuraavissa kohdissa käsitellään näiden kahden työmaan onnistumisia, onnistumisien syitä ja onnistumisen vaikutuksia aikatauluun ja kustannuksiin.

5.1.1 Saavutetut tulokset

Kummassakin tarkastellussa kohteessa maakostealle toteutetut kaatolattiavalut kuivuivat nopeasti taikka kuivuminen lähti etenemään tehokkaasti. Vantaan valmistuneella työmaalla kaatolattiavalut kuivuivat noin kuudessa viikossa. Tuusulan keskeneräisellä työmaalla maakostealla valetut kaatovalut puolestaan ovat kuivuneet tehokkaasti ja valujen ennakoitua olevan pinnoituskuivia noin kuuden taikka seitsemän viikon kuluttua viimeisestä valupäivästä. [9.]

5.1.2 Mistä johtunut?

Kummallekin työmaalle yhteistä on vuodenaika, jolloin valut on toteutettu, sillä kummankin kohteen valut on toteutettu talvikuukausien aikana lokakuun ja helmikuun välillä. Tämä on varmasti osaltaan vaikuttanut valujen tehokkaaseen kuivumiseen, sillä ilman kosteus on saatu helposti pidettyä matalana.

Toinen työmaita yhdistävä tekijä on onnistunut lämmitys. Molemmissa kohteissa on saatu jo aikaisessa vaiheessa rakennuksen ulkovaippa melko hyvin umpeen ja työmaa-aikainen lämmitys toimintaan. Näin rakennuksen sisälämpö tila on saatu nousemaan yli +20°C jo ennen valujen aloittamista, tämä lämpö on myös saatu säilytettyä valujen jälkeen.

Vantaan referenssikohteessa oli panostettu myös tehokkaaseen ja säädelyyn tuuletukseen. Kohteessa oli otettu jo työmaa-aikana käyttöön käytäviä palvelevat huippuimurit ja

asennettu käytävän korvausilmaventtiileihin pienet tuuletusmoottorit. Näillä toimilla ilma saatiin kiertämään tehokkaasti ja hallitusti kaikkialla rakennuksessa. [9.]

5.1.3 Paljonko vaikuttanut aikaan ja kustannuksiin?

Molemmilla työmailla valujen tehokkaalla kuivumisella saavutettu aikasäästö on ollut merkittävä, sillä seuraava työvaihe eli lattioiden vesieristäminen on päästy aloittamaan jo hyvissä ajoin. Tämä on osaltaan edesauttanut työvaiheen järjestelmällistä ja tehokasta toteutusta. Ajallisessa säästössä puhutaan useista viikoista.

Kustannuksellisesti kumpikin työmaa on hyötynyt tai Tuusulan kohdetyömaan tapauksessa on tulossa hyötymään lattioiden tehokkaasta ja nopeasta kuivumisesta, sillä kuivattamiseen ei ole tarvinnut käyttää suurta määrää kallista laitteistoa taikka energiaa. Lisäksi molemmilla työmailla kaatolattioiden kosteusmittauksien määrä on jäänyt kohtuullisen alhaiseksi, sillä lattioiden kosteuksia ei ole ollut tarvetta mitata useaan kertaan. Kustannuksellisesti puhutaan useiden tuhansien eurojen säästöistä, jotka on saavutettu. Suorien kustannussäästöjen lisäksi tulee huomioida myös säästetyn ajan arvo, jota ei toki voida yksiselitteisesti määritellä.

5.2 Epäonnistumisia

Kohdeyrityksen historiasta löytyy myös työmaita, joilla maakostealla toteutettujen kaatolattiavalujen kuivuminen ei ole edennyt toivotulla tavalla. Näitä kohteita ovat esimerkiksi rakenteilla oleva Tuusulan referenssikohde ja jo valmistunut Vantaan referenssikohde 2. Näissä kummassakin kohteessa valujen kuivuminen on ollut ennakoitua hitaampaa, vaikka lattiavalut onkin lopulta saatu kuivaksi.

5.2.1 Millainen tulos?

Molempien kohteiden maakostealle toteutetut kaatolattiavalut kuivuivat toivottua hitaammin. Molemmissa kohteissa kaatolattiavalujen kuivumiseen kului kolmesta neljään kukausta, eli viikkoina 13 viikosta aina 17 viikkoon valupäivästä lähtien.

5.2.2 Mistä johtunut?

Molempien työmaiden valuajankohta sijoittui aikataulullisesti epäotolliseen vuodenaikaan, eli välille maaliskuusta elokuuhun. Tämä on osaltaan varmasti vaikuttanut valujen kuivumisen hitauteen.

Toinen työmaita yhdistävä tekijä on ollut puutteellinen olosuhteiden hallinta. Molempien kohteiden sisälämpötila on ollut suhteellisen alhainen, eli noin +10-15°C valujen aikana ja niiden jälkeen. Kuten aikaisemmin on todettu, tämä lämpö riittää valun toteuttamiseen ja kuivumiseen, mutta ei kuitenkaan ole optimaalinen lämpötila valun tehokkaalle kuivumiselle.

Kolmas yhdistävä tekijä työmailla on ollut puutteellinen olosuhteiden tarkkailu ja hallinta. Olosuhteita ei ole tarkkailtu riittävästi, jolloin olosuhteita ei ole myöskään voitu alkaa parantamaan erilaisilla toimenpiteillä. [9.]

5.2.3 Miten olisi voitu välttää?

Kyseisten työmaiden epäonnistumiset lattioiden tehokkaan ja nopean kuivumisen osalta olisi voitu hyvin pitkälti välttää ennakoimalla epäotollinen valuajankohta jo hyvissä ajoin ennen valujen aloittamista ja näin varautua rakennuksen sisällä vallitsevien olosuhteiden parantamiseen. Suositeltavia toimia olisi esimerkiksi ollut avonaisten aukkojen huolellinen sulkeminen, lämmityksen tehostaminen ja hallitun tuuletuksen suunnittelu.

Epäonnistumiseen olisi osaltaan voitu vaikuttaa myös olosuhteiden paremmalla seuramisella. Mikäli olosuhteita olisi tarkkailtu systemaattisesti jo ennen valuja ja valujen jälkeen, olisi varmasti havaittu, ettei olosuhteet ole valujen kuivumiselle optimaaliset. Näin olisi varmasti päädytty tekemään toimia olosuhteiden parantamiseksi, jolloin myös tulos valujen kuivumiselle olisi ollut saavutettua tulosta parempi. [9.]

5.2.4 Paljonko vaikutti aikaan ja kustannuksiin?

Molemmilla työmailla jäätiin optimaalisesti kuivumisajasta jälkeen useita viikkoja, joka osaltaan vaikuttaa merkittävästi seuraavan työvaiheen, eli kylpyhuoneiden laatoituksen etenemiseen, sillä lattiaa ei päästä vesieristämään suunnitellun aikataulun mukaisesti.

Kustannuksellisesti molemmilla työmailla lattioiden kuivumisen hitaus on aiheuttanut useiden tuhansien eurojen kuluja, jotka muodostuvat erilaisten laitteiden vuokrista, kulutetusta energiasta ja useista kosteusmittauksista, joita lattioihin on jouduttu tekemään. Myös ajallinen viivästys ja siitä johtuva aikataulupaine seuraavissa työvaiheissa aiheuttaa osaltaan ylimääräisiä kustannuksia, jotka olisi mahdollista välttää, mutta näiden kustannusten todellista arvoa ei voida yksiselitteisesti määritellä.

6 Kuivattamisen tehostaminen

Maakostealla toteutettavan betonin kuivumiseen vaikuttaa suuresti vuodenaika ja sen aiheuttamat olosuhteet. On ymmärrettävää, että syysateiden aikaan, jolloin ilmankosteus on korkealla valetut lattiat kuivuvat hitaammin kuin talven kuivina kuukausina. Onkin siis tärkeää pyrkiä luomaan rakennuksen sisälle parhaat mahdolliset olosuhteet lattiavalun kuivumiselle käyttäen erilaisia laitteita ja apuvälineitä. Tarvittavia toimenpiteitä arvioidessa onkin tärkeää huomioida ympäröivät olosuhteet sekä tavoitteet kuivumisen nopeudelle, sillä toimenpiteiden arvioinnissa onkin kyse pitkälti siitä, kuinka kiire lattioiden kuivumisella on ja kuinka paljon rahaa ja vaivaa siihen tahdotaan käyttää.

6.1 Tarvittavat toimenpiteet eri vuoden aikoina

Suomessa vuodenajat vaikuttavat rakentamiseen ja sen osa-alueisiin merkittävästi. Maakostealla toteutettavat kaatolattiat eivät tee poikkeusta tässä asiassa, sillä vuodenaikojen vaikutus ulkoilman absoluuttiseen kosteuspitoisuuteen on merkittävä, vaikka ulkoilman suhteellinen kosteus pysytteleeikin ympäri vuoden lähes muuttumattomana.

6.1.1 Lämpimät kuukaudet

Kesän ja syksyn aikana ilman absoluuttinen kosteus on tyypillisesti noin 8-10 g/m³, jolloin tämän ilman ohjaaminen rakennuksen sisälle ei auta lattiavalujen kuivumisessa, vaikka ilmassa onkin kohtuullisen lämmintä. Näin ollen näiden kuukausien aikana tuleekin harkita ilmaa kuivaavien laitteiden käyttöä, joilla rakennuksen sisällä olevan ilman kosteuspitoisuus saadaan laskemaan riittävän alas, jotta kosteus pääsee haihtumaan valusta ympäröivään ilmassaan. Ilmankuivaimia käytettäessä on erityisen tärkeää minimoida ulkoilman pääsy rakennuksen sisään, jotta laitteet toimisivat mahdollisimman tehokkaasti eikä ulkoa rakennuksen sisään tuleva kosteus heikentäisi laitteiden hyötyä. [11.]

Kesän ja syksyn aikana liian matala lämpötila on harvemmin ongelma valujen kuivumisen osalta, mutta on silti tärkeää huolehtia ja tarvittaessa lämmittää ilmaa, mikäli lämpötila uhkaa laskea alle suositellun +20°C. Ilmassan kykyä vastaanottaa kosteutta voidaan myös nostaa lämmittämällä ilmaa, mutta tämä ei useinkaan ole energiatehokasta

lämpimien kuukausien aikana, sillä rakennuksen sisällä olevan ilman lämpötila tulisi nostaa kohtuuttoman korkeaksi jotta saavutettaisiin riittävä lämpötilaero ulkoilmaan nähden. [9.]

6.1.2 Kylmät kuukaudet

Talven kylmät kuukaudet ovat ilmankosteuden osalta otollisia maakostealle toteutettavien kaatolattiavalujen kuivumiselle, sillä ilman absoluuttinen kosteuspitoisuus on noin 1-3 g/m³. Kun ilmassa, jonka absoluuttinen kosteuspitoisuus on näin vähäinen, tuodaan rakennuksen sisälle ja nostetaan lämpötilaa kymmenestä kahteenkymmeneen asteella kasvaa ilmassan kyky vastaanottaa kosteutta todella huomattavasti. [11.]

Näin ollen kylmien talvikuukausien aikana tarvittavat toimenpiteet kohdistuvat pääosin riittävään lämmitykseen ja hallittuun tuulettamiseen. Eli rakennuksen sisälämpötila on pyrittävä pitämään yli suositellun +20°C:n samalla kun kuivaa ulkoilmaa on pyrittävä tuomaan hallitusti rakennuksen sisälle ja lämmintä kosteaa ilmaa ulos rakennuksesta. Myös talviaikaan korostuu siis rakennuksen tiiveys ja hallittu ilmanvaihto, jotta ilmassaa saadaan lämmitettyä riittävästi eikä energiaa kulu ulkoilman lämmittämiseen.

6.2 Rakennuksen tiiveyden parantaminen työmaa-aikana

Työmaa-aikana rakennusta on todella vaikea saada täysin tiiviiksi siten, ettei lämpöä pääsisi karkaamaan tai ulkoilmaa pääsisi rakennuksen sisälle ei toivotusti. Rakennuksen tiiveyttä voi kuitenkin parantaa useilla erilaisilla työmaa-aikaisilla rakenteilla.

Yksi merkittävästi rakennuksen lämpöhäviöitä vähentävä tekijä on ikkunoiden mahdollisimman aikainen asennus ja tiivistys. Näin suuret ikkuna-aukot saadaan umpeen ja lämmön taikka ilman kulkeutuminen niiden kautta vähenee huomattavasti. Ikkuna-asennuksen yhteydessä jää kuitenkin usein aukkoja, joihin ei saada ikkunaa asennettua suunnitellusti. Tällöin on ensisijaisen tärkeää pyrkiä tiivistämään ja eristämään tällaiset aukot mahdollisimman hyvin esimerkiksi muovia ja lämmöneristeitä hyödyntäen.

Työmaa-aikana ihmisten kulkeminen rakennukseen ja rakennuksesta pois on myös yksi merkittävä lämpöhäviön aiheuttaja, sillä ulko-ovea pidetään avoimena huomattavasti normaalia enemmän. Niinpä etenkin talvikuukausien aikana on syytä harkita työmaa-

aikaisen tuulikaapin rakentamista pääoven yhteyteen, näin rakennuksesta karkaavaa lämmön määrää saadaan vähennettyä merkittävästi. Toimivaksi ratkaisuksi on todettu puurakenteinen tuulikaappi, joka eristetään lämmöneristeellä ja kaapin sisään asennetaan pieni, esimerkiksi 3kW tehoinen sähkölämmitin. [9.]

6.3 Laitteet ja niiden kustannukset

Kuten aikaisemmin on todettukin, maakostealla betonilla toteutettu lattiavalu vaatii kuivukseen niin lämpöä, tuuletusta kuin kuivaa ilmaankin. Jotta nämä kolme osa-aluetta toteutuvat on usein tarpeen käyttää erilaisia laitteita, jotka parantavat olosuhteita rakennuksen sisällä. Onkin siis oleellista tiedostaa, mitä laitteita on mahdollista käyttää kuhunkin tarkoitukseen, mitä ne kustantavat ja miten niiden käyttö ja yhdistely on mahdollisimman optimaalista.

6.3.1 Lämmityslaitteet

Riittävä lämpö on edellytys, jotta maakostealla betonilla voidaan toteuttaa lattiavalu, rajana voidaan pitää jo aikaisemmin työssä mainittua $+10^{\circ}\text{C}$. Vuodenajasta riippuen tämä raja saattaa toteutua automaattisesti taikka olla kovan työn takana. Riittävän lämmön tuottamiseen on työmaan tilanteesta ja käytettävissä olevista energialähteistä riippuen monenlaisia lämmityslaitteita, joilla rakennuksen lämpötilaa voidaan nostaa edellyttäen, että lämpö ei pääse karkaamaan liiallisissa määrin rakennuksen ulkopuolelle.

6.3.1.1.1 Lämpötermonit

Lämmityslaitteista yleisimmin käytössä oleva laite on ollut lämpötermoni. Lämpötermoni on lämpöpuhallin, joka ottaa lämpöenergiansa joko lopullisesta vesikiertoisesta lämpörungosta tai vaihtoehtoisesti letkuilla toteutetusta väliaikaisesta lämpöverkostosta. Termonit siis kierrättävät lämmittävät ilmaa kaukolämpöenergian avulla ja samalla kierrättävät ilmaa rakennuksessa puhaltaessaan lämmintä ilmaa. [9.]

Lämpötermonit ovat siis toimintamalliltaan hyvin yksinkertaisia ja vaivattomia. Termorien toiminta vaatii työmaa-aikaisen sähköistyksen, valmiin kaukolämpöliittymän sekä työmaa-aikaisen tai lopullisen lämmönvaihtimen toimiakseen. Nämä toimintaedellytykset

ovat melko helposti järjestettävissä tai järjestyvät työmaan edetessä jo ennen kuin termonien asennus on järkevää ja perusteltua. Termonien tehokkaan toimimisen kannalta on tärkeää varmistaa, että käytettävä lämpölinja on riittävän kokoinen, jotta lämpöä riittää kaikkialle talossa.

Lämpötermonit eivät kuitenkaan sovellu vain lyhyt aikaiseen käyttöön, vaan niitä on järkevä hyödyntää pitkäaikaisesti peruslämmön lähteenä työmaalla, sillä niiden asennus- ja purkukustannuksen ovat kohtalaisen korkeat. Tyypillisellä kohdeyrityksen työmaalla termoneja on asennettu kaksi tai kolme kappaletta kerrosta kohden, eli yhteen rakennukseen on tullut noin 10-15 erikokoista termonia. Näiden asennus- ja purkukustannukset liikkuvat välillä rakennuksen koosta ja laitteiston määrästä riippuen välillä 500-800€ alv0%. Laittevuokra termonien osalta on puolestaan laitteen tehosta riippuen noin 1,5-3,5€ alv0%/vuorokausi, eli keksimäärin yksi laite kustantaa noin 70€ kuukaudessa. [1.]



Kuva 8. 30kW lämpötermoni, jossa ilmapirtausta hajottava puhalluksenohjain. [12.]

6.3.1.1.2 Sähkökäyttöiset rakennuspuhaltimet

Mikäli rakennukseen ei ole mahdollisuutta saada käyttöön kaukolämpöenergiaa hyödynnettävää lämmitystä tulee sähkökäyttöisten rakennuspuhaltimien käyttö yhdeksi varteentettäväksi vaihtoehdoksi. Kyseessä on laite, joka sähköenergiaa hyödyntäen lämmittää puhaltimessa sijaitsevat lämpövastukset, jotka lämmittävät puhaltimen läpi kulkevaa ilmamassaa.

Sähkökäyttöisten rakennuspuhaltimien käyttö on melko vaivatonta ja niiden asennus, sekä tarvittaessa siirtäminen käy helposti niiden keveyden ja pienen koon johdosta. Puhallin tarvitsee toimiakseen vain sähköenergian, jota on lähtökohtaisesti aina saatavilla läpi koko työmaan ajan. Rakennuspuhaltimilla on myös mahdollista saada nostettua lämpötilaa merkittäviäkin määriä, eli laitteet ovat ehdottomasti tehokkaita. [9.]

Laitteiden sähkökäyttöisyyden huono puoli on kuitenkin se, ettei työmaa-aikainen sähköistys useinkaan kestä suuria määriä puhaltimia samanaikaisesti. Tämän seurauksena päädytäänkin usein tilanteeseen, jossa puhaltimia käytetään vain jonkin toisen lämmitysjärjestelmän tukena paikoissa, joissa riittävän lämmön saavuttaminen olisi muutoin haasteellista. Toinen sähkökäyttöisten puhaltimien huono ominaisuus on niiden käyttämä energialähde, sähköenergia on huomattavasti esimerkiksi kaukolämpöenergiaa arvokkaampaa, joten taloudellisesta näkökulmasta ei ole järkevää lämmitellä työmaata pelkästään sähköenergialla, mikäli tämä ei ole välttämätöntä. Itse laitteet ovat puolestaan melko edullisia, päivävuokra puhaltimilla on noin 0,5-1,0€ alv0% / vuorokausi puhaltimen tehosta riippuen. Puhaltimien hankintahinnatkaan eivät ole kovin suuria, joten on syytä harkita puhaltimien ostamista vuokraamisen sijaan, mikäli on tiedossa, että puhaltimille tulee olemaan pidempi aikaista tarvetta. [1.]



Kuva 9. 3,2kW teholtaan oleva sähkökäyttöinen rakennuspuhallin. [13.]

6.3.1.1.3 Heatmobiili

Heatmobiili eli polttoöljykäyttöinen rakennuslämmitin on huomattavasti harvemmin käytössä oleva lämmityslaite. Kyseinen lämmitin polttaa siis polttoöljyä lämmittääkseen rakennukseen puhaltamaansa ilmaa.

Heatmobiili on ehdottomasti tehokas lämmityslaite ja kerrostalotyömaa on mahdollista saada lämpenemään sen avulla melko tehokkaasti. Kyseinen lämmitin on kuitenkin käyttökustannuksiltaan erittäin kallis, johtuen sen käyttämästä energialähteestä eli polttoöljystä. Esimerkiksi 195kW teholtaan oleva lämmitin kuluttaa polttoöljyä tunnissa noin 18 litraa, eli vuorokaudessa polttoöljyä kuluu hieman yli 400 litraa. Kun polttoöljyn litrahinta työmaalle tuotuna on hieman yli euron litralta, muodostuu vuorokauden aikana kulutetun polttoaineen hinnaksi noin 400-500€ alv0%. Tämän lisäksi laitteesta on maksettava vuokraa, joka on kuukaudessa noin 500€ alv0%. [14; 1.]

Kyseessä on siis kohtalaisen kallis lämmityslaite, joten sen käyttöä on syytä harkita ja pyrkiä jopa välttämään. Heatmobiilin käyttö onkin usein hyvin lyhytaikaista ja ajoittuu kovimpien talvipakkasten aikaan, jolloin rakennuksen lämpötilaa on vaikea pitää yllä tai nostaa, mikäli esimerkiksi lämpötermoneja ei ole syystä tai toisesta päästy vielä asentamaan.



Kuva 10. Teholtaan 195kW oleva heatmobiili. [14.]

6.3.2 Tuuletuslaitteet

Kuten työssä on aikaisemmin käynyt ilmi, ilmassa kiertäminen ja hallittu tuulettaminen ovat osaltaan avainasemassa lattiavalujen tehokkaassa kuivumisessa. Niinpä työmaalla tulee harkita tietyissä tilanteissa tuuletuslaitteiden käyttöä, vaikka suurin osa lämmittimistä toimiikin lämmityksen lisäksi tuulettimina puhaltaessaan lämmintä ilmaa.

6.3.2.1.1 Simpukkapuhaltimet

Useimmiten käytössä oleva tuuletuslaite on ehdottomasti simpukkapuhallin, jonka tarkoitus on puhtaasti saada ilma kiertämään. Simpukkapuhaltimet ovat hyvä apuväline esimerkiksi lämpimän ilmassan ohjaamiseen rakennuksen kaikkiin osiin taikka tehostamaan muuten ilman vaihtumista rakennuksessa.

Simpukkapuhaltimien käyttö on vaivatonta ja helppoa, sillä laite tarvitsee toimiakseen pelkästään sähköenergiaa. Laitteen siirtely käy myös helposti, laitteen tehoa ja puhallussuuntaa on myös helppo ohjata ja säätää.

Simpukkapuhaltimien vuokrat ovat hankintahintaansa nähden kohtuullisen korkeat, joten on syytä harkita puhaltimien ostamista työmaalle, mikäli niille tiedetään olevan pitempiaikaista käyttöä tai jos niitä voidaan hyödyntää esimerkiksi samalle tontille rakentuvissa seuraavissakin kohteissa. Simpukkapuhaltimien päivävuokrahinnat ovat noin 2,5€ alv0% / vuorokausi, joten kyseessä on kohtuullisen kallis vuokralaite. [1.]

6.3.3 Kuivatuslaitteet

Kuivatuslaitteet ovat monessa tapauksessa tärkeitä, jotta maakostealla toteutettu kaatolattiavalu saadaan kuivumaan tehokkaasti. Kuivatuslaitteilla pyritään pääasiassa kuivamaan rakennuksen sisällä olevaa ilmassa ja näin edesauttaa ilmassan kykyä vastaanottaa valusta haihtuvaa kosteutta.

6.3.3.1.1 Adsorptiokuivaimet

Adsorptiokuivaimet ovat laitteita, joiden tarkoitus on imeä ilmasta kosteutta ja näin laskea ilman suhteellista kosteutta. Adsorptiokuivainten käyttöä on syytä harkita kesäkuukausien aikana, mikäli kaatolattiavalujen toteutus ja kuivuminen sattuvat kyseiselle ajanjaksolle. Kuivaimet ovat kuitenkin melko arvokkaita vuokrata, joten niiden käyttöä on syytä harkita tarkasti. Adsorptiokuivainten vuokrahinnat ovat noin 4€ alv0% / vuorokausi. [1.]



Kuva 11. Adsorptiokuivain, jonka tarkoitus on poistaa kosteutta ilmasta. [15.]

6.3.3.1.2 Levykuivain

Levykuivain on laite, jota ei kovinkaan usein käytetä. Kyseessä on laite, joka lämmittää allaan olevaa betonimassaa sekä kierrättää ilmaa. Levykuivaimet onkin tarkoitettu lähtökohtaisesti paikallisten vesivahinkojen kuivaamiseen, mutta niitä voi käyttää myös lattia-valun kuivattamiseen. Usein levykuivaimia käytetäänkin, mikäli jokin valetuista lattiosta pääsee kastumaan tai ei muusta syystä kuivu muiden valettujen lattioiden kanssa samalla vauhdilla. Levykuivainten vuokrahinnat ovat noin 4-5€ alv0% / vuorokausi, joten kuivainten pitkäaikainen käyttö ei ole taloudellisesti kovinkaan järkevää.



Kuva 12. STR-600 mallinen levykuivain. [16.]

6.4 Laitteilla saatavan aikasäästön hinta?

Monet laitteet ovat lähes välttämättömiä käyttää, jotta kuivumisolosuhteet saadaan optimaaliseksi. Laitteita käytettäessä on kuitenkin tärkeää tiedostaa millaisia laitteita voi käyttää mihinkin tarkoitukseen ja minkä laitteen tai laitteiden yhdistelmän käyttö on järkevää.

Laitteiden käytöstä aiheutuu luonnollisesti kuluja niin vuokrahintoina kuin myös energia-kuluina, näitä kuluja on kuitenkin syytä verrata saataviin säästöihin. Laitteiden avulla kaatovalut saadaan poikkeuksetta kuivatettua nopeammin, jolloin säästetään aikaa. Kysymys onkin siis siitä, kuinka arvokasta säästetty aika on niin työmaan keston kuin seuraavien työvaiheiden alkamisen ja etenemisen kannalta. Onkin siis arvioitava tapauskohtaisesti, kuinka arvokkaaksi säästettävä aika arvotetaan kullakin työmaalla ja paljonko resursseja ollaan valmiita käyttämään optimaalisen kuivumisen takaamiseksi.

7 Johtopäätökset

Maakostealla betonilla toteutettavan kaatolattiavalun kuivumiseen vaikuttaa laajasti monet erilaiset tekijät aina alustan kosteudesta ulkoilman absoluuttiseen kosteuspitoisuuteen. On siis erityisen tärkeää ymmärtää, kuinka kuivuminen tapahtuu ja miten siihen voidaan erilaisissa tilanteissa vaikuttaa, jotta päästäisiin mahdollisimman optimaaliseen tulokseen niin kuivumisajan kuin aiheutuvien kustannusten osalta.

Jotta toteutettava valu saadaan kuivumaan parhaalla mahdollisella tavalla, on jo ennen valua oltava tietoinen valun kuivumisen vaatimista olosuhteista ja toimista. Näin valu päästään toteuttamaan optimaalisessa olosuhteessa ja kuivuminen pääsee heti alusta alkaen etenemään parhaalla mahdollisella tavalla. Ennen valua tärkeitä asioita ovatkin alustan puhtaudesta ja kuivuudesta huolehtiminen, sekä riittävän lämmön varmistaminen.

Valun aikana ja valun jälkeen toiminta painottuu lähinnä olosuhteiden seuraamiseen ja ylläpitämiseen. Tämä tarkoittaa käytännössä aktiivista ja järjestelmällistä olosuhteiden tarkkailua, jonka pohjalta olosuhteet pidetään ennallaan tai tehdään tarvittavia korjausliikkeitä. On myös erittäin tärkeää, ettei valettua betonimassaa rääkätä liian tehokkaalla keinotekoisella kuivatuksella, jolloin lattian laatu kärsii herkästi. Paras jälkihoito maakostealla betonille onkin tasaisesta lämmöstä ja luonnollisesta ilmankosteudesta huolehtiminen.

Kustannusten osalta puolestaan olosuhteista jo aikaisessa vaiheessa huolehtiminen ja aktiivinen toiminta niiden ylläpitämiseksi on avain kustannussäästöihin, sillä näin vältetään kalliiden laitteiden käyttämiseltä ja ylimääräisten kosteusmittausten suorittamiselta. Lisäksi on syytä huomioida säästetyn ajan arvo, joka voi työmaasta riippuen olla myös taloudellisesti hyvinkin merkittävä.

Yksinkertaistettuna maakostealle betonilla toteutettavan kaatolattiavalun optimaalinen kuivuminen on läpi prosessin jatkuvan olosuhteista huolehtimisen ja käytettävän betonimassan ominaisuuksien summa. Olosuhteiden osalta rakennuksen sisäilma on saatava pidettyä riittävän lämpimänä ja kuivana, jotta valu kuivuu tehokkaasti. On siis tärkeää ymmärtää millaisilla toimilla ja keinoilla tämä saadaan toteutettua eri vuodenaikoina. Lisäksi käytettävän massan vesimäärän tulee olla mahdollisimman alhainen ja seoksen

on oltava tasalaatuista. Näiden kahden tekijän toteutuessa parhaalla mahdollisella tavalla, tulee valu kuivumaan optimaalisella tavalla, jolloin myös päästään kustannuksellisesti optimaaliseen tulokseen.

8 Yhteenveto

Työn tavoitteena oli selvittää kohdeyrityksessä käytössä olevan maakostealla toteutettavan kaatolattiavalun toteutuksen ja kuivattamisen optimaalisin tapa kuivumisaikaa ja kustannuksia tarkastellen, jotta yrityksen eri työmaiden keskinäiset erot kuivumisajoissa ja aiheutuneissa kustannuksissa saataisiin pienemmään ja toimintaa yhtenäistettyä.

Työn toteutuksen aikana tutustuttiin erilaisiin kirjallisiin lähteisiin, haastateltiin asiasta kokemusta omaavia henkilöitä, tutustuttiin edellisten kohteiden onnistumisiin ja epäonnistumisiin, sekä seurattiin kohdetyömaan valujen toteutusta ja kuivumisen etenemistä.

Työn aikana saatiin kasattua teoriaa ja käytännön kokemuksia yhteen ja näin luotua selvitystä siitä, kuinka maakostealla betonilla valetun kaatolattian kuivumiseen voidaan vaikuttaa työvaiheen eri vaiheissa, millaisissa olosuhteissa valu kuivuu optimaalisesti ja kuinka optimaaliset olosuhteet saadaan luotua.

Työn tuotoksena saatiin selville tahdotut asiat ja työtä voidaan jatkossa käyttää pohjana maakostealla betonilla toteutettavien valujen kuivattamisen ohjauksessa ja suunnittelussa. Työtä onkin suositeltavaa hyödyntää etenkin, mikäli työvaiheesta vastaa henkilö, jolla ei ole aikaisempaa kokemusta kyseisen rakenteen toteutuksesta.

Mikäli tutkimusta tahdottaisiin jatkaa pidemmälle, tulisi perehtyä syvemmin käytettävän betonimassan sisäisiin asioihin, kuten esimerkiksi seossuhteisiin ja massassa tapahtuviin reaktioihin, sekä erilaisten toimien, kuten lattialämmityksen päälle laittamisen, vaikutusta reaktioihin.

Lähteet

- 1 T2H:n sisäinen tietokanta ja projektipankki.
- 2 Kuosa, Atte. 2021. Innovaatioprojekti. Metropolia Ammattikorkeakoulu. T2H:n sisäinen tietokanta.
- 3 Kiilto verkkosivusto. Kerafiber vedeneristeen työohje. Saatavissa: <https://www.kiilto.fi/tuote/kiilto-kerafiber-vedeneriste/>
- 4 Suomen Betonilattiyhdistys ry. 2016. BLY-18. Maakostean betonin käyttö mosaikkibetonilattioissa. Verkkodokumentti. Viitattu 5.3.2022. Saatavissa: <http://www.bly.fi/File/BLY-18.pdf> .
- 5 Ecofloor verkkosivusto. Maakostean betonin esittelysivut. Viitattu: 31.12.2021 Saatavissa: https://ecofloor.fi/tuotteet/maakostea-betoni/?gclid=Cj0KCQjw5J_mBRDVA
- 6 Grönthal, Niko, Bekason Oy. Puhelinhaastattelum, 28.3.2022.
- 7 Lappalainen, Hanna-Mari. Verkkootikkeli. Viitattu 31.12.2021. Saatavissa: <https://www.heili.fi/uutiset/item/7694-nopeasti-kuivuva-mutta-vahemman-kantava>
- 8 Vierailu kohdetyömaalla Tuusulassa 23.2.2022.
- 9 Nieminen, Roni, Vastaava työnjohtaja, T2H Vantaa Oy. Haastattelu, Tuusula, 3.3.2022
- 10 Betonitieto.fi. Verkkojulkaisu ”Betonirakenteiden kuivuminen”. Viitattu:31.12.2021 Saatavissa:<https://www.betonitieto.fi/tyomaat/betonitoiden-johtaminen-talonrakentaminen/olosuhde-ja-kosteudenhallinta/betonin-kosteus/betonirakenteiden-kuivuminen.html>
- 11 Sisäilmayhdistys Ry. Verkkojulkaisu ”Rakenteiden kuivattaminen”. Viitattu 26.3. Saatavissa:<https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kunnossapito-ja-korjaaminen/Purku-kuivaus-ja-puhdistus/Rakenteiden-kuivattaminen>
- 12 HRK konevuokraamon nettisivut. Viitattu 6.3.2022. Saatavissa: <https://www.hrk.fi/tuotekategoria/lampotermoni-30-kw-84126/>
- 13 MP-Yhtymä Oy:n verkkosivusto. Viitattu 6.3.2022. Saatavissa: <https://www.mp-yhtyma.fi/lammitys/sahkolammitys/lampopuhallin-remko-elkomat-3-2-kw/>
- 14 Skanskan konevuokraamo, heatmobilin esittelysivu. Viitattu 6.3.2022. Saatavissa: <https://skanskakonevuokraus.fi/tuote/heatmobil-195-kw/>

- 15 [Corroventa Oy verkkosivut. Viitattu 26.3. Saatavissa: https://www.corroventa.fi/tuotteet/adsorptiokuivain/adsorptiokuivain-ctr-300xt/](https://www.corroventa.fi/tuotteet/adsorptiokuivain/adsorptiokuivain-ctr-300xt/)
- 16 Strong-Finland Oy verkkosivut. Levykuivaimen tuotesivu. Viitattu 26.3. Saatavissa: <https://strong.fi/tuote/str-600-levykuivain/>