

Saimaan ammattikorkeakoulu
Tekniikka Lappeenranta
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutus
Talonrakennustekniikka

Joona Husu

Maakostean betonin kuivuminen, seuranta ja kuivumisen edesauttaminen työmaaolosuhteissa

Opinnäytetyö 2019

Tiivistelmä

Joona Husu

Maakostean betonin kuivuminen, seuranta ja kuivumisen edesauttaminen työmaaolosuhteissa, 27 sivua

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikka Lappeenranta

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutus

Rakennesuunnittelun suuntautumisvaihtoehto

Opinnäytetyö 2019

Ohjaajat: lehtori Heikki Vehmas, Saimaan ammattikorkeakoulu, työpäällikkö

Pasi Kivelä, T2H Rakennus Oy

Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia tilaajalle ohjeistus maakostean betonin käytössä huomioitavista asioista työmaaolosuhteissa. Työssä käytettiin lähtötietoina case-kohteen maakostean betonin kosteusmittaustuloksia sekä pohdittiin merkittävimmät vaikuttavat tekijät kuivumisaikojen vaihteluille.

Suomessa maakostean betonin käyttö asuinrakentamisessa ei ole vielä yleistynyt merkittävästi, eikä varsinaisia ohjeita maakostean betonin käytölle ole julkaistu. Tutkin ja analysoin case-kohteen kosteusmittaustuloksia sekä haastattelujen vastauksia. Tämän pohjalta tehtiin ohjeistus maakostean betonin käytöstä tilaajalle.

Tärkeintä on varmistaa, että valettavan alueen pohjan olosuhteet ovat parhaat mahdolliset, jotta maakostean betonin kuivuminen tapahtuu toivotulla tavalla. Maakostean betonin hyvät ominaisuudet verrattuna tavanomaiseen betoniin ovat sen nopea kuivuminen ja koossapysyvyys. Maakostean betonin käytössä tulee huomioida, että sitä käytetään sen ominaisuuksien kannalta oikeissa rakenteissa.

Asiasanat: maakostea betoni, kuivuminen

Abstract

Joona Husu

Drying, monitoring and ensuring the drying of semi-dry concrete at construction site, 27 Pages

Saimaa University of Applied Sciences

Technology Lappeenranta

Civil and Construction Engineering

Structural Engineering

Bachelor's Thesis 2019

Instructors: Mr Heikki Vehmas, Lecturer, Saimaa University of Applied Sciences, Mr Pasi Kivelä, Construction manager, T2H Rakennus Oy

The purpose of this thesis was to create instructions about semi-dry concrete for the construction site. The results of the completed building were used in the thesis and factors affecting the drying were considered.

There is not much instructions about semi-dry concrete in Finland. The instructions were made for the company based on the interviews and the information of the completed building.

Semi-dry concrete is good because it dries quickly. It is important to make sure it dries well so it would be useful. Semi-dry concrete is more fragile, and it is not as strong as normal concrete.

Keywords: semi-dry concrete, drying

Sisällys

1	Johdanto	6
2	Maakostea betoni	7
2.1	Massan rakenne ja koostumus	7
2.2	Käyttökohteet.....	8
2.3	Kuivuminen ja raja-arvot.....	9
2.4	Haastattelut	12
2.4.1	Haastattelu 1	12
2.4.2	Haastattelu 2	13
3	Maakostea betoni vs. normaali rakennusbetoni.....	13
4	Case-kohde ja kohteen maakosteet betonityöt.....	15
5	Case-kohteen kuivumistulosten analysointi	19
5.1	Seuranta ja käytetyt seurantamenetelmät	19
5.2	Olosuhteet	20
5.3	Vaikuttavat tekijät.....	23
5.4	Yhteenveto	24
6	Päätelmät.....	26
	Lähteet.....	28

Käsitteet

Suhteellinen kosteus	on prosenttiluku, joka ilmaisee, kuinka paljon betonin huokostilassa on vesihöyryä siihen nähden, mitä kyseisessä lämpötilassa voi olla enimmillään vesihöyryä. Lyhenne RH%.
Porareikämittaus	on mittausmenetelmä, jossa betoniin porataan kaksi eri syvyistä reikää. Rei'istä mitataan betonin RH%, joista syvemmästä saatu arvo on määräävä. Mitataan myös sisäilman RH% sekä lämpötila.
Hydrataatioreaktio	Hydrataatioreaktiolla tarkoitetaan yleisesti betonin kovettumista, millä viitataan sementin reagointiin veden kanssa. Reaktio johtaa kemiallisiin ja fysikaalisiin muutoksiin sementin ja veden seoksessa.
Vesi-sementtisuhte	Vesi-sementtisuhteella tarkoitetaan betonissa olevan vesimäärän ja sementin välistä suhdetta.

1 Johdanto

Työn tilaajana toimii T2H Rakennus Oy, joka on pääkaupunkiseudulla ja Pirkanmaalla toimiva asuinrakentamiseen keskittyvä yritys. Yritys on perustettu Vantaalla vuonna 2010 ja kasvua on tapahtunut tasaisesti joka vuosi.

Maakostean betonin käyttö asuinrakentamisessa on vielä vähäistä, mutta sen käyttö yleistyy hyvien ominaisuuksiensa ansiosta kaiken aikaa. Vähäisen veden tarpeen ansiosta massa kuivuu hyvin nopeasti verrattuna normaaleihin rakennusbetoneihin. Tästä syystä maakostea betoni yleistyy myös asuinrakentamisessa, koska lyhyt kuivumisaika nopeuttaa hankkeiden aikatauluja.

Maakosteasta betonista ei ole tehty yleisiä ohjeita tai opinnäytetöitä kuin muutamia. Opinnäytetöitä on pääsääntöisesti tehty niiden tilaaja yrityksille, joten tämä opinnäytetyö on ajankohtainen tämän työn tilaajalle maakostean betonin käytön lisääntyessä.

Työn tarkoituksena on tutkia ja analysoida case-kohteen kosteusmittauspöytäkirjan loppuraportin tuloksia. Tulosten perusteella pohditaan vaikuttavia tekijöitä maakostean betonin kuivumisaikojen vaihtelulle. Työn perusteella tilaajalle laaditaan ohjeistus huomioitavista asioista työmaaolosuhteissa käytettävästä massasta ja sen valmistus menetelmästä.

Työssä ei ole tutkittu maakostea betonია erikseen vaan pohdinta tehdään kosteusmittauspöytäkirjan loppuraportin perusteella. Kosteusmittaukset suoritettiin kohteessa ulkopuolinen toimija. Mittauksissa käytettiin porareikämittausmenetelmää.

2 Maakostea betoni

Maakostea betoni on vähemmän vettä sisältävä betoni kuin normaalit rakennusbetonit. Maakostean betonin käyttö suomalaisessa asuinrakentamisessa ei vielä ole yleistynyt yhtä paljon kuin muualla Euroopassa, mutta koko ajan ollaan menossa siihen suuntaan, että maakostean betonin käyttö myös suomalaisessa asuinrakentamisessa yleistyy merkittävästi. Valmisbetonit jaetaan eurooppalaisen normin mukaan kolmeen ryhmään, jotka ovat lujuusluokiteltu betoni, koostumuksen mukainen betoni ja standardikoostumusbetoni. Maakostea betoni kuuluu koostumuksenmukaiseen betoniluokkaan, kun normaalit valmisbetonit kuuluvat lujuusluokiteltuun betoniluokkaan. (BLY-18, 10.)

Suomessa maakostean betonin valmistamiseen käytetään SFS-EN-206-standardia. Maakostea betoni on betonia, jossa tuotetaan betoni sovitun reseptin mukaan niin, että kilomäärät toteutuvat eri osa-aineissa. Maakostean betonin osa-aineet ovat runkoaine, sementti ja vesi. Maakostean betonin lujuus rakenteessa muodostuu sen mukaan, kuinka tiivistyminen massassa toteutuu. Tiivistymiseen vaikuttavia tekijöitä ovat tavoitekilomäärät sekä massan kosteus ja kiviaineksen koostumus. Maakostealle betonille ei ole virallisia lujuusvaatimuksia. (BLY-18, 10.)

Maakostea betonia valmistetaan joko betoniasemilla tai työmaalla. Betoniasemalla valmistettu massa kuljetetaan työmaalle betoniautoilla ja pumpataan valukohtaan. Työmaalla valmistettaessa maakostean betonin runkoaineet lisätään myllyyn käsin, mylly sekoittaa osa-aineet ja massa pumpataan myllystä valukohtaan. (BLY-18, 13-14.)

2.1 Massan rakenne ja koostumus

Maakostea betoni koostuu pääosin sementistä, kiviaineksesta ja vedestä. Massaan voidaan lisätä lisäaineita ja seosaineita, jolloin massaan saadaan eri ominaisuuksia. Maakostean betonin koostumuksessa käytetään yleensä 0-8 millimetristä kiviainesta. Massan lujuuteen vaikuttavat kiviaineksen raemuoto, rakeisuus ja tiiveys. (BLY-18, 11-13.)

Maakostean betonin vesi-sementtisuhde on noin 0,3. Alhaisella vesi-sementtisuhteella varmistetaan rakenteen irtonaisuus. Maakostean betonin lujuus jää heikommaksi normaaliin rakennusbetoniin verrattuna, vaikka vesi-sementtisuhde on lähes sama, koska maakostea betoni on paljon huokoisempaa pienemmän vesimäärän takia. Normaalilla rakennusbetonilla huokoisuus on noin 1-2 %, kun maakostealla betonilla se voi olla yli 10 %. Vesi-sementtisuhteen ollessa alle 0,3, sementissä ei välttämättä tapahdu täydellistä hydrataatioreaktiota. Osa sementistä jää sitoutumatta, jos täydellistä hydrataatioreaktiota ei tapahdu. Hydrataatioreaktiolla tarkoitetaan sementin reaktiota veden kanssa, joka tarkoittaa betonin kovettumista. Maksimiarvo vesi-sementtisuhteelle on noin 0,7, jonka yli mentäessä massasta tulee liian juoksevaa, mikä ei ole maakostean betonin tarkoitus. (BLY-18, 10.)

2.2 Käyttökohteet

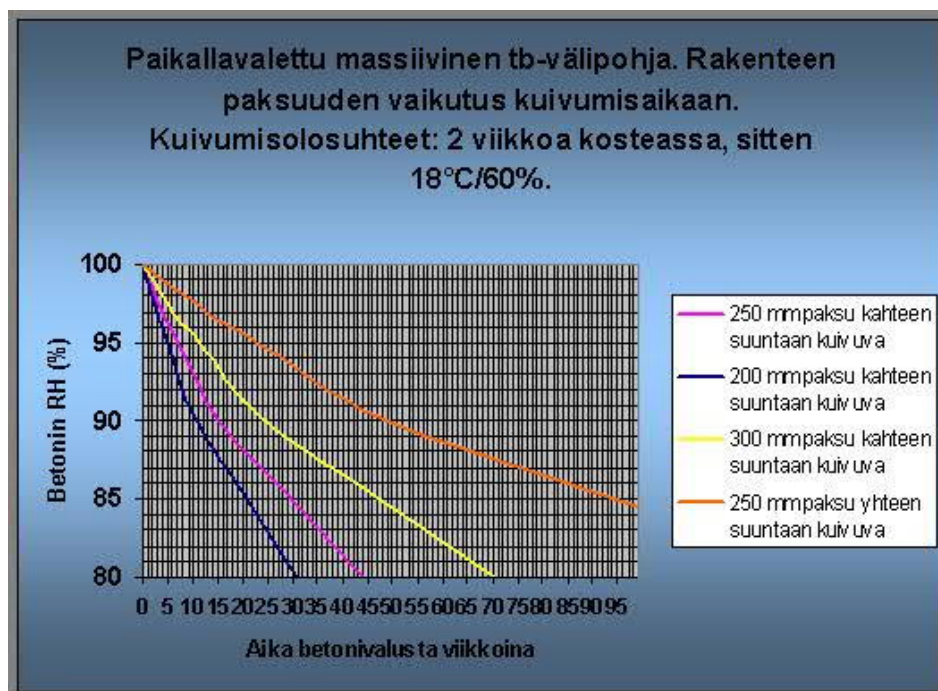
Maakostean betonin tähän asti yleisimpiä käyttökohteita Suomessa ovat olleet teollisuus- ja infrarakentamisessa betonipäälysteet. Betonipäälysteitä on kolme eri tyyppiä, jotka ovat maabetoni, jyräbetoni ja betonipäälyste. Maabetonista käytetään menetelmänimitystä sementtistabilointi ja betonipäälysteellä tarkoitetaan liikennöitävän rakenteen kulutuskerrosta. Jyräbetoni on pakkasenkestävää betonia ja se kestää itsessään kulutuskerroksena ilman päälylystettä. Lisäksi maakostea betonia on käytetty mosaiikkibetonilaattojen ja pihakivetysten kiinnittämiseen. (BY 201, 541-544)

Maakostean betonin käyttö yleistyy asuinrakentamisessa kovaa vauhtia. Asuinrakentamisessa yleisin käyttökohde maakostealle betonille on märkätilojen lattioiden pintavalut tämän nopean kuivumisen takia. Nopean kuivumisen ansiosta seuraava työvaihe saadaan nopeasti aloitettua. Maakostea betonia tulee käyttää vain pintalatioissa, koska heikon lujuuden takia valettu betonilaatta ei kestä kantavan rakenteen vaatimia rasituksia. Pintalattialla tarkoitetaan tässä tapauksessa lattiapintaa, joka valetaan ontelolaattavälipohjan päälle maakostealla betonilla. Maakostean betonin käyttökohteita rajoittaa myös varmasti se, että betoni tulee aina pinnoittaa, koska maakostealla betonilla on huonompi kulutuskestävyys kuin esimerkiksi normaalilla rakennusbetonilla. (Basili 2017, 16.)

2.3 Kuivuminen ja raja-arvot

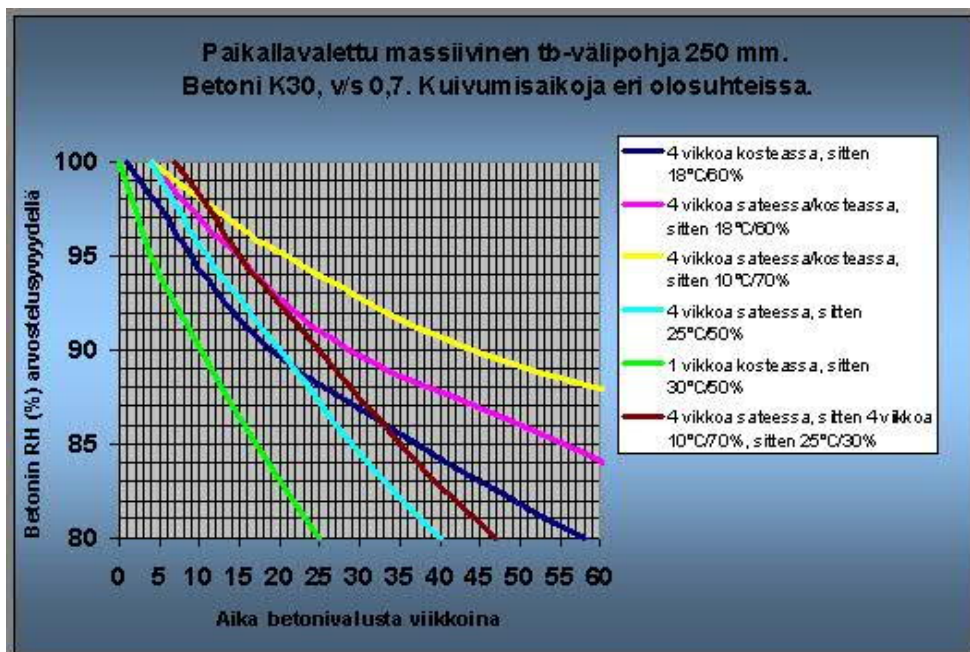
Maakostean betonin kuivumistavassa ei ole normaaliin betoniin verrattuna eroja. Ennen ja jälkeen valamisen tulee ottaa huomioon muutamia seikkoja, jotta kuivumista betonissa pääsee tapahtumaan toivotulla tavalla. Suhteellisen kosteuden arvo 90 % on monilla eri pinnoitusmateriaaleilla raja-arvona rakenteen pinnoittamiselle, mutta kaikilla pinnoitusmateriaaleilla on materiaalikohtaisesti tarkemmat raja-arvot valmistajan asettamina.

Betonin kuivumista ei kuitenkaan saa sekoittaa betonin kovettumiseen. Betonin kuivuminen on sitä, kun betonissa oleva vapaa vesi haihtuu pois valetusta betonirakenteesta, kunnes tasapainokosteus saavutetaan. Kovettumisella tarkoitetaan betonin lujuuden kasvua veden ja sementin reagoidessa. Tasapainokosteuden saavuttamiseen voi kuitenkin kulua monia vuosia. Pinnoitusmateriaalien raja-arvojen alapuolelle betoni kuivuu massan ominaisuuksista riippuen viikoista useampaan kuukauteen. Kuivumisaika pinnoituskelpoiseksi riippuu betonin paksuudesta, kuivumissuunnista, käytettävästä massasta ja pinnoitusmateriaalin vaatimasta suhteellisen kosteuden raja-arvosta. Kuvassa 1 on esitetty kuivumissuuntien ja rakenteen paksuuden vaikutus teräsbetonin kuivumiseen. (Betoni 1.)



Kuva 1. Kuivumissuunnan ja rakenteen paksuuden vaikutus kuivumiseen (Sisäilmäyhdistys ry)

Betonin kuivumisen edesauttamiseksi on tärkeää varmistaa, että tilassa on riittävän hyvä ilmanvaihto. Vajavainen ilmanvaihto aiheuttaa sen, että ilmankosteus valetussa tilassa nousee liian suureksi ja hidastaa veden haihtumista betonista ja näin kasvattaa betonin kuivumisaikaa. Tehokkainta valetun betonin kuivuminen on, kun pitoisuusero on suhteellisilla kosteuksilla ilman ja betonin välillä suurimmillaan niin, että ilman suhteellinen kosteus on mahdollisimman alhainen verrattuna betonin suhteellisen kosteuden arvoon. Kuivumisessa tulee ottaa huomioon myös se, että valettu betonimassa ei kuivu liian nopeasti ja aiheuta tällöin ongelmia massan rakenteessa, kuten halkeilua. Kuvassa 1 on esitetty kuivumisaikojen vaihtelut erilaisissa olosuhteissa. (Mäntynen 2019.)



Kuva 2. Teräsbetonilaatan kuivumisajat viikkoina eri olosuhteissa. Laatan paksuus 250 mm, vesi-sementtisuhde 0,7 (Sisäilmayhdistys ry)

Maakostea betoni on hyvin herkkä ulkopuolisen veden suhteen. Maakostea betonia ei saisi päästää kosketukseen ulkopuolisen veden kanssa lainkaan kovetumis- ja kuivumisvaiheessa tai valetun massan kuivumisaika muuttuu merkittävästi ajateltua pidemmäksi. Maakostean betonin kuivumisaika ilman ongelmia on yleensä alle kaksi kuukautta, riippuen valettavan massan paksuudesta. Haastattelemani urakoitsijan lähteessä annetaan maakostean betonin kuivumisajaksi

neljä viikkoa, kun massan paksuus on sata millimetriä. Lisäaineilla massa saadaan pinnoituskuivaksi vieläkin nopeammin. Rakennuksen tulee olla täysin vesitiivis, jotta maakostea betoni voidaan valaa ilman suuria riskejä ulkopuolisen veden suhteen sekä valetulle massalle taataan tällöin parhaat mahdolliset olosuhteet kuivumiselle. (Mäntynen 2019; EcoFloor 2019.)

Rakennekosteudella eli betonin suhteellisella kosteudella on merkitystä, kun betoni on kosketuksessa pinnoitteiden kanssa. Monet pinnoitusmateriaalit voivat vaurioitua tai irrota betonin emäksisestä kosteudesta johtuen. Betoni karbonatoituu, eli emäksisyys laskee, kun se reagoi ympäröivän ilman hiilidioksidin kanssa. Betonin kuivuessa sen emäksisyys laskee, eikä näin aiheuta vauriota pinnoitusmateriaalille. Tästä syystä pinnoitusmateriaaleille on asetettu minimi RH%, jonka alapuolella betonin suhteellisen kosteuden tulee olla, jotta pinnoitusmateriaali on turvallista asentaa betoni pinnalle. Yleensä betonin kuivumista tehostetaan, jotta rakennusaikataulut eivät venyisi pitkiksi. Raja-arvot yleisimmille pinnoitusmateriaaleille on esitetty taulukossa 1. (Finnsementti.)

Vedeneriste	<90 %	Kiilto, Weber
	≥85 - < 90 %	Casco
Parketti	<80 - 85 %	Valmistajasta riippuen
Laminaatti	<80 - 85 %	Valmistajasta riippuen
Muovimatto	<85 %	Usealla valmistajalla
Vinyylilankku	<80 - 85 %	Valmistajasta riippuen

Taulukko 1. Betonin suhteellisen kosteuden raja-arvot yleisemmille pinnoitusmateriaaleille

2.4 Haastattelut

Työhön haastateltiin kahta eri urakoitsijaa, jotka tekevät valuja maakostealla betonilla. Haastatteluissa kysymykset olivat yleisesti maakosteasta betonista ja siihen liittyvistä aiheista, kuten erikoismassoista, käytettävästä menetelmästä, jolla he maakosteaa betonia valmistavat, sekä heidän toiveistansa/ vaatimista asioista, jotka työmaalla tulisi ottaa huomioon ennen ja jälkeen valun.

2.4.1 Haastattelu 1

Tiedot perustuvat EcoFloor Finland Oy:n myyntijohtaja Marko Mäntynen haastatteluun. Heidän yrityksellään on käytössään maakostean betonin sekoittamiseen ja pumppaukseen kehitetty betoniauto. Heillä ei ole muita mylly- tai pumpputyyppejä käytössä. Betoniautossa on suuri säiliö, johon maakosteassa betonissa käytettävä runkoaine eli hiekka laitetaan, joko soramontulla tai tarvittaessa työmaalla. Betoniautoon on rakennettu tietokoneella toimiva ohjelma, joka annostelee osa-aineet sadan gramman tarkkuudella. Tietokoneohjelmoidun järjestelmän ansiosta maakostean betonin laatu pysyy tasalaatuisena koko urakan ajan. Haastattelussa Mäntynen totesi, että betoniautoa käytettäessä valusta ei aiheudu haittoja sen tilaajalle. Betoniautolla tehdessä säästöjä tulee yhden työntekijän verran. Betoniautolla saadaan myös materiaali- ja jätehuoltokustannussäästöjä, koska osa-aineista ei jää mitään työmaalle vaan ne jäävät autoon, joka kuljettaa ylimääräiset osa-aineet pois työmaalta lähtiessään. Tällä hetkellä kyseisellä urakoitsijalla ei ole käytössä erikoismassoja.

Haastattelussa kysyin, millaisia vaatimuksia he asettavat työmaalle liittyen esivalmisteluihin, valettavaan alueeseen sekä jälkihoidolle. Mäntynen sanoi, että työmaalla tehtävissä esivalmistelussa tulisi huomioida erityisesti, että valettava alue on säältä suojattu ja valettavan tilan ja pohjan lämpötilan on oltava vähintään +10 astetta. Valettavan alueen tulee olla kuiva ja pölytön, jotta paras mahdollinen kuivumisaika ja tartunta ontelolaattaan toteutuu. Haastattelussa ei ilmennyt tarkkaa arvoa pohjan suhteelliselle kosteudelle, joka määrittäisi heidän vaatimansa pohjan kuivuuden raja-arvon. Varsinaista jälkihoitoa heidän valmistama maakosteaa betoni ei tarvitse paitsi, jos tilan lämmittämiseen ja kuivattamiseen käytetään tehokkaita puhaltimia. Tehokkaita puhaltimia käytettäessä valetun betonin pinta

tulee suojata muovilla seitsemän vuorokauden ajaksi valun jälkeen. Valetun tilan lämpötilan tulisi olla +20 astetta ja ilman suhteellisen kosteuden alle 50 %, jotta mahdollistetaan betonille parhaat kuivumisolosuhteet.

2.4.2 Haastattelu 2

Tiedot perustuvat Cering Oy:n toimitusjohtaja Hannu Kaltiaisen haastatteluun. Heidän yrityksellään ei ole käytössä maakostean betonin valmistukseen käytettävää betoniautoa. He käyttävät maakostean betonin valmistukseen niin sanotusti perinteisempää menetelmää. Heidän käyttämässä menetelmässä käytetään pienempää myllyä ja pumppua, johon työntekijä annostelee osa-aineet käsin.

Heidän käyttämässään menetelmässä ei ole käytössä koneellista osa-aineiden annostelijaa. Työntekijä annostelee runkoaineen, veden ja sementtimäärän myllyyn käsin. Haastattelussa selvisi, että heidän käyttämät osa-ainemäärät perustuvat heidän saamaansa kokemukseen maakostean betonin käytöstä. Heillä on käytössä myös erikoismassoja, mutta tarkempia tietoja heidän käyttämistään erikoismassoistaan haastattelussa ei selvinnyt.

Haastattelussa kysyttiin sama kysymys molemmilta urakoitsijoilta liittyen heidän toiveisiinsa ja vaatimuksiin esivalmisteluille, valettavaan alueeseen ja jälkihoitoon. Molemmilla urakoitsijoilla vastaukset olivat lähes samanlaiset. Vastauksissa ilmeni valettavan pohjan kuivuuden, ilmanvaihdon ja ilman suhteellisen kosteuden tärkeys kuivumisen kannalta. Ainut ero vastauksissa oli se, että Kaltiainen ei asettanut vaatimuksia jälkihoidolle heidän valmistamalleen massalle.

3 Maakostea betoni vs. normaali rakennusbetoni

Rakenteeltaan maakostean betonin ja normaalin rakennusbetonin massat erottuvat toisistaan merkittävästi. Normaalissa rakennusbetonissa käytetään yleensä raekooltaan suurempaa runkoainetta eli kiviainesta, kun maakosteassa betonissa. Normaalin rakennusbetonin kiviaineksen raekoko on yleisesti 0,02-32 mm, kun maakosteassa betonissa se on 0-8 mm. Runkoaineen raekoko valitaan valukohteen mukaan. Mitä pienempää raekokoa betonissa käytetään, sen parempi

massan työstettävyyys on. Samalla kutistumat ovat sitä suuremmat mitä pienempää raekokoa on käytetty. Kantavissa rakenteissa, kuten anturoissa, käytetään kiviaineksessa suurempaa raekokoa, koska suuremmalla raekoolla saadaan vaadittu lujuus pienemmällä sementtimäärällä. (Betoni 1; Anttila.)

Normaalissa rakennusbetonissa käytetään reilusti enemmän vettä kuin maakosteassa betonissa, joten normaali rakennusbetoni on koostumukseltaan jo valmiiksi vetisempää kuin maakosteaa betoni. Normaali rakennusbetoni on juoksempaa suuremman vesimäärän takia, kun taas maakosteaa betoni on kiinteää ja enemmän märän hiekan näköistä. Ilmanpaineella tapahtuvan pumppaustekniikan ja pienen vesimäärän ansiosta valutilanteessa maakosteaa betoni ei roisku, eikä seiniä ja ikkunoita tarvitse suojata valun ajaksi. (EcoFloor 2019.)

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

Kuva 3. Taulukossa vertailtu maakosteaa betonia ja normaalia rakennusbetonia. Massan paksuus 100 mm (EcoFloor 2019)

Normaalin rakennusbetonin jälkihoidon tarve on suurempi kuin maakostean betonin. Normaalin rakennusbetonin jälkihoidon tarkoitus on varmistaa, ettei betoni kovetu ja kuivu liian nopeasti. Liian nopeasti kovettunut ja kuivunut betoni aiheuttaa betonipintaan halkeamia. Liian nopea kovettuminen ja kuivuminen aiheuttaa myös kosteus- ja lujuuseroja pinnan ja sisemmän rakenteen välille. Jälkihoidon ensimmäinen vaihe on betonipinnan hiertäminen. Hiertämisen jälkeen betonipintaan voidaan suihkuttaa jälkihoitoainetta tai pinta voidaan kastella vedellä. Betonipinnan ollessa riittävän kostea, se peitetään esimerkiksi muovilla, ettei liian nopeaa kuivumista pääse tapahtumaan. Maakosteassa betonissa jälkihoito työvaihe jää kokonaan pois. (Betoni 2.)

4 Case-kohde ja kohteen maakosteet betonityöt

Case-kohteena tutkin ja analysoin erään kerrostalohankkeen kylpyhuoneiden pintalattialaattavaluissa käytettyä maakostea betonilla. Valu-urakoitsija kohteessa oli ulkopuolinen toimija. Mittaukset kohteessa teki myös ulkopuolinen toimija porareikämittausmenetelmällä.

Hanke on asuinkerrostalo, jossa on vähän yli 50 asuntoa. Suurin osa huoneistoista on yksiöitä. Kylpyhuoneet ovat kooltaan noin 5-8 m² riippuen asunnon pinta-alasta. Asuntojen kylpyhuonetilojen pintalattialaatat on valettu maakosteella betonilla. Kohteessa päädyttiin käyttämään maakostea betonilla sen nopean kuivumisen takia, jotta seuraava työvaihe päästäisiin aloittamaan nopeasti valun jälkeen. Seuraava työvaihe oli kylpyhuoneiden vedeneristys ja laatoitus. Kohde valmistui syksyllä vuonna 2018.

Case-kohteen maakostea betonimassa tehtiin työmaalla. Työmaalla oli maakostean betonin valmistamiseen soveltuva betonimylly ja mylly pumppasi massaa myös eteenpäin (kuvat 4 ja 5). Valu-urakoitsijan työntekijä annosteli osa-aineet myllyyn käsin. Käsin annostellessa osa-aineiden kilomäärissä tulee helposti vaihtelua. Osa-aineiden määrän vaihtelu aiheuttaa massassa sen laatu- ja koostumuseroja, joten massa ei ole tasalaatuista koko valu-urakan aikana.



Kuva 4. Betonipumppu



Kuva 5. Betonipumppu ja sementtisäkit

Maakosteassa betonissa käytetyt osa-aineet varastoitii ulko-olosuhteissa. Sementtisäkit olivat kuormalavojen päällä ja ne olivat suojattu muovilla päältä (kuva 5). Runkoaineena käytettyä hiekkaa lämmitettiin. Hiekka kipattiin pumppauspaikan läheisyyteen ja se peitettiin pressuilla. Hiekan taakse rakennettiin pressukatotos, jossa lämmittimet olivat (kuva 6).



Kuva 6. Kiviaines eli hiekka, raekoko 0 – 4

Ennen maakostean betonin valua kylpyhuoneiden pohjat raudoitettiin ja raudoituksen pintaan asennettiin lattialämmitysputket. Rauditus asennettiin oikeaan korkoon niin, että vaadittu betonipeitepaksuus toteutuu. Raudituksen korossa tuli huomioida myös se, että lattialämmitysputket jäivät riittävän alas betonipeitepaksuuden kannalta. Lattialämmitys kohteessa toteutettiin vesikiertoisena (kuva 7).

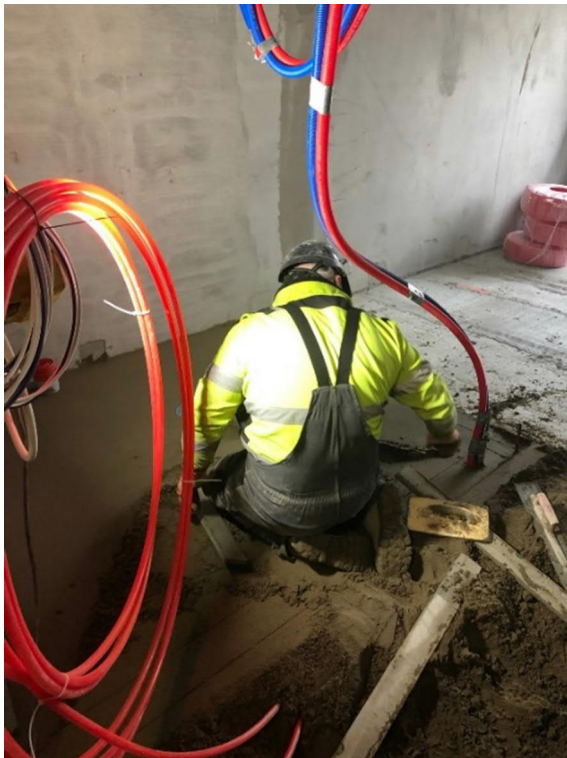


Kuva 7. Kylpyhuoneen lattiarauditus ja lattialämmitysputket

Rakennuksen sisällä työntekijät annostelivat ja levittivät massaa kylpyhuoneiden kohdalle. Massaa tasattiin ja hierrettiin pitkällä linjalaudalla niin, että kylpyhuoneiden lattiat olivat oikeassa korossa ja kaadot lattiakaivoa kohti vaatimusten mukaiset (kuvat 8 ja 9).



Kuva 8. Massan annostelija ja tasoitustyöntekijä



Kuva 9. Maakostean betonipinnan hiertäminen ja kaatojen tekeminen

Massa valettiin välipohjana käytettyjen ontelolaattojen päälle (kuva 10). Maakostean betonin paksuus kylpyhuoneiden kohdalla oli noin 250 millimetriä. Asunnon loput lattiapinnat valettiin väliseinien rakentamisen jälkeen. Asuntojen muissa lattiavaluissa ei käytetty maakostea betonia.



Kuva 10. Valmis maakostea betonilattia kylpyhuoneen kohdalla

5 Case-kohteen kuivumistulosten analysointi

Tulosten analysointi perustuu mittausurakoitsijan laatimaan kosteusmittauspöytäkirjan loppuraporttiin. Loppuraportissa esitetään jokaisen kylpyhuoneen porareikämittauksen tulokset, milloin maakostea betoni on riittävän kuiva ja se voidaan pinnoittaa. Loppuraportissa ilmoitetaan myös, millaiset sisä- ja ulko-olosuhteet mittauspäivänä on ollut.

5.1 Seuranta ja käytetyt seurantamenetelmät

Maakostean betonin kuivumisen seurannan kohteessa teki ulkopuolinen toimija. Rakennemittauksissa noudatettiin RT-kortiston ohjetta Betonin suhteellisen kosteuden mittausta. (Loppuraportti 2018.)

Mittauskalustona käytettiin Vaisala HM40 -mittalaitteita ja Vaisala HMP40S -mitta-antureita. Mittari ja anturit olivat kalibroitu 05/ 2018, 06/ 2018 ja 07/ 2018. Mittarin tarkkuus RH:n mittauksessa $\pm 3 \%$ ja lämpötilan mittauksessa $\pm 0,3 \text{ }^\circ\text{C}$. (Loppuraportti 2018.)

Case-kohteessa maakostean betonin kuivumista seurattiin porareikämittauksilla. Tilaaja merkitsi mittauspaikat mittauksen tekijälle. Porauksen jälkeen porareiät imuroitiin puhtaaksi ja tulpattiin käyttäen Vaisala-mittaputkia ja tiivistysmassaa. Tulpattujen porareikien annettiin tasautua 3 vuorokautta, jonka jälkeen niihin asetettiin mitta-anturit. Antureiden annettiin tasaantua porarei'issä noin tunnin ajan ennen kuin tulokset kirjattiin ylös. Päälystettävyyden tulkinnessa on noudatettu päälystysmateriaalin valmistajan ohjeita suhteellisen kosteuden suhteen. (Loppuraportti 2018.)

Seurantamittauksia tehtiin aina tarvittaessa, kun oletettiin, että betonin suhteellinen kosteus on raja-arvojen alapuolella. Seurantamittaukset tehtiin pinnoitusmittausten tarkkuudella, jotta tuloksia voidaan tarvittaessa käyttää loppumittauksissa. (Loppuraportti 2018.)

5.2 Olosuhteet

Case-kohteen kylpyhuoneiden pintalattiat valettiin maakostealla betonilla maaliskuun ja huhtikuun taitteessa vuonna 2018. Kylpyhuoneiden pintalattiavalut aloitettiin viikolla 12 neljännestä kerroksesta, ja ne saatiin valmiiksi ensimmäisessä kerroksessa viikolla 14. Kevään ja alkukesän sää oli varsin hyvä betonin kuivumisen suhteen. Sopivan lämmin ja alhainen ilman suhteellinen kosteus. Tässä kohteessa maakostean betonin päälle levitettävä pinnoite oli vedeneriste ja pinnoitukselle hyväksyttävä betonin suhteellisen kosteuden arvo täytyi olla alle 90 %. (Loppuraportti 2018.)

Toukokuun alussa tehdyt ensimmäiset mittaukset neljänteen kerrokseen oli ajoitettu ehkä hiukan liian aikaisin, koska maakostean betonin oletettu kuivumisaika on lähellä kahta kuukautta. Porareikämittausten perusteella 13 asunnosta yhdeksän kylpyhuonelattiaa oli kuivunut suhteellisen kosteuden raja-arvon alapuolelle. Näiden yhdeksän asunnon lattiat kuivuivat pinnoituskelpoisiksi vajaan seitsemän viikon aikana, mikä on kuitenkin maakostealle betonille ilman lisäaineita varsin

hyvä tulos. Ulkoilman olosuhteet mittauspäivänä olivat kuivumiselle hyvät, RH% oli 48 % ja lämmintä 20 astetta. Sisäilman RH% oli 65-77 % välillä huoneistosta riippuen. Sisäilman lämpötila oli noin 20 astetta kaikissa huoneistoissa. Toukokuun loppupuolella tehdyt uusintamittaukset neljässä kylpyhuoneessa antoivat tuloksen, että kolmen kylpyhuonelattian suhteellisen kosteuden arvo oli tarpeeksi alhainen pinnoittamiselle ja yhdessä vielä liian korkea. (Loppuraportti 2018.)

Heti kesäkuun alussa suoritettiin porareikämittaukset kolmannen kerroksen asuntojen kylpyhuoneisiin. Tämän mittauksen ajankohta osoittautui varsin hyväksi, sillä kaikki kolmannen kerroksen kylpyhuoneiden lattiat olivat kuivuneet alle suhteellisen kosteuden raja-arvon. Näiden asuntojen lattioiden mittaukset suoritettiin noin 10 viikkoa valupäivän jälkeen. Sää toukokuussa oli lämmin ja kuivumista edesauttava. Ulkoilman olosuhteet olivat mittauksessa 21 astetta lämmintä ja RH% 41 %. Sisäilman olosuhteet mittauspäivänä olivat 40-46 % välillä ja lämpötila sisätiloissa oli 17-19 asteen välillä. Rakennuksen sisälle järjestettiin tarvittava ilmanvaihto puhaltimilla sekä kuivumisesta lähtevälle kosteudelle annettiin mahdollisuus poistua. Tämä toteutettiin pitämällä tuuletusikkunat auki sekä päivän aikana huoneistojen parvekkeiden ovet olivat myös avattuina. Neljännen kerroksen yksi puuttuva hyväksyntä mitattiin muutama päivä myöhemmin ja myös sen suhteellinen kosteus oli alle vaaditun pinnoittamisen suhteen. (Loppuraportti 2018.)

Kesäkuun lopulla tehdyssä mittauksessa mitattiin ensimmäinen ja toinen kerros. Toisen kerroksen maakosteat betonilattiat olivat kuivuneet hyvin kahta kylpyhuonetta lukuun ottamatta ja ensimmäisestä kerroksesta kuivia oli kolme kylpyhuonetta. Lattiat olivat tällöin kuivuneet 12 viikkoa. Mittauspäivänä sisäilman olosuhteet olivat RH% suhteen 63-70 % välillä. Sisäilman lämpötila oli noin 17 astetta. (Loppuraportti 2018.)

Olosuhteet vaihtelivat kesän ja alkusyksyn aikana poikkeuksellisen paljon. Kaikkia kesän aikana mitattuja tuloksia ei voitu hyväksyä. Korkea ulkolämpötila vaikutti myös betonin lämpötilaan niin paljon, etteivät tulokset olleet enää luotettavia. Mittauksia jouduttiin tekemään useammin, jotta luotettavat tulokset saatiin mitattua. Betonin lämpötilan täytyy olla +15-+25 asteen välillä, jotta mittauksen tulos on luotettava ja se voidaan hyväksyä. (Loppuraportti 2018.)

Ainoat suuremmat ongelmat kuivumisen suhteen tulivat eteen alimmassa eli ensimmäisessä kerroksessa. Ulkoilman olosuhteet olivat poikkeuksellisen lämpimät ja kosteat, mikä vaikutti suuresti myös kylpyhuoneiden lattioiden kuivumiseen. Korkea ulkolämpötila nosti rakennuksen sisälämpötilaa ja näin myös betonin lämpötilaa. Betonin korkea lämpötila vaikeutti mittauksia eniten niin, että mitatut tulokset eivät olleet luotettavia, vaikka tulokset olisivat olleet hyväksyttäviä, jouduttiin mittauksia tekemään uudestaan sitten, kun betonin lämpötila oli laskenut riittävän alhaiseksi. Rakennuksen ilmanvaihtoon panostettiin erityisesti kuumana kautena, käyttäen puhaltimia paremman ilmanvaihdon varmistamiseksi. Puhaltimilla tehostettiin rakennuksen ilmanvaihtoa, jotta betonin lämpötila saataisiin laskemaan. (Loppuraportti 2018.)

Ensimmäisen kerroksen kylpyhuoneiden mittaustulokset saatiin hyväksytysti mitattua aikavälillä 12-18 viikkoa valupäivästä. Hyväksyttävien tulosten mittauspäivinä olosuhteet sisäilman suhteellisen kosteuden osalta vaihtelivat välillä 56-89 %. Sisäilman lämpötilan vaihtelut olivat 16-25 asteen välillä, riippuen mittauspäivästä. Ulkoilman olosuhteet mittauspäivinä olivat suhteellisen kosteuden osalta 47-75 % ja lämpötilan osalta 16-24 asteen väliltä. Taulukossa 2 on esitetty olosuhteet taulukkomuodossa. (Loppuraportti 2018.)

Rakennuksen kerros	Alustan ikä	Mittapisteen suhteellinen kosteus		Sisäilman kosteus, RH		Sisäilman lämpötila		Ulkoilman kosteus, RH		Absoluuttinen kosteus		Ulkoilman lämpötila	
		<90	%	65 - 77	%	20	°C	48	%	13,86	g/m ³	20	°C
4 krs	7 vk	<90	%	65 - 77	%	20	°C	48	%	13,86	g/m ³	20	°C
3 krs	10 vk	<90	%	40 - 46	%	17 - 19	°C	41	%	12,93	g/m ³	21	°C
2 krs	12 vk	<90	%	63 - 70	%	17	°C	60	%	11,93	g/m ³	16	°C
1 krs	12 - 18 vk	<90	%	56 - 25	%	16 - 25	°C	47 - 75	%	11,34 - 19,43	g/m ³	16 - 24	°C

Taulukko 2. Rakennuksen kuivumisajat ja -olosuhteet kerroksittain

5.3 Vaikuttavat tekijät

Niin maakostean betonin kuin normaalinkin betonin kuivumisen etenemiseen on monia eri vaikuttavia tekijöitä. Suurin vaikuttava tekijä betonin kuivumiselle on riittävän ilmanvaihdon järjestäminen rakennukseen sekä käytetyn massan ominaisuudet, kuten vesi-sementtisuhde. Keskenäisessä rakennuksessa, jossa ei ole ilmanvaihtojärjestelmä käytössä, järjestetään ilmanvaihto erillisillä puhaltimilla.

Kesän 2018 poikkeukselliset sääolosuhteet vaikuttivat paljolti tämän kohteen mittaustuloksiin. Pitkä lämmin ajanjakso vaikeutti mittausten ajankohdan ajoitusta, sillä korkea ilman lämpötila nosti mittapisteen lämpötilaa liian suureksi, ja näin mittaustulokset eivät olleet luotettavia. Tässä kohteessa suurimmat vaikuttavat tekijät maakostealla betonilla valettujen lattiapintojen kuivumiseen olivat juuri riittävän ilmanvaihdon järjestäminen sekä sisätilojen ilmanlämpötilan ja suhteellisen kosteuden hallitseminen sopivaksi kuivumisen kannalta. Tuuletusikkunoiden ja parvekeovien pitäminen auki päivisin ei ainakaan tulosten perusteella suuresti auttanut kuivumista. Ulkoilman korkea lämpötila ja suhteellinen kosteus vaikuttivat suuresti sisäilman olosuhteisiin. Näistä syistä sisäilman suhteellinen kosteus rakennuksen sisällä jäi liian korkeaksi ja näin hidasti maakostean betonin kuivumista, varsinkin alemmissa kerroksissa, joissa kuivumisajat olivat todella pitkät verrattuna neljännen kerroksen lattiapintojen kuivumiseen. Perusteluna sille, että suhteellinen kosteus rakennuksen sisällä oli liian suuri, on se, että mahdollisimman tehokas kuivuminen tapahtuu, kun sisäilman suhteellisen kosteus on alhaisempi kuin betonin suhteellinen kosteus. Sisäilman suhteellisen kosteuden tulisi olla noin 50 %.

Massan tasalaatuisuuden vaihtelu eri kerrosten välillä voi olla myös yksi suuri vaikuttava tekijä kuivumisnopeuksissa. Kerrosten välillä massan koostumus voi vaihdella merkittävästi käytettävän massan valmistustavan perusteella. Maakostea betoni tehtiin paikan päällä, joten käytetty betonimassa ei ole täysin tasalaatuista, koska massaa tehdessä ei käytetty vaakaa osa-aineiden mittauksessa.

Maakostea betoni valmistettiin työmaalla käsin. Betonimylly oli ulkona rakennuksesta ja täten myös osa-aineet olivat ulkoilmassa. Valut tehtiin keskitalvella ja valuajankohtana olosuhteet olivat todella kylmät. Valu-urakoitsijan työntekijä valmisti betoni massaa ilman tarkkoja osa-ainemääriä eli valmistuksessa ei käytetty osa-aineiden punnitsemiseen vaakaa. Kiviainesta lapiotiin myllyyn aina tietty lapiomäärä, mutta koskaan lapiollisessa ei varmasti ole samaa määrää kiviainesta. Kiviaineksen määrä voi näin vaihdella suuresti valun aikana. Kiviaines oli ulkona pressujen päällä sekä sääsuojattu pressuilla. Kiviainesta lämmitettiin lämmitinpuhaltimilla, jotka olivat niille rakennetun pressukatoksen alla. Lämmittimillä pyrittiin pitämään kiviaines kuivana. Sideaineen määrä pysyy vakiona, koska sideaine on säkkitavarana. Vesi kaadettiin myllyyn käyttäen ämpäriä. Veden määrässä ei suuria poikkeamia näin voi tulla, mutta veden määrä voi kuitenkin vaihdella, koska ämpäriässä ei koskaan ole täysin samaa määrää vettä. Vaihtelua veden määrässä tapahtuu, koska vettä ei punnita eikä käytetä tarkkaa litramittaa veden määrän mittaamiseen.

Haastattelin tilaajan työnjohtajaa Jussi Inkistä, joka vastasi kylpyhuoneiden pintalattialaatta valuista maakostealla betonilla. Hänen mielestään yksi vaikuttavista tekijöistä massan kuivumisessa on pohjien kosteus ja se, että maakosteat betonilattiat valettiin tässä tapauksessa osassa kylpyhuoneissa liian märälle pohjalle. Pohjan kosteuden kuivuessa maakostean betonin alla siirtää se kosteutta maakostean betoniin ja nostaa maakostean betonin suhteellista kosteutta ja näin kasvattaa massan kuivumisaikaa. Haastattelin myös tilaajan työpäällikköä Pasi Kivelää ja hän oli myös samaa mieltä, että massa todennäköisesti valettiin liian märälle pohjalle. Maakostea betoni on herkkä ulkopuolisen veden suhteen, eikä se saisi päästä altistumaan ulkopuolisen veden tai kosteuden kanssa.

5.4 Yhteenveto

Tulosten analysoinnin perusteella suurimmat vaikuttavat tekijät ovat olleet liian korkea sisäilman suhteellinen kosteus, se, että massan valmistustavasta johtuen maakostea betoni ei välttämättä ollut tasalaatuista, sekä poikkeukselliset sääolosuhteet. Puutteellisen sisätilojen ilmanvaihdon takia suhteellinen kosteus rakennuksen sisällä on jäänyt liian suureksi ja hidastanut kuivumisprosessia merkittävästi. Suuri vaikutus sisätilan suhteellisen kosteuden korkeasta arvosta on ollut

myös ulkoilman korkea lämpötila ja täten myös suhteellisen kosteuden korkeus yhtäjaksoisesti. Rakennuksen tuulettamisen vuoksi ulkoilman olosuhteet ovat vaikuttaneet sisätilan olosuhteisiin merkittävästi.

Työmaalla tehtäessä maakostea betoni ei ole yhtä tasalaatuista kuin betoniaseamalla tai betoniautolla valmistettaessa. Työmaatekniikalla tehdessä työntekijä lapioi kiviainesta eli hiekkaa myllyyn määritetyn lapiomäärän, mutta sitä ei pystytä varmistamaan, että lapiollisissa on juuri oikea määrä kiviainesta, jos sitä ei erikseen punnita jokaisella lapiollisella. Ilman kiviaineksen ja vesi-sementtisuhteen tarkkaa suhdetta ja punnitsemista massan koostumus voi vaihdella suuresti urakan aikana. Uskon, että alimmissa kerroksissa myös massan koostumuksessa on ollut merkittävä ero kahden ylimmän kerroksen massaan verrattaessa, koska massa valmistettiin työmaalla lapioimalla kiviainesta ja kaatamalla ämpärillä vettä myllyyn ilman, että osa-aineita punnittiin tai mitattiin muuten. Lisäksi osa-aineiden määrät perustuivat kokemuspohjaiseen tietoon.

Haastattelun perusteella yksi vaikuttavista tekijöistä on ollut valettavan pohjan kosteus. Valettava pohja ei ole kuivunut tarpeeksi parhaimman mahdollisen kuivumisen saavuttamiseksi. Aikataulusyistä maakostea betonivalut täytyi saada alkamaan ajallaan, että seuraavat työvaiheet eivät myöhästy niiden aloitusajankohdasta. Tämä voi olla yksi syy sille, että valettavan alueen pohjat ovat jääneet kosteiksi, ja tämä on vaikuttanut massan kuivumisaikaan. Pohjan kosteuden maksimi raja-arvo olisi syytä tutkia tarkemmin, jotta työmaalla pystyttäisiin varmistamaan maakostealle betonille parhaat mahdolliset kuivumisolosuhteet esivalmisteluvaiheessa.

6 Päätelmät

Maakostean betonin käyttö yleistyy suomalaisessa asuinrakentamisessa nopealla tahdilla sen hyvän kuivumisominaisuuden ansiosta. Nykyisin kuulee paljon puhuttavan rakennusten kosteusongelmista ja sen aiheuttamista haittavaikutuksista esimerkiksi sisäilmassa. Normaali valmisbetoni sisältää runsaasti vettä, joka betonoidessa siirtyy betonimassan seassa valukohteeseen ja aiheuttaa lisäkosketusta sisäilmaan, joka siirtyy muihin rakenteisiin. Maakostean betonin käytössä tämä ongelma ei ole niin suuri, koska maakosteassa betonissa käytetään vähemmän vettä. Maakosteaa betoni on valmistettaessa kuivempaa kuin normaali valmisbetoni.

Maakostean betonin vähäinen vesimäärä nopeuttaa jo lähtökohtaisesti massan kuivumista. Maakostean betonin nopea kuivuminen pinnoituskelpoiseksi lyhentää merkittävästi rakennusaikaista aikataulua, jos verrataan siihen, että kyseinen rakenne tehtäisiin normaalilla rakennusbetonilla. Nykyiset rakennusten rakennusaikataulut ovat todella tiukat ja pienetkin viivästyksset rakennusvaiheessa voivat olla merkityksellisiä koko rakennusaikataulua ajateltaessa. Luvussa 3 on verrattu maakosteaa betonia ja normaalia rakennusbetonia. Maakostealla betonilla saadaan lyhennettyä kuivumiseen varattavaa aikaa yli puolella, jos sen käyttö rakenteessa on mahdollista.

Maakostean betonin heikkouksia on sen alhainen lujuus ja kulutuksenkesto. Maakosteaa betoni on koostumukseltaan runsaasti huokoisempaa kuin normaali valmisbetoni. Heikon lujuuden takia maakosteaa betonia ei voida käyttää kantavissa rakenteissa, koska kovettunut massa ei kestä suuria kuormia. Maakostean betonin heikko kulutuksenkesto aiheuttaa sen, että sen pinta joudutaan useasti pinnoittamaan. Pinnoittaminen voidaan kuitenkin tehdä nopeasti valamisen jälkeen maakostean betoni hyvän kuivumisominaisuuden takia.

Haastattelujen perusteella havaitsin, että maakostean betonin valmistuksessa on kaksi pääsääntöistä valmistusmenetelmää. Menetelmät ovat työmaalla käsin valmistettava massa, joka perustuu osittain kokemuspohjaiseen tietotaitoon tai maakostean betonin valmistamiseen kehitetty betoniauto tai betoniasema, jossa on tietokoneohjelmoitu osa-aineiden annostelu. Käsin valmistetussa massassa on

suurempi riski, että laadunvaihtelua tapahtuu, kun tietokonepohjaisessa ohjelmassa, joka annostelee osa-aineet niin kuin niiden määrät on ohjelmaan asetettu. Kun maakostean betonin valmistukseen käytetään siihen suunniteltua betoniautoa, voidaan olla varmoja, että kaikki maakostea betonivalut on tehty tasalaatuisesta betonista.

Seuraavia työvaiheita sekä kuivumista ajatellen tasalaatuisempi massa olisi luotettavampi ratkaisu. Tietokonepohjaisesti annosteltua massaa käytettäessä voidaan olla varmoja siitä, että kuivuminen tapahtuu massan osalta tasaisesti. Massan mahdollisten laatuvariaatioiden seurauksena ei voida olla varmoja sen tasaisesta kuivumisesta. Käytössä olevien menetelmien kustannuseroissa on todennäköisesti vaihtelua, mikä vaikuttaa lopulta merkittävästi valittuun valmistusmenetelmään.

Lähteet

Anttila, V. Betonin valinta. Rakennustieto. <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK090403.pdf> Luettu 16.1.2019.

Basili, T. 2017. Maakostea betoni kaatolattioissa. Metropolia ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

Betoni 1. Suunnittelu. Arkkitehtisuunnittelu. Lattiat. <https://betoni.com/arkkitehtisuunnittelu/arkkitehtisuunnittelu/lattiat/> Luettu 26.2.2019.

Betoni 2. Koti betonista. Rakennustapavaihtoehdot. Paikallavalu. Jälkihoito. <https://betoni.com/koti-betonista/rakennustapavaihtoehdot/paikallavalu/jalkihoito/> Luettu 6.3.2019.

Betonitekniikan oppikirja 2004. BY 201. Suomen Betoniyhdistys r.y. Helsinki: BY- Koulutus Oy.

BLY-18. Maakostean betonin käyttö mosaiikkibetonilattioissa. Suomen Betonilattiyhdistys ry. <http://www.bly.fi/File/BLY-18.pdf?878036> Luettu 8.1.2019.

EcoFloor Finland Oy. Maakostea betoni. <https://ecofloor.fi/maakostea-betoni/> Luettu 26.2.2019.

Finnsementti. Palvelut. Tietoa betonista. Tietoa betonista suunnittelijoille. Betonin rasisluokat lyhyesti. <https://finnsementti.fi/palvelut/tietoa-betonista/tietoa-betonista-tietoa-betonista-suunnittelijalle/betonin-rasisluokat-lyhyesti/> Luettu 14.4.2019

Inkinen, J. Vastaava työnjohtaja. T2H Rakennus Oy. Haastattelu 6.2.2019.

Kaltainen, H. Toimitusjohtaja. Cering Oy. Haastattelu 4.3.2019.

Kivelä, P. Työpäällikkö. T2H Rakennus Oy. Haastattelu 24.1.2019

Loppuraportti 2018. MP-yhtymä Oy.

Mäntynen, M. Myyntijohtaja. EcoFloor Finland Oy. Haastattelu 18.3.2019

Sisäilmäyhdistys ry. Terveelliset tilat. Kunnossapito ja korjaaminen. Purku, kuivaus ja puhdistus. Rakenteiden kuivattaminen. <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kunnossapito-ja-korjaaminen/Purku-kuivaus-ja-puhdistus/Rakenteiden-kuivattaminen>