

# **Maanvaraisten betonilattioiden ta- kuuaikainen hiipuminen laatan reuna- alueilla**

Valtteri Tchernykh

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2020  
Tekniikan ala  
Insinööri (AMK), rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

Tekijä(t) Tchernykh, Valtteri	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä toukokuu 2020
	Sivumäärä 44	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
<b>Maanvaraisten betonilattioiden takuaikainen hiipuminen laatan reuna-alueilla</b>		
Tutkinto-ohjelma Insinööri (AMK), Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka		
Työn ohjaaja(t) Jukka Konttinen, Jussi Korpinen		
Toimeksiantaja(t) Rakennus-Kaseva Oy		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyössä selvitettiin maanvaraisten betonilattioiden käyritystä reuna-alueilla jälkihoidon aikana. Betonilattian käyrityminen on tullut vuosien aikana ongelmaksi, sillä ajan saatossa, kun reunat palaavat lähtöasemaansa, ne aiheuttavat raon jalkalistojen alle ja ne joudutaan uusimaan. Pahimmassa tapauksessa vesieriste repeää märkätaloista. Tämä on toiminut työn taustana.</p> <p>Työ toteutettiin tutkimalla betonin osa-aineita ja selvitettiin mistä syistä käyrityminen voi aiheutua. Käytiin läpi betonin kaikki kuivumisen vaiheet, jotta osataan ottaa ne huomioon koevaluissa. Koevaluissa pyrittiin kuitenkin pysymään tavanomaisessa työmaan rakentamisessa, ilman mitään erikoisuuksia.</p> <p>Koevalut suoritettiin Rakennus-Kasevan työmaalla Kuokkalassa. Koevalujen tuloksien tarkoituksena oli saada tarvittava tieto betonin käyttäytymisestä eri raudoitus- ja jälkihoitomenetelmien kanssa. Tuloksista voitiin päätellä, miten tulevaisuudessa kannattaa toimia, jotta reunojen käyritystä voidaan pienentää.</p> <p>Opinnäytetyö on ajankohtainen. Tämä ongelma on ollut monella työmaalla ja tämän työn kannalta osui hyvä hetki suorittaa koevalut ja tarkastaa, millä keinoilla voidaan vähentää ilmiötä. Dokumentoinnissa huomioon otetut asiat, kuten valuolosuhteet, kuivumisajan olosuhdeseuranta, raudoitus ja jälkihoito toimivat hyvänä pohjana jatkotutkimukselle.</p>		
Avainsanat (asiasanat) betonilattia, maanvarainen lattia, np-betoni, nopeasti päällystettävä betoni, käyrityminen, koevalut, jälkihoito, kuivuminen		
Muut tiedot (Salassa pidettävät liitteet)		

Author(s) Tchernykh, Valtteri	Type of publication Bachelor's thesis	Date May 2020 Language of publication: Finnish
	Number of pages 44	Permission for web publication: x
<b>Creep of edges of slab-on-grade concrete floors during warranty period</b>		
Degree programme Construction and Civil Engineering		
Supervisor(s) Konttinen Jukka and Korpinen Jussi		
Assigned by Rakennus-Kaseva Oy		
<p>Abstract</p> <p>The study aimed to investigate the curvature of slab-on-grade concrete floors on the edges of the slab during curing. The curvature of the concrete floors has become a problem in recent years because after some time when the edges return to their start point, they make a gap between the floor and the skirting. Which must therefore be renewed. In the worst case, the moisture barrier can crack in wet rooms. This has been the background of this study.</p> <p>The study investigated the components of concrete and reasons behind the curvature. The drying stages of concrete were examined so that they could be taken into account in the test castings. While implementing the test casting, the objective was to use in normal construction methods, without any special features.</p> <p>The test castings were conducted on a construction site of Rakennus-Kaseva which is located in Kuokkala. The purpose of the castings was to collect all the necessary information about the behavior of the concrete slab when using different reinforcements and curing methods. The results indicated how to reduce the curvature of the edges in the future.</p> <p>The thesis is topical. This problem has come up on many different construction sites and this was a good time to try test castings and check which methods can reduce the phenomenon. Casting conditions, condition tracking of drying time, reinforcements and curing, which all were included in the documentation, provide a good basis for further research.</p>		
<p>Keywords/tags (subjects)</p> <p>concrete floor, slab-on-grade floor, fast drying concrete, fast coated concrete, curvature, test casting, after-care, drying</p>		
Miscellaneous (Confidential information)		

# Sisältö

<b>Käsitteet .....</b>	<b>3</b>
<b>1 Johdanto .....</b>	<b>5</b>
<b>2 Betonin osa-aineet .....</b>	<b>6</b>
2.1 Sementti .....	7
2.2 Kiviaines.....	9
2.3 Seosaineet .....	10
2.4 Vesi .....	11
2.5 Lisäaineet.....	11
2.5.1 Notkistimet .....	11
2.5.2 Huokostimet .....	13
2.5.3 Hidastimet ja kiihdyttimet .....	14
2.5.4 Muut lisäaineet.....	14
2.6 Kuidut .....	15
<b>3 Betonin ominaisuudet .....</b>	<b>16</b>
3.1 Kutistuminen, käyristyminen ja halkeilu .....	16
3.2 Kutistumatyypit .....	19
3.3 Käyristymät eri lattiatyypeissä .....	20
<b>4 Rauditus ja jälkihoito .....</b>	<b>21</b>
4.1 Rauditus.....	21
4.2 Jälkihoito.....	23
<b>5 Kohde, koevalut ja tulokset .....</b>	<b>26</b>
5.1 Kohteen tiedot ja lähtötilanne .....	26
5.2 Koevalut.....	27
5.3 Koetulokset.....	30
<b>6 Pohdinta.....</b>	<b>32</b>
6.1 Tulosten analysointi .....	32
6.2 Tiivistelmä ja jatkokehittäminen .....	34

<b>Lähteet .....</b>	<b>35</b>
<b>Liitteet .....</b>	<b>37</b>
Liite 1. Kohteen pohjakuva ja lämmittimien sijainti .....	37
Liite 2. Kohteen pohjakuva rajatuilla alueilla .....	38
Liite 3. Olosuhdeseuranta sisällä .....	39
Liite 4. Betonointipöytäkirja .....	40
Liite 5. Tapahtunut käyristymä eri päivinä .....	41

## **Kuviot**

Kuvio 1. Periaatekuva tehonotkistimen käytöllä tavoiteltavista betonin ominaisuuksista (BY 201 2018, 62) .....	12
Kuvio 2. Laatan käyristymä vapaissa nurkissa (BY 45/BLY7 2018, 67) .....	18
Kuvio 3. Laatan vapaan reunan raudoitus (BY 45 2018, 83) .....	22
Kuvio 4. Betonipinnan plastinen kutistuma riippuen tuulennopeudesta (Betonilattioiden jälkihoito n.d.) .....	24
Kuvio 5. Betonipinnan plastinen kutistuma erilaisilla jälkihoitoaineen määrillä, tuulen nopeus 2,5 m/s (Betonilattioiden jälkihoito n.d.) .....	24
Kuvio 6. Koevalujen kerrostalo kohde .....	27
Kuvio 7. Erilaisia raudoitusvaihtoehtoja .....	28
Kuvio 8. Violetin huoneen raudoitus ja putkien läpiviennit .....	29
Kuvio 9. Olosuhdeseurannassa käytetty laite, Trotec BL-30 .....	31
Kuvio 10. Käytävän lämmittimet .....	31
Kuvio 11. Nurkassa olevat metrin merkit .....	32

## **Taulukot**

Taulukko 1. Suomessa sallittujen sementtien koostumukset (BY 201 2018, 30) ...	7
Taulukko 2. Kiviainestuotteiden luokittelu raekoon mukaan (BY 201 2018, 45) ...	9

## **Käsitteet**

### **NP-betoni**

Nopeasti päällystettävä betoni tai nopeasti pinnoitettava betoni. Kuivuminen tällä betonimassalla on tavalliseen verrattuna 2-3 kertainen.

### **Suhteutus**

Säätelämällä betonin osa-aineita, voidaan muokata sen ominaisuuksia.

### **Epäorgaaninen**

Ei sisällä elollisen luonnon ainetta, hiiltä.

### **Pozzolaani**

Aine, joka muodostaa sementtipastan kaltaisia tuotteita reagoidessaan kalsiumhydroksidin kanssa hydrotaatioreaktion kautta. (Betoniteknologian käsitteitä n.d.)

### **Hydraulinen ominaisuus**

Joko vedessä tai ilmassa tapahtuvaa aineen ja veden sitoutumista. Syntynyt reaktiotuote on vedenkestävää. (Betoniteknologian käsitteitä n.d.)

### **Hydrataatioreaktio**

Tämän reaktion aikana sementti sitoo itseensä vettä ja kovettuu.

### **Plastinen vaihe**

Betonin valun jälkeinen tuore vaihe, kun betonin pinnalta haihtuvan veden määrä on suurempi kuin syvemmältä betonista pinnalle erottuva korvaava vesimäärä.

### **Raemuoto**

Kiviaineksen rakeiden muoto. Kiviainekset voivat olla esim. pyöreitä ja sileitä, jolloin ne parantavat massan muokattavuutta. (BY201 2018, 48).

**Hienoainepitoisuus**

Hienoaineksen osuus kokonais kiviaineksestä. Hienoaineksella tarkoitetaan kiviainesta joka on niin pientä, että läpäisee 0,063 mm seulan. (BY201 2018, 49).

**v/s -suhde**

Massassa olevan veden ja sementin suhde. Mitä pienempi on tämä suhde, sen vähemmän on vettä massassa ja sen nopeammin betoni kuivuu. NP-betonimassat omaavat matalan v/s -suhteen.

**Ruiskubetonointi**

Betonointimenetelmä, jossa betonia ruiskutetaan paineen avulla betonoitavaan kohteeseen.

**Sementtikivi**

Sementtikivellä tarkoitetaan samaa asiaa kuin sementtipasta, eli veden ja sementin sitoutumista yhteen.

**Tärytys**

Betonimassaa tärytetään tärytyskoneella, jotta se tasoittuisi ja täyttäisi kaikki pienet kolot.

# 1 Johdanto

Opinnäytetyön tilaajana toimii Rakennus-Kaseva Oy. Työn tavoitteena on selvittää miksi maanvaraisen betonilaatan reunat käyristyvät ja keksiä ratkaisu ilmiön vähentämiseksi. Ongelma on ilmennyt viime vuosien aikana, kun on siirrytty käyttämään NP-betonia tavallisen lattiabetonin sijasta. Syynä vaihtoon on ollut se, että se lyhentää huomattavasti betonilattian kuivumisaikaa, jolloin pinnoitteen voi laittaa jo hyvissä ajoin, ja tämä vaikuttaa huomattavasti työmaan aikatauluihin. Ongelmaksi on muodostunut NP-lattiabetonilattian reunojen käyristyminen nopean kuivumisensa ansiosta. Siitä on aiheutunut jalkalistojen uusimista ja pahimmassa tapauksessa vesieristeen repeytymistä. Ilmiö tulee esiin ensin betonilaatan reunan käyristymisenä, jonka jälkeen pinta hiotaan tasaiseksi ennen pinnoittamista. Pinnoittamista seuraa jalkalistojen kiinnitys, jonka jälkeen muutamien kuukausien päästä, kun betonilattia on vajonnut alaspäin, syntyy rako lattian ja jalkalistan välille.

Syynä tähän on se, että käyristymisen jälkeen betonilaatta pyrkii takaisin lähtöasemaansa. Valaessa eristeen päälle betonilaatan pinta on vapaassa kosketuksessa ilman kanssa, jolloin ilma pääsee vaihtumaan ja betonipinta kuivuu nopeammin, kuin betonilaatan alaosa, joka on kiinni eristeessä, eikä pääse tuulettumaan niin hyvin. Tämä ero aiheuttaa käyristymisen ja ajan saatossa, kun betonilaatan alaosa on kuivunut tarpeeksi, laatan reunat laskeutuvat alaspäin. Tietenkään ei puhuta mistään monesta senttimetristä, mutta tämä ilmiö aiheuttaa ongelmia tämän hetken rakentamisessa ja sen takia on ajankohtainen tutkimuskohde.

Opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää ja tutkia NP-betonimassan aiheuttamaa voimakasta käyristymistä maanvaraisen betonilaatan reuna-alueilla ja sitä aiheuttavia tekijöitä työmaan näkökulmasta ja lopuksi kehitellä ratkaisu koevalujen toteutumiselle Rakennus-Kasevan työmaalle Kuokkalassa. Työ sisältää tutustumista tämän NP-betonin osa-aineisiin. Tutkimalla osa-aineita, saadaan kuva siitä, miten ja missä olosuhteissa syntyy käyristymistä. Käydään läpi erilaisia jälkihoitomenetelmiä, joilla voidaan pitää käyristymistä kurissa. Lisäksi pohditaan, voiko raudoituksella vaikuttaa kyseiseen ilmiöön ja millä tavoin. Lopussa tehdään koevalut valituilla menetelmillä ja siitä tehdään dokumentointi.



## 2 Betonin osa-aineet

Rakentamisessa käytetyin rakennusmateriaali on betoni. Siitä valmistetaan rakennusten sekä erilaisten siltojen kantavia rakenteita, perustuksia ja julkisivuja. Betoni on rakentamisessa suosittu sen takia, että on luja, jäykkä, kestää hyvin kosteutta, on turvallinen, muokattava sekä erittäin edullinen. Edellä mainittujen asioiden ansiosta betonista on mahdollista toteuttaa pitkiä jännevälejä turvallisesti, ja luottaa siihen, että se kestää. Tietenkin pitää ymmärtää mitä betonia mihinkin käyttää ja osaa mitoitaa betonille tulevat kuormat. Kestävyytensä lisäksi betoni on hyvin huoltovapaa, paloturvallinen ja eristää ääntä hyvin. Betoni tunnetaan myös sen hyvän puristuslujuutensa ansiosta, ja siten esimerkiksi merkintä C30/37 tarkoittaa, että betonin puristuslujuus lieriöllä on 30 MN/m<sup>2</sup> ja kuutiolla 37 MN/m<sup>2</sup>. (By 201 2018, 13-16.)

Betoni on keinotekoisesti tuotettua kiveä, joka koostuu erilaisista komponenteista, kuten sementti, vesi ja runkoaine. Betonin työstettävyyttä on mahdollista parantaa erilaisilla lisä- ja seosaineilla, sekä valmiin ja kovettuneen betonin, että muokattavissa olevan massan. Parannettavia ominaisuuksia ovat esimerkiksi tiiviys, säilyvyysominaisuus ja lujuus. Betonin ominaisuuksia muokataan näiden aineiden suhteutuksen avulla ja tärkeä rooli on itse osa-aineiden laadulla ja seossuhteen määrittämisellä. Ilman laadukkaita osa-aineita ja huonolla suhteutuksella betonista voi tulla todella huonokuntoista ja ominaisuudeltaan huonoa. (By 201 2018, 24.)

Tarkastellaan yleisimpiä maanvaraisten lattioiden lujuusluokkia C25/30-C30/37, sillä suurimmalle osalle näistä maanvaraisista latioista tämä lujuusluokka riittää ja kantavuus ei ole mitoitettava tekijä. Osa-aineet eivät saa sisältää haitallisia määriä aineita, jotka vaikuttavat tuoreen tai kovettuneen betonin tai terästen ominaisuuksiin huonontavasti. (Litendahl 2013, 14.)

## 2.1 Sementti

Tutkiessa betonilattioita ja varsinkin niiden käyttäytymistä kovettumisen aikana, on tärkeää kiinnittää huomiota osa-aineisiin, ja sementti on yksi näistä osa-aineista. Tämä on varsin tärkeä tutkia huolellisesti, sillä sementti on yksi oleellisimmista ja suurimmista osa-aineista. Sementti on hienoksi jauhettu epäorgaaninen materiaali, joka reagoi vedessä veden kanssa muodostaen lujan ja kestävä tuotteen. Sementtien tulee olla standardin SFS-EN 197-1 mukaisesti CE-merkittyjä. Sementin ja veden reaktion aikana syntyy sementtipasta, joka liittyy kaikki muuta ainesosat yhteen. Sementtejä on monenlaisia ja erilaisuuksia saadaan aikaiseksi vaihtelemalla sementin ainesosien määriä. (BY 65 2016, 28.) Suomessa standardien mukaan sallittuja sementtejä ovat:

CEM I	Portlandsementti
CEM II	Portlandseossementti
CEM III	Masuunikuonasementti

Taulukko 1. Suomessa sallittujen sementtien koostumukset (BY 201 2018, 30)

Sementti-laji	Koostumusvaatimukset [%]					
	klinkkeri	kuona	silika	lentotuhka	kalkkikivi	muut
CEM I	95...100	-	-	-	-	0...5
CEM II/A-S	80...94	6...20	-	-	-	0...5
CEM II/B-S	65...79	21...35	-	-	-	0...5
CEM II/A-D	90...94	-	6...10	-	-	0...5
CEM II/A-V	80...94	-	-	6...20	-	0...5
CEM II/B-V	65...79	-	-	21...35	-	0...5
CEM II/A-LL	80...94	-	-	-	6...20	0...5
CEM II/A-M	80...88		12...20			0...5
CEM II/B-M	65...79		21...35			0...5
CEM III/A	35...64	36...65	-	-	-	0...5
CEM III/B	20...34	66...80	-	-	-	0...5

Oheisesta taulukosta näkyy näiden sementtien eri ainesosien pitoisuudet. Miten nämä ainesosat vaikuttavat sementin käyttäytymiseen käydään läpi kohdassa Seosaineet.

Rakennussementit jaetaan lujuusluokkiin 32,5, 42,5 ja 52,5. Nämä tarkoittavat sitä, että kuinka paljon sementti saavuttaa kussakin luokassa lujuutta ollessaan 28 vuorokauden ikäinen. Eli lujuusluokassa 32,5 sementti saavuttaa 28 vuorokauden jälkeen lujuuden, joka on yhtä suuri tai suurempi kuin 32,5 MPa. Lisäksi näiden luokituksien perässä on yleensä merkki N (normaali varhaislujuus) tai R (korkea varhaislujuus). Se tarkoittaa sitä, että kahden vuorokauden jälkeen valusta esimerkiksi 42,5 N sementillä varhaislujuus on 10 MPa, kun taas 42,5 R sementillä se on 20 MPa. (BY 201 2018, 30.)

Suomessa varsinaisesti käytettävät rakennussementit: (BY 201 2018, 31).

- Plussementti (CEM II/B-M(S-LL) 42,5 N)
- Rapidsementti (CEM II/A-LL 42,5 R)
- Pikaseimentti (CEM I 52,5 R)
- SR-sementti (CEM I 42,5 N SR 3)
- Valkosementti (yleensä CEM I 52,5 N)

Suurin vaikutus betonin kuivumiskutistumaan on huomattu olevan sementin alkali- ja aluminaattipitoisuudella. Näistä korkea alkalipitoisuus on kasvattanut hieman betonin kuivumiskutistumaa, ja aluminaattipitoisuus on taas kasvattanut autogeenistä kutistumaa. Tosin sementin eri komponenttien vaikutusta keskenään ei tunneta ja on vaikeasti todistettavissa. (BY 45 2018, 140-141.)

Suhteutus on tärkeä osa betonointityötä. Oikealla massan v/s -suhteella taataan kestävä, luja ja helposti työstettävä betoni. Betonin huono lujuus ja suuri kutistuma aiheutuu veden suuresta määrästä suhteutuksessa, kun taas hyvin suhteutettuna työstettävyys paranee ja sitoutumisreaktio tapahtuu myöhemmin. V/s -suhteen ollessa alle 0,5 betoni menettää aika paljon työstettävyyttä, jolloin joutuu käyttämään notkistinta. (Koiranen 2017, 22.)

## 2.2 Kiviaines

Kiviaineksella tarkoitetaan betonin runkoaineen lisäksi myös muita rakeisia materiaaleja. Betonista noin 65-80% on kiviainesta, joten tämänkin valinnassa on suuri rooli siinä, miten betoni onnistuu. Betonin kiviaineksena voidaan käyttää sekä luonnon kiviaineksia, että keinotekoisia kiviaineksia. Suomessa parhaiten saa käyttöön graniittipohjaista luonnonkiviainesta ja muutenkin suomalaiset kiviainesvarat ovat hyviä ja laajoja. Kiviaineksen oleellisimpia ominaisuuksia ovat hienoainepitoisuus, rakeisuus ja raemuoto. Rakeisuudella tarkoitetaan painosuhteiden vertailua erisuuruisten rakeiden välillä kiviaineksessa. Rakeisuus määritetään seulontamenetelmällä, jossa kiviaines jakautuu seulassa kokonsa mukaan erilaisiin ryhmiin. Saaduista ryhmistä lasketaan erikokoisten rakeiden määrät massaprosentteina ja verrataan keskenään. (BY 201 2018, 43-45.) Kiviainekset jaotellaan oheisen taulukon mukaan:

Taulukko 2. Kiviainestuotteiden luokittelu raekoon mukaan (BY 201 2018, 45)

Kiviainestuotteiden jaottelu	Raekoot [mm]
Fillerikiviaines	<0,063
Hieno kiviaines	0/1, 0/2 tai 0/4
Luonnon lajittama 0/8	0/8
Koostekiviaines (sora- tai kalliomurske)	0/5, 0/6 tai 0/8
Karkea kiviaines	d/D (d < D, d ≥ 2; D ≥ 4)

Lattiabetonivaluissa on tärkeintä kutistumisen ja sen seurauksena käyristymisen hallinnassa valita mahdollisimman suuri runkoaineen raekoko. Mitä enemmän kiviainesta on massassa, sitä vähemmän se kutistuu ja aiheuttaa käyristymistä. Siten myös kutistuvaa sementtimassaa on vähemmän betonissa. Lujalle kiviainekselle kutistuminen on lähes olematonta. (Komonen n.d., 430.)

## 2.3 Seosaineet

Kun halutaan vaikuttaa betonin ominaisuuksiin, käytetään seosaineita. Ominaisuuksia, joihin voi vaikuttaa, ovat esimerkiksi betonin notkistaminen tai ominaislämmön pienentäminen. Seosaineet ovat epäorgaanisia osa-aineita ja ne jaetaan I ja II tyyppiin. Tyypin I seosaineet ovat kaikki lähes reagoimattomia (pigmentit), kun taas tyypin II seosaineet ovat pozzolaanisia tai piilevästi hydraulisia (lentotuhka, silika, masuunikuona). (BY 201, 56-57; BY 65, 29.)

### **Lentotuhka**

Pozzolaani, joka kivihiilen poltossa erotetaan muista savukaasuista. Hiilipitoisuutensa mukaan lentotuhka jaetaan kahteen luokkaan, A ja B. A-luokassa hiilipitoisuus saa olla enintään 5%, kun taas B-luokassa 7%. Tämä jakaa lentotuhkan käyttöä, ja esimerkiksi pakkasen kestävässä betonissa voidaan käyttää vain A-luokan tuhkaa. Käytännössä lentotuhkalla voidaan lisätä betonin kovettuneen vaiheen lujuuksia, mutta toisaalta se hidastaa varhaislujuuden edistymistä. (BY 201, 56.)

### **Masuunikuonajauhe**

Masuunikuona on sivutuote, joka syntyy raakaraudan valmistuksessa. Se syntyy nopean jäädyttämisen takia silikaattisulatteesta ja sitä jauhettaessa syntyy masuunikuonajauhetta. Masuunikuonajauhetta on käytetty betonissa notkistimena, sillä sen vedentarve on matala. Lisäksi lentotuhkan tavoin se kasvattaa myöhäisvaiheen lujuuksia ja heikentää varhaislujuutta. (BY 201, 57.)

### **Silika**

Silika on erittäin hienojakoista amorfista piidioksidia, joka erotetaan piiraudan valmistuksen yhteydessä syntyvistä savukaasuista. Silika on pozzolaani, joten se reagoi sementin hydrataatiossa vapautuvan kalsiumhydroksidin kanssa ja muodostaa tavallisen sementtikiven kaltaista kalsiumsilikaattihydraattia. Silikalla on todettu betonin lujuutta ja kemiallista kestävyyttä parantavia ominaisuuksia. (BY 201, 57-58.)

## 2.4 Vesi

Veden rooli betonin valmistuksessa on tärkeä, ja suurin asia mitä pitää huomioida on veden kloridi -pitoisuus. Raudoitettussa betonissa se ei saa ylittää 1000mg/l. Tavallinen juomakelpoinen vesi käy hyvin betonin valmistuksessa. (BY 65 2016, 29.)

## 2.5 Lisäaineet

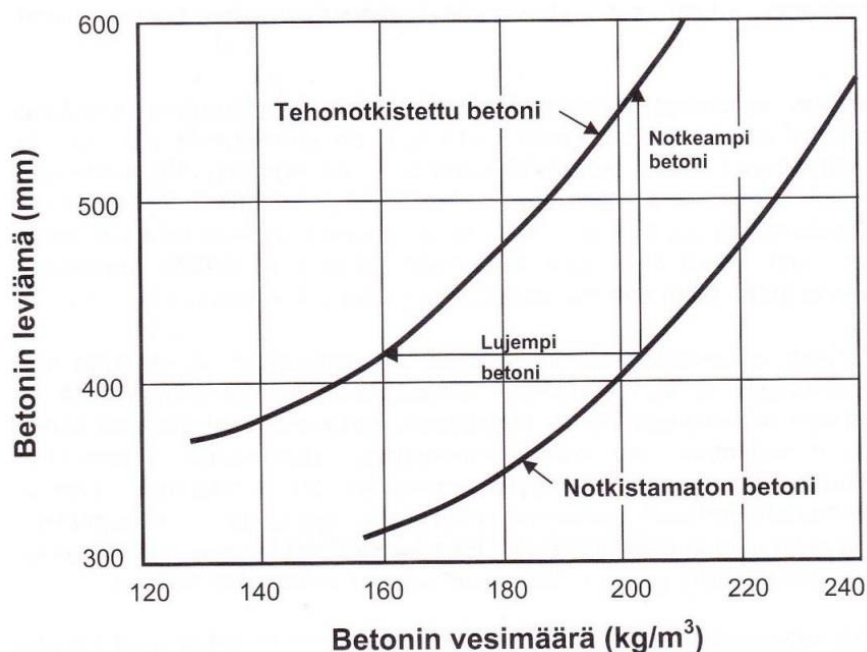
Lisäaineita lisätään betonimassaan sen takia, että päästään vaikuttamaan sen ominaisuuksiin. Standardin SFS-EN 934-2 mukaisten lisäaineiden tulee olla CE-merkittyjä. Näillä aineilla voidaan laajasti vaikuttaa betonin eri valmistumisen aikana, joko sen ollessa vielä betonimassana tai jo kovettuneena betonina. Käyttäessä lisäaineita betonissa, pitää olla hyvin tietoinen siitä, mitä on tekemässä. Lisäaineet voivat tuoda betonimassaan tiettyjä ominaisuuksia, mutta vastapainoksi ne voi tuoda myös yllättäviä sivuvaikutuksia. Esimerkiksi jotkut notkistimet voivat kylmissä olosuhteissa hidastaa betonin sitoutumisreaktiota. Lisäksi lisäaineiden käyttöön riippuu muutkin tekijät, kuten sementtilaatu, annostusjärjestys, rakeisuus, muut lisäaineet ja lämpötila. Joten suunniteltaessa betonimassaa, pitää olla tarkkana ja tiedostaa hyvin näiden osa-aineiden käyttäytyminen keskenään. Erilaisia lisäaineita standardin SFS-EN 934-2 mukaan ovat: notkistimet, nesteyttimet, huokostimet, kiihdyttimet, hidastimet ja viskositeettia säätelevät aineet. Näistä osa ovat joitakin reaktioita kiihdyttäviä ja toiset taas hidastavia lisäaineita. Lisäksi betonissa voidaan käyttää myös lisäaineita, jotka eivät kuulu tämän standardin piiriin. Näitä ovat paisuttavia ja kutistumista estäviä aineita, halkeamia korjaavat ja estävät aineet sekä pakkaskestävyyttä lisäävät aineet. (BY 201 2018, 60-61.)

### 2.5.1 Notkistimet

Notkistin on pinta-aktiivinen aine, mikä parantaa betonin pumpattavuutta ja työstettävyyttä. Tämä mahdollistaa pienempien v/s -suhteiden käytön betonissa, mikä taas nopeuttaa betonin kuivumista. Notkistimet jaetaan kahteen luokkaan, notkistimiin ja tehonotkistimiin. Notkistimilla saadaan aikaan noin 5-15%:n ja tehonotkistimilla 12-

30% vedenvähennyksen ilman, että betonin työstettävyys huononee. Hyvä puoli notkistimissa on se, että niitä voidaan käyttää betonissa vähentämättä vettä, jolloin pelkästään betonin työstettävyys paranee. Kun mennään pieniin v/s -suhteisiin kuten NP-betonin käytössä, notkistin on pakollinen. Tämän lisäaineen toiminta ja vaikutus ei riipu pelkästään sen omasta laadusta ja määrästä, vaan riippuu myös muista betoniin kohdistuvista asioista tai osa-aineista, kuten sementin laatu ja määrä, muut seosaineet ja niiden laatu, hienoainesmäärä, massan oma lämpötila ja teho, jolla sekoitetaan. (BY 201 2018, 62-63.)

Notkistimet ovat yleensä polykarboksylaattipohjaisia tehonotkistimia, joista vanhoja ovat lignosulfonaatti-, melamiini- ja naftaleenipohjaiset, ja ovat harvoin käytössä. Nykyään markkinoilla olevat notkistimet eroavat paljonkin toisistaan. Ne voivat erota kemialliselta rakenteiltaan ja esimerkiksi jotkut näistä notkistimista voivat vaikuttaa sementtiin niin, että hidastavat sen sitoutumisreaktion aloitusta. Tämän takia ne notkistimet, joilla on tällainen sivuvaikutus, eivät sovellu betonivaluihin viileissä olosuhteissa. Ennen betonivaluihin ryhtymistä on syytä tehdä toimintakokeita, jotta varmistutaan lisäaineiden käyttäytymisestä massassa. Seuraava kuva esittää tehonotkistimen käytöllä tavoiteltavista betonin ominaisuuksista. (BY 201 2018, 62-63.)



Kuvio 1. Periaatekuva tehonotkistimen käytöllä tavoiteltavista betonin ominaisuuksista (BY 201 2018, 62)

Riippuen notkistimen käyttökohteesta ja millaista notkistinta käytetään, sen annostus on 0,3-1,0% sideaineen kokonaismäärästä. Joillakin notkistimilla on rajoituksia käytön suhteen. Esimerkiksi tiettyä notkistinta ei voi käyttää jos betonimassa vedensuhteisuus laskee tarpeeksi alas. Kuljetusmatkojen ja muottikiertojen suunnittelussa pitää ottaa huomioon, että notkistimilla on erilaisia vaikutusaikoja. Joidenkin vaikutusaika kestää 15 minuuttia, kun taas toisen voi olla useita tunteja. (BY 201 2018, 63.)

### 2.5.2 Huokostimet

Huokostimen tarkoitus on lisätä ilmapitoisuutta betonissa, mikä taas parantaa pakkasenkestävyyttä. Lisäämällä ilmapitoisuutta paranee myös betonin muokattavuus, notkeus, koossapysyvyys sekä pienenee osa-aineiden erottumisen riski. Vastapainona betonin huokostaminen pienentää sen lujuutta. Yleistettynä yhden prosentin ilmapitoisuuden lisääminen kasvattaa 5% lujuuden katoamista betonissa. Ilmaa esiintyy betonissa itsestään jo noin yhden prosentin verran, mikä tarkoittaa noin  $10 \text{ dm}^3/\text{m}^3$  kohden. Lisätäkseen pakkasenkestävyyttä betonissa, pitää ilmapitoisuus kasvattaa 4-8 %:iin. Käytännössä huokostin tasaa sekoituksen aikana betoniin syntyvät ilmakuplat eli suojahuokokset. Näiden tehtävänä on ottaa veden jäätymisestä aiheutuvan paineen ja laajenemisen vastaan ilman, ettei betoni rikkoutuu. Betonin rikkoutuminen on aina huono asia, jolloin se menettää lujuutensa. (BY 201 2018, 63.)

Aikaisemmin oli kirjoitettu lisäaineiden yhteensovittamisesta ja siitä, että välillä on vaikeata yhdistää tiettyjä lisäaineita ilman minkäänlaisia seuraamuksia. Tässä tapauksessa on tutkittu, että kun käyttää huokostinta notkistimen kanssa samaan aikaan, on huomattu joidenkin notkistimien aiheuttavan liian suuria ja harvaksen olevia huokoksia, jotka eivät lainkaan paranna betonin pakkasenkestävyyttä. Lisäksi massan ilmapitoisuuden mittaaminen ei aina kerro sitä, millä tavoin huokokset ovat jakautuneet itse massassa. Jostakin mittauskohdasta huokokset voivat näyttää siltä mitä toivottiinkin, mutta toisessa osassa massaa tilanne voi olla erilainen, riippuen miten lisäaine jakautuu. Huokostimen ja notkistimen yhteensopivuus pitää aina ennalta tarkastaa, sillä polykarboksylaattipohjaiset notkistimet sisältävät aina vaahdonestoainetta. (BY 201 2018, 63-64.)



Huokostimen käyttö NP-betonissa kasvattaa kutistumista, varsinkin kuivumisen alkuvaiheessa. Mitä nopeammin pintaosat betonista kuivuu, sitä enemmän syntyy käyritymistä. Betonimassan huokostaminen alentaa hieman betonin lujuutta, mikä johtaa sementin määrän kasvattamiseen. Sementin määrän lisäys taas suurentaa kutistuman riskiä. (Herva 2015, 25.)

### 2.5.3 Hidastimet ja kiihdyttimet

Hidastimen tarkoituksena on nimensä mukaan hidastaa betonimassa sitoutumista eli sitoutuminen alkaa myöhemmin. Hidastinta käytetään, kun on kyse pitkistä kuljetusmatkoista työmaan ja betonitehtaan välillä tai kun työsaumoja yritetään pitää mahdollisimman pieninä. Hidastimen annostus riippuu samoista asioista kuin muissakin lisäaineissa, kuten lämpötila, sementin laatu ja muut seosaineet. Yleensä annostus on 0,2-2 % sideaineen kokonaismäärästä. Talvella ei ole tarvetta yleensä hidastimille, sillä kylmä ilma hidastaa muutenkin massan sitoutumista. (BY 201 2018, 64.)

Kiihdyttimillä on vastainen vaikutus kuin hidastimilla, tarkoituksena on nopeuttaa betonin sitoutumista. Näitä käytetään erityisesti siellä, missä halutaan saavuttaa nopea kovettuminen ja muotipurkulujuus. Kiihdyttimiä pyritään nykyään korvaamaan nopeilla sementeillä, kuumalla betonilla tai alhaisella v/s-suhteella, sillä niissä aiemmin käytetty kalsiumkloridi on aiheuttanut korroosiovaaraa teräksille. Tärkeää on ottaa suunnittelussa huomioon se, että kiihdyttimet pienentävät betonin loppulujuutta. (BY 201 2018, 64-65.)

### 2.5.4 Muut lisäaineet

Muilla lisäaineilla käytännössä tarkoitetaan sellaisia lisäaineita, jotka ovat hieman harvemmin käytössä, näitä ovat esimerkiksi pakkaslisäaineet, kutistumista estävät ja tiiveyttä parantavat lisäaineet. Pakkaslisäaine estää betonin jäätymistä alle 0 °C lämpötiloissa, mutta tätä ei saa käyttää vaativimmassa rasitusluokissa. (BY 201 2018, 65.)

## 2.6 Kuidut

Kuidut toimivat betonissa periaatteessa samalla tavalla kuin raudoituskin, tarkoituksena on esimerkiksi parantaa betonin veto- ja taivutuslujuutta ja leikkauslujuutta. Polymeerikuituja on kahta erilaista, mikro- ja makrokuituja. Mikrokuitujen tarkoituksena on pienentää riskiä halkeilulle betonin ollessa tuoreessa, plastisessa vaiheessa. Makrokuitua käytetään tavallisen raudoituksen sijasta. (BY 65 2016, 30.)

Tavallisimpia kuitua ovat teräskuidut ja polymeerikuidut, eli muovikuidut. Käytössä vähemmälle jääneitä kuituja ovat lasi-, hiili- ja keraamiset kuidut. Näistä tavallisimpia käytetään maanvaraisissa lattioissa ja ruiskubetonoinnissa. Maanvaraisissa lattioissa käytettävät teräskuidut ovat yleensä irtokuituja tai liimattuja kuituja, pituudeltaan 50-60 mm ja halkaisijaltaan suurin piirtein yhden millimetrin verran. Ruiskubetonointiin soveltuvat teräskuidut eroavat pituudeltaan maanvaraisissa lattioissa käytettyihin, sillä nämä ovat vain 25-35 mm pitkiä, ja niitä myös lisätään massaan enemmän. (BY 201 2018, 66.)

### 3 Betonin ominaisuudet

Tässä osiossa on tarkoitus käydä läpi betonin ominaisuuksia, kuten kuivumisen aikana tapahtuvat käyritymiset, kutistumiset ja halkeilut. Varmistetaan, että koealujen aikana pysytään normien sisällä ja minimoidaan halkeilut. Tämä on varsin tärkeää betonin valinnassa.

#### 3.1 Kutistuminen, käyrityminen ja halkeilu

Betoni on koostumukseltaan kiviainesta ja sementtipastaa. Sementtikivi muodostuu hydrotaatioreaktion kautta vedestä, seosaineista, sementistä ja ilmahuokosista. Tämän reaktion aikana sementtikiven tilavuus pienenee lähtöasemastaan ja kovettuva betoni kutistuu. Kutistuma on tavallinen ominaisuus betoneille, ja siten kutistumaton betonia ei ole olemassa, mutta kutistuman suuruuteen on mahdollista vaikuttaa oikealla suunnittelulla. (BY 45/BLY7 2018, 143-144.)

Betonilaatta on kuivumisensa aikana hyvin liikkuvainen ja sen liikkeen kokonaan tai osittainen estäminen aiheuttaa siihen ylimääräisiä rasituksia, jonka seurauksena syntyy ei-toivottuja halkeamia. Hyvä esimerkki osittain estetystä liikkeestä on maanvaraisen laatan ja alustan välinen kitkavoima. Yleensä raudoituksen määrä vaihtelee sen mukaan, kuinka hyvin halutaan vaikuttaa halkeamiin ja kitkavoimaan. Lattiat pyritään suunnittelemaan mahdollisimman suureksi yksittäisiksi alueiksi, valualueiksi. Suurilla valualueilla kitkavoimat ovat vain hyödyksi. Liikuntasauvoja käytetään valualueiden rajaamiseksi, mikä auttaa halkeilun hallinnassa. Toisaalta on muistettava, että saumakohtat ovat betonilattioiden heikoimpia kohtia. (BY 45/BLY7 2018, 66.)

Betonilattian mitat, koostumus ja kuinka hyvin betoni pääsee kuivumaan, vaikuttavat sen kuivumiskutistumaan. Kutistumaa voidaan pienentää lisäaineilla ja ilman suhteellisella kosteudella. Lattiabetoni pääsee normaalisti kutistumaan kuivissa olosuhteissa noin 0,6 mm/m. Lattiabetonin ollessa tavallista kutistuvampi, kutistumisarvot voivat nousta jopa 1,2 mm/m kohden. Tärkeää on stabiloida valun jälkeiset olosuhteet, eli

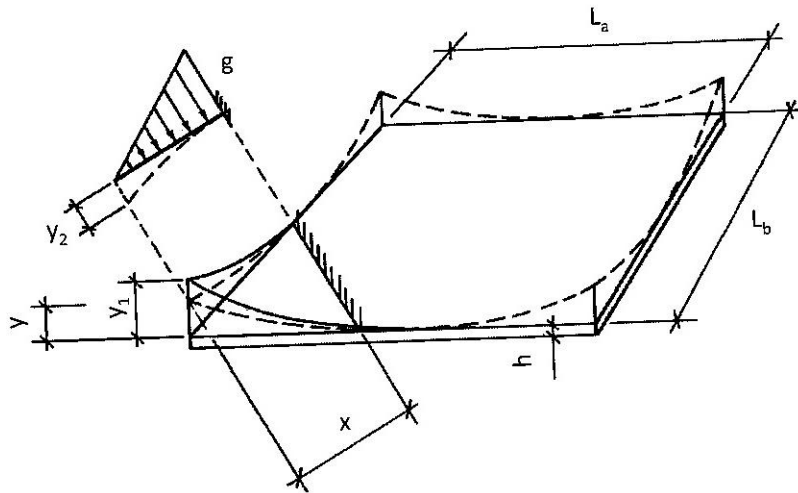
pitää mahdollisimman tasaisina lämpötila ja suhteellinen kosteus. Estää tilan tuuletuvuus ja pitää lämpötila alhaisena. Kesäisin lämpötila voi helposti vaihdella 20 °C ja talvella jopa 40 °C. (BY 45/BLY7 2018, 66.)

Betonin kutistumiseen vaikuttavat sisäiset ja ulkoiset tekijät. Ulkoisiin tekijöihin kuuluvat ilman suhteellinen kosteus, lämpötila ja ilmanvirtaus. Sisäisiin tekijöihin kuuluvat betonin koostumus ja sementin laatu. Syynä kutistumiseen on yleensä monen eri vaikuttajan summa. Jakamalla nämä vaikuttavat tekijät suurin ryhmiin, saadaan esimerkiksi epäedulliset valuolosuhteet, huonolaatuinen betoni ja puutteellinen jälkihoito. Ajallisesti ajatellen varhaiskutistumaan vaikuttaa seuraavat asiat, joiden kutistuma voi olla merkittävä:

- plastinen kutistuma (0-5 mm/m)
- plastinen painuma
- kuivumiskutistuma (0,5-1,5 mm/m)
- lämpömuodonmuutos
- autogeeninen kutistuma (0-0,6 mm/m).

Yllä mainitut eivät kuitenkaan ole aina tyyppillisiä maksimiarvoja betonille. (BY 45/BLY7 2018, 144.)

Kutistumisen ja siitä aiheutuvat laatan käyrityksen teoria on, että laatan ylä- ja alapinnan väliset lämpötilaerot sekä kosteuseroista johtuvat kutistumiserot pyrkivät käyritysmään laattaa sen nurkista. Laatan oma paino kuitenkin pyrkii vastustamaan tätä liikettä, ja tämän takia isoimmilla valualueilla on paremmat mahdollisuudet pitää käyritystä pienempänä. Nurkissa käyritymä vaikuttaa eniten, sillä siellä ei enää oma paino riitä pitämään laattaa alhaalla. Taivutusvetojännitys syntyy laatan kylmälle puolelle ja puristusjännitystä lämpimälle puolelle. (BY 45/BLY7 2018, 66.)



Kuvio 2. Laatan käyristymä vapaissa nurkissa (BY 45/BLY7 2018, 67)

Ongelmaa betonilaatan käyristymisen kanssa on ilmennyt rakennustyömailla jo jonkin aikaa. Opinnäytetyössä tutkitaan maanvaraisia laattoja ja niiden käyttäytymistä käyristymisen suhteen. Koevaluja varten valittiin sellainen kohde, jossa on mahdollista tutkia näitä laattoja. Kuitenkin ongelmaa on ilmennyt muissakin laatoissa, kuten kelluvissa laatoissa varsinkin märkätilojen kohdalta. Tästä raportoi FISE:n sivuilla eräs virhekortti:

*Peruskorjauksessa uimahallin märkätilan lattiarakenne oli korjattu vanhaa kantavaa betonilaattaa lukuun ottamatta. Rakenteessa oli lattialämmityksen vuoksi käytetty kelluvaa pintabetonilaattaa, ja tämä oli betonin kuivumisasteen vaihtelun seurauksena kaareutunut nurkissa ylöspäin. Vedeneristys- ja laatoitustyöt oli tehty liian aikaisin, eli ennen kuin reunaanousu oli palautunut kuivumisasteen tasaantumisen seurauksena. Muutama kuukausi kohteen käyttöönoton jälkeen havaittiin märkätilan alapuolisen tilan katon maalipinnan vaurioituminen. (Märkätilan vedeneristyksen vaurioituminen lattian kelluvan betonilaatan kaareutumisen vuoksi 2018.)*

## 3.2 Kutistumatyypit

### **Plastinen kutistuma**

Plastinen kutistuma tapahtuu, kun betonilattiasta haihtuu liian nopeasti vettä, ennen kuin betonilattian yläpinta sulkeutuu. Pahin tilanne on kun massasta on kerennyt haihtumaan runsaasti vettä, jolloin se sisältää paljon sementtiä ja vähän vettä. Tämä ilmiö tapahtuu betonin tuoreessa vaiheessa, eli ns. plastisessa vaiheessa. Tällä ilmiöllä on kutistumisen ja halkeilun kannalta suurin vaikutus, joten tähän pitää ottaa kantaa heti valun yhteydessä. Takaamalla hyvät valuolosuhteet ja pitämällä ilman suhteellinen kosteus korkealla ja lämpötila normaalina, plastista kutistumaa voidaan välttää. Plastinen halkeilu tapahtuu suurimmillaan, kun valu tapahtuu aurinkoisissa tai tuulisissa olosuhteissa (haihtuminen nopeaa), tuulisissa ja kylmissä olosuhteissa (betoni sitoutuu hitaammin) tai valetaan talvella lämmitetyissä tiloissa (sisäilma kuivaa). (BY 45/BLY7 2018, 144-145.)

### **Plastinen painuma**

Plastinen painuma tarkoittaa betonimassan painumista alaspäin, kun vesi erottuu tämän painuman takia laatan yläpintaan. Tämä yleensä ilmenee paksummissa laatoissa, ja silloinkin sitä voidaan pitää kurissa hyvällä täryttämisellä. Kohtuullisella notkistimen ja veden käytöllä tätä voidaan ehkäistä myös. (BY 45/BLY7 2018, 145.)

### **Autogeeninen kutistuma**

Tätä ilmiötä ei yleensä esiinny lattiabetoneissa, ellei ole vesi-sementtisuhteeltaan matala betonimassa kyseessä (<0,45). Kyseessä on tilavuuden pieneneminen ja sisäinen kuivuminen. Hydrotaatioreaktion takia syntyneen sementtikiven tilavuus on pienempi kuin alkuperäisen sementin ja veden. Tämän takia betoni kuivuu sisäisesti, minkä seurauksena tilavuus pienenee entisestään. Suunnittelun avulla voidaan helposti pitää autogeenistä kutistumaa hallinnassa. Veden ja sementin määrä on syytä pitää kohtuullisina ja käyttää mahdollisimman paljon ja isokokoisia kiviaineksia. (BY 45/BLY7 2018, 146.)

### **Kuivumiskutistuma**

Kun puhutaan arkikielellä betonin kuivumisesta, yleensä sillä tarkoitetaan kuivumiskutistumaa. Kuivumiskutistumasta on oltu tietoisia jo pitkään, ja se on suunnittelussa otettu hyvin huomioon. Tämän ilmiön suuruuteen vaikuttavat hyvin pitkälti samat asiat, mitä edellisiin ilmiöihin eli lämpötila ja kosteusolosuhteet. Lisäksi vaikuttaa myös betonin koostumus, sillä enemmän tämä ilmiö koskee sementtipastaa kuin kiviainesta. Kuivumiskutistumaa ei sinänsä voida mitenkään estää, se tapahtuu luonnostaan, eikä jälkihoidolla sinänsä pienennetä sitä, vaan siirtää sen ajankohtaa pidemmälle. Betonirakenteissa tiedetään kuivumisen olevan hidasta ja siten kutistumakin etenee hitaasti. Ensimmäisen kuukauden aikana tapahtuu vain 35% kokonaiskutistumasta, kun taas kolmen kuukauden päästä se on jo 80%. (BY 45/BLY7 2018, 146.)

### **3.3 Käyritymät eri lattiatyypeissä**

Käyrityminen ilmiönä on tavanomaista jokaiselle lattiatyypille. Tämä ongelma tulee esille joko pienessä määrin tai hoitamattomana isompana ongelmana. Maanvaraisissa lattioissa käyrityminen on ollut ongelmana ohuissa lattioissa. Se johtuu siitä, että niiden oma paino ei jaksa painaa nurkkia alas ja ne käyristyvät. Saumakohtat ovat tunnetusti betonilattian heikoimpia kohtia, joten niissä ilmenee käyritymistä sauman suuntaisia halkeamia. Pintabetoneissa huono tartunta alempaan betonielementtiin aiheuttaa pintalaatan reunojen irtoamisen käyritymistä takia, ja sen jälkeen halkeamia ja katkeiluja nurkissa. Kelluvissa lattioissa on sama ongelma painonsa kanssa, se ei riitä pitämään käyritymistä kurissa. Tämä aiheuttaa rakoiluja esimerkiksi lattialistojen vieressä, jos ne on ehditty kiinnittää jo ennen nurkkien palautumista. (Pitkänen n.d., 419.)

## 4 Raudoitus ja jälkihoito

### 4.1 Raudoitus

Raudoitus pitää tehdä betonilattioihin, koska ne ottavat vetojännitystä vastaan ja estävät betonia käyritymästä ja halkeilusta. Betoni on tiivistettävä huolellisesti, jotta raudoitus ja betoni voivat toimia yhtenä kokonaisuutena, lisäksi betoni suojaa raudoitusta ruostumiselta. (Palolahti 2011, 9.)

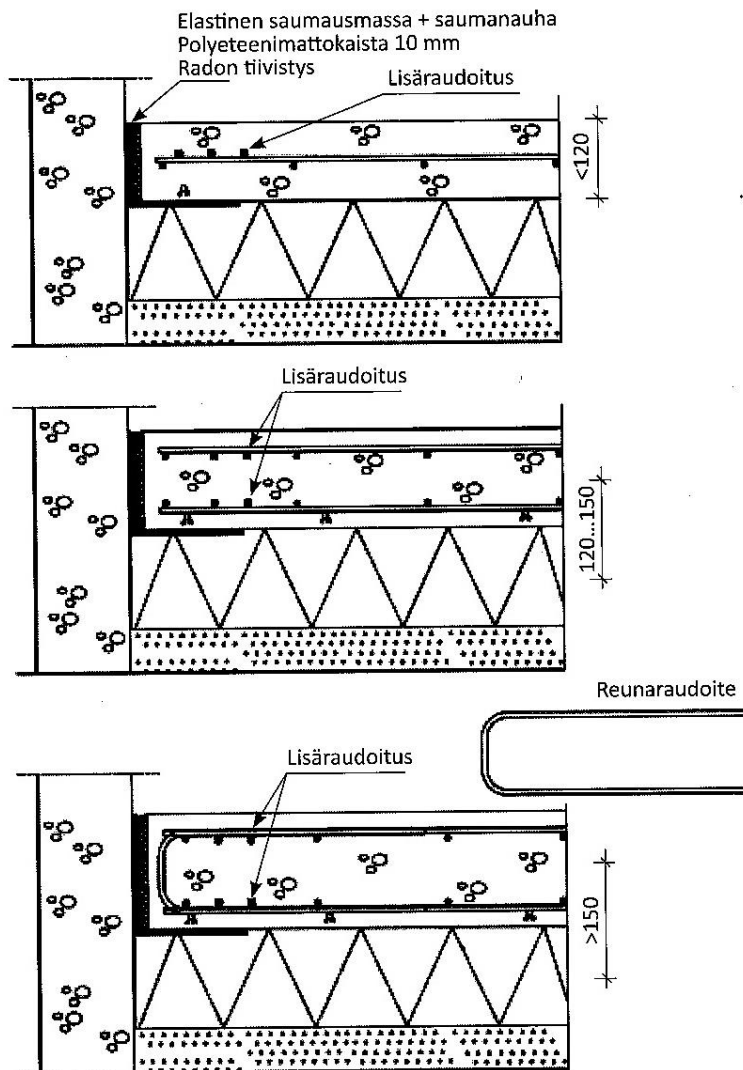
Lattioiden raudoitus onnistuu monella eri tavalla, kuten harjateräksillä, kuidulla tai jälkijännitettynä. Kuituja on käsitelty aiemmin tässä tutkimuksessa. Tässä käydään läpi miten tankoraudoitusta käytetään lattiabetoneissa, sillä meidän koevaluissamme ei ole tarkoitusta käyttää kuitua. Uutena raudoitusmenetelmänä on myös mattorau-doite, mutta sitä ei ole tarkoitus käydä tässä sen tarkemmin.

Yleisimmin käytetty raudoitus lattioissa on tankoraudoitus, joka voidaan toteuttaa joko irtotangoista tai valmiista raudoitusverkoista. Irtotankoja käytetään yleisimmin reunoilla ja nurkilla estääkseen käyritymistä, kun taas verkoilla toteutetaan isompia kokonaisuuksia täyttäen koko laatan nopeasti ja vaivatta. Raudoitusverkkoja on olemassa varastokoossa tai niitä voidaan tietyille työmaalle valmistaa tietyn kokoisiksi. Varastoverkkojen ulkomitta on 2350 x 5000 mm<sup>2</sup>, käytettyjen tankojen paksuudet 5-12 mm ja tankojako on 150 tai 200 mm. (BY 45/BLY7 2018, 81.)

Halkeilun kannalta raudoitus on suositeltavaa sijoittaa mahdollisimman ylös, ottaen huomioon tarvittavan betonipeitteet toteutus. Raudoituksen minimi on halkaisijaltaan 8 mm raudoittaessa maanvaraisia lattioita. Jos kuitenkin mahdollista, niin ehdottomasti paras paikka raudoitukselle on kolmannesosan verran yläpäästä. Pitää ottaa huomioon verkkoa asennettaessa verkon risteämiskohdat, sillä niissä voi olla vaarana ettei tarvittavaa betonipeitettä saavuteta, jolloin raudoitustasoa joudutaan hieman laskemaan. (Litendahl 2013, 68.)



Kun tarkistellaan raudoitusta käyrityksen suhteen, tiedetään, että laatan keskilinjaa ylemmälle puolelle sijoitettu verkkoraidoitus vähentää laatan käyritystä noin 10-15%. Vastapainoksi keskilinjaa alapuolella sijaitseva raudoitus lisää käyritystä. Työmaalla yleensä käy niin, että verkon päällä kävelyn takia verkon korkeus on suunniteltua alempana tai se lähtökohtaisesti sijoitetaan alemmas. Tästä syystä pitää varmistaa oikea verkon sijainti laatussa. Kun laatussa käytetään tuplaverkkoa, on riskinä se, että ylä- ja alaverkko kiinnittyvät toisiinsa, mikä lisää käyrityksen riskiä. Tämänkin ongelman joissakin tapauksissa ratkaisee verkkojen väliin jäävä lattialämmitysputkisto (Herva 2015, 25.) Paksut betonilaatat (100 mm ja yli) on raudoitettava keskilinjaa yläpuolelle, mutta alle 70 mm pintabetonivaluja ei tarvitse raudoittaa. (Lumme 2018).



Kuvio 3. Laatan vapaan reunan raudoitus (BY 45 2018, 83)

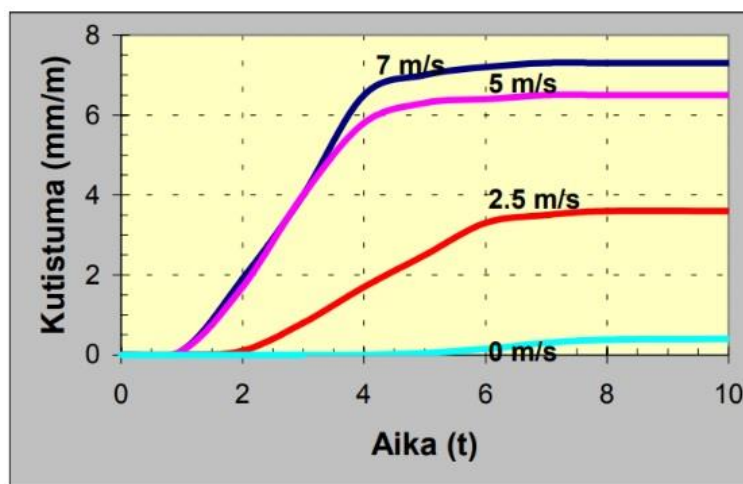
Koevalujen betonilaattojen ollessa alle 120 mm paksuja, käytetään reunan suuntaisia lisäraudoitteita reunoilla asuintiloissa työmaan rakennesuunnittelijan mukaan.

## 4.2 Jälkihoito

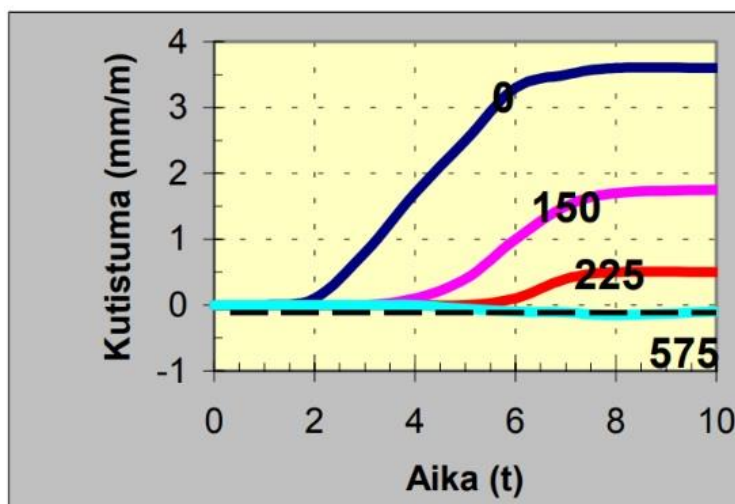
Jälkihoito on yksi avaintekijöistä valaessa betonilattioita. Oikealla jälkihoidolla täyttyvät betonin vaatimukset ja onnistutaan saamaan oikeanlainen tulos. Tutkimukset ovat osoittaneet, että oikealla ja pitkään tehdyllä jälkihoidolla on paljon paremmat tulokset, kun huonosti toteutetulla jälkihoidolla. Vaativissa olosuhteissa tai esimerkiksi koevalujen tapauksessa nopeasti pinnoitettavaa betonia käytettäessä (vesisementtisuhde pieni) on tärkeää aloittaa jälkihoito jo oikaisun yhteydessä. Oikein jälkihoidetussa betonissa vähenee huokosten ja halkeilun määrä, ja tulee lisää kemiallista kestävyyttä. Huonosti toteutetussa jälkihoidossa on riskinä, että betonista tulee heikko, se pölisee ja halkeilee paljon. (Herva 2015, 26.)

Jälkihoito jaetaan kahteen tyyppiin: varhaisjälkihoito ja varsinainen jälkihoito. Varhaisjälkihoidon tarkoituksena on estää plastinen kutistuma ensimmäisten minuuttien aikana valamisesta, eli estää liian nopea kuivuminen alkuvaiheessa. Plastisen kutistumisen kesto riippuu valuolosuhteista ja siitä, kuinka pitkälle on massan plastinen vaihe edennyt. Tärkeää on pitää valuolosuhteet mahdollisimman kosteina ja ilman ylimääräistä tuuletusta, silloin betonin pinnalta haihtuva vesimäärä on pieni. Liian suuri plastinen kutistuma näkyy betonilattian pinnan verkkomaisena halkeamana tai yksittäisinä suurina halkeamina. Plastisen kutistuman pienentäminen lisää myös hieron mukavuutta, sillä betonin pinta ei ”nahkoitu”. Tutkimuksen mukaan muovikelmu on tehokkain keino estää plastista kutistumaa, jos sen levittää heti tasauksen jälkeen betonipinnalle. Tämä toimenpide estää jopa täysin sen ilmiön. (Nopeammin päällystettävä (NP) lattiabetoni käyttöohje n.d.)

Betonoinnin alussa on varmistettava, että olosuhteet ovat hyvät betonille. Lämpötila ei saa olla liian korkea, kosteus liian matala ja ei saa olla tuulista, muutoin veden haihtuminen on voimakasta. Tuulen on huomattu vaikuttavan vahvasti plastisen kutistuman suuruuteen, jopa kymmenen kertaa voimakkaampana jälkihoitamattomalla betonipinnalla. Vaikka varhaisjälkihoitoaine auttaa näihin sen mitä pystyy, on silti aloitettava perusasioista ja hyvistä olosuhteista. Varhaisjälkihoito voidaan toteuttaa sumuttamalla tuoteohjeen mukaiset määrät ainetta betonille, sumuttamalla vettä pinnalle tai levittämällä väliaikaisesti muovikalvo betonin pinnalle. (Betonilattioiden jälkihoito n.d.)



Kuvio 4. Betonipinnan plastinen kutistuma riippuen tuulennopeudesta (Betonilattioiden jälkihoito n.d.)



Kuvio 5. Betonipinnan plastinen kutistuma erilaisilla jälkihoitoaineen määrillä, tuulen nopeus 2,5 m/s (Betonilattioiden jälkihoito n.d.)

Varsinaisella jälkihoidolla on periaatteessa sama tarkoitus kuin varhaisjälkihoidolla, betonipinnan nopean kuivumisen estäminen sen kovettumisen aikana. Jälkihoito suoritetaan hierron jälkeen ja se tehdään joko lisäämällä jälkihoitoainetta betonin pinnalle, suojaamalla pinta muovikalvolla pinnan viimeistelyn jälkeen, yhdistämällä kastelu ja suojamuovi tai pelkästään kastelemalla betonipintaa tietyin väliajoin, mikä on todella työlästä. Jälkihoitoa voidaan tehostaa lisäämällä toinen kerros jälkihoitoainetta seuraavana päivänä. Suojamuovin kanssa pitää olla tarkkana, sillä tuoreen hier-topinnan päälle tiivis levitys voi aiheuttaa betonipinnan vaurioita, mutta toisaalta suojamuovitus seuraavana päivänä voi olla jo myöhästä. Suojamuovin pitää olla tiiviisti, jottei ilma pääse alle kuivattamaan sitä, ja jos se kuivuu niin pitää kastella lisää. Käyttäessä jälkihoitoainetta, betonipinnan pitää olla vähintään +5 °C. (Betonilattioiden jälkihoito n.d.)

Tärkeä rooli on myös hierrolla ja sen ajoittamisella. NP-betonin oikea hiertoaika on vasta kun se ei upota kenkää 5 mm syvemmälle, eikä vettä saa nousta hierron mis-sään vaiheessa. Silloin se on alkanut sitomaan pintaa syvemmältä. Käsillä tehtyjä hier-toja pitää välttää, sillä niillä ei saavuta niin hyvää pintaa kuin koneellisesti tehtynä, ja lujuus laskee. (Nopeammin päällystettävät NP-lattiabetonit n.d.)

*Jälkihoitoajan pituuteen vaikuttavat mm. kovettumisolosuhteet, betonilaatan rasitusluokka ja betonin kovettumisnopeus. Betoninormin 2004 BY 50 mukaan jälkihoito voidaan lopettaa rasitusluokissa XO ja XCI, kun betoni on saavuttanut 60 % ja muissa kuin XF2- ja XF4-rasitusluokissa 70 % nimellislouheutensa. Rasitusluokkien XF2 ja XF4 tai erityistä kulutuskestävyyttä edellyttävillä rakenteilla tulee jälkihoitoa jatkaa niin kauan, että betoni on saavuttanut 80 % nimellislouheutensa. (Herva 2015, 28.)*

## 5 Kohde, koevalut ja tulokset

### 5.1 Kohteen tiedot ja lähtötilanne

Kohteenamme meillä on ollut Asunto Oy Jyväskylän Järvikaisla & Osmankäämi kerrostalot (Kuvio 6). Rakennuttajana toimii Rakennus-Kaseva Oy. Kohde sijaitsee Jyväskylän Kuokkalassa. Näistä kahdesta kerrostalosta suoritettiin koevalut Järvikaislan ensimmäiseen kerrokseen maanvaraisena laattana. Valut tehtiin koko kerrokseen kerralla 20.4.2020 ja valualueeseen päätyivät niin huoneistotilat kuin myös varastotilatkin (Liite 1). Samaan liitteeseen on merkitty myös tilojen lämmittimet. Kohde rakentuu 2020 vuoden lopussa. Runkovaihe on suoritettu ja kattotöihin on siirrytty.

Koevalujen tarkoituksena oli seurata betonilaatassa tapahtuvaa reunojen käyristymistä. Siihen pyrittiin jo alusta alkaen huomioimaan mahdollisimman paljon tekijöitä. Koevaluista tiedotettiin niin betonitoimittajaa kuin myös betonointiryhmää. Koealue suljettiin rakennuttajan puolesta muovein ja ovein. Oveen kiinnitettiin kyltti ”Sulje ovi! Mittaukset käynnissä”. Työ pyrittiin suorittamaan mahdollisimman virheettömästi, kuitenkin tekemättä mitään erikoista tai vaikeata, eli pysyttiin työmaakäytännöissä. Tarkoituksena oli mitata kahden viikon verran betonissa tapahtuvia muutoksia ennen kuin lattiat hiotaan.

Betonimassan olennaisia tietoja:

- Kiviaineksen koko 0-16 mm n. 1800 kg/m<sup>3</sup>.
- Sementtinä oli Oiva ja Rapid sementin yhdistelmä (CEM II/B-M (S-LL) 42,5 N + CEM I 42,5 R).
- Lisäaineena olivat Sikan notkistin ja huokostin. Hidastimia ei käytetty.
- v/s -suhde 0,57.
- Em. perusteella on jouduttu tekemään sideaineiden seos.
- Jälkihoitoaineena toimivat BASF-aineet. Varhaisjälkihoitoaineena käytettiin Masterkure 111WB ja varsinaisena jälkihoitoaineena käytettiin Masterkure 216. WB.

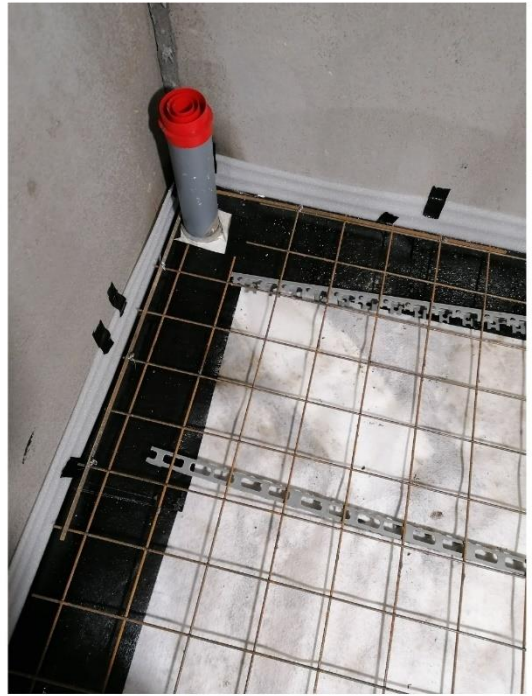


Kuvio 6. Koevalujen kerrostalo kohde

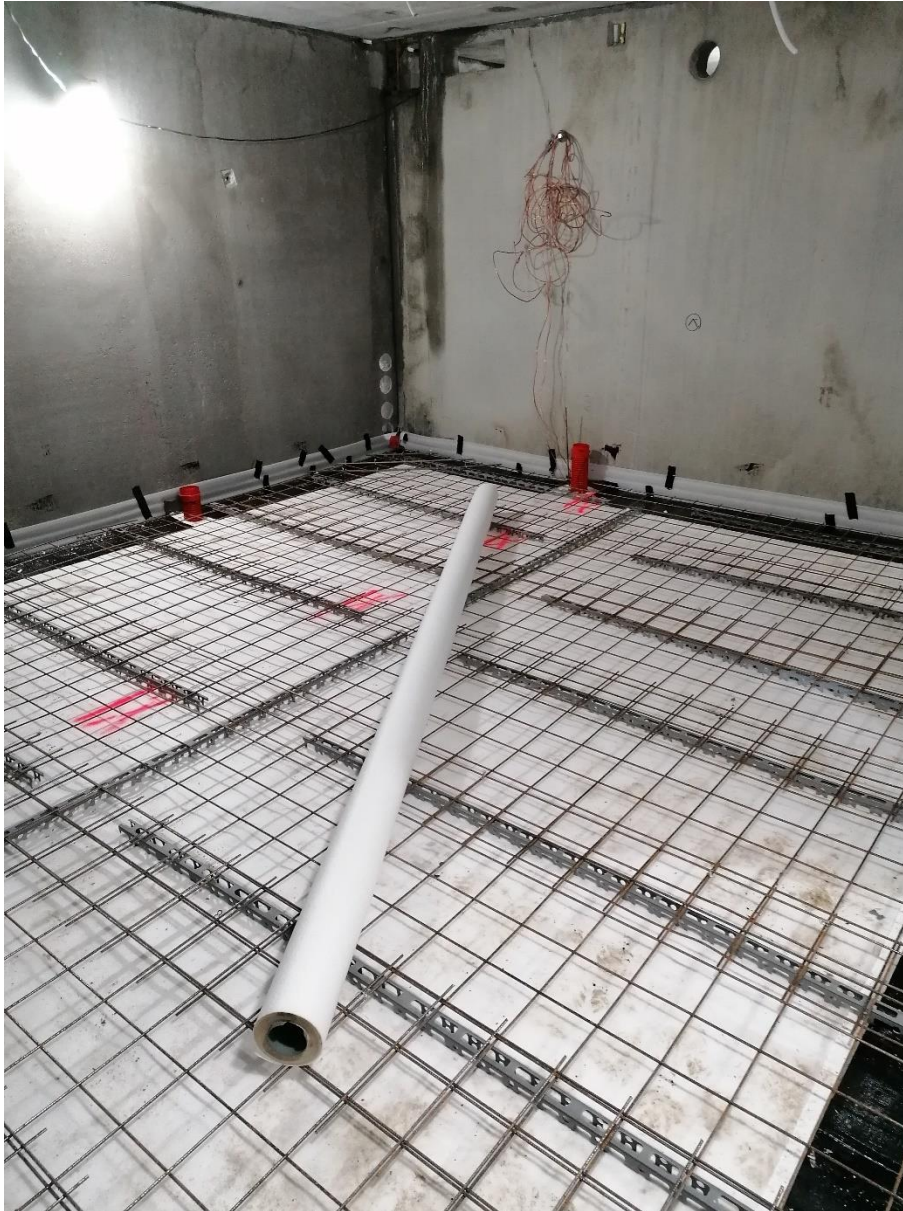
## 5.2 Koevalut

Tulosten verrattavuuden vuoksi koealue on jaettu raudoituksen ja jälkihoidon osalta eri osiin (Liite 2). Eri huoneiden tiedot on merkitty eri väreillä, ja niihin löytyvät selitteet liitteen alaosasta. Raudoituksena on käytetty 6 mm verkkoa ja huoneistossa se on ollut tuplana. Lisäraudoitus vaihtoehtoja on ollut 4 erilaista (Kuvio 7) ja käytävästä ne on jätetty kokonaan pois. Liitteessä kuitenkin virheellisesti lukee, että jälkihoitoaine lisättiin myös seuraavana aamuna. Sitä ei ole tehty. Eli jälkihoitomenetelminä

olivat joko varhais- ja varsinaisjälkihoito tai em. lisäksi myös muovitus seuraavana aamuna. Isot numerot tiloissa (100, 101, 102) tarkoittavat betonointiryhmälle ilmoittamaa lattiakorkoa.



Kuvio 7. Erilaisia rauditusvaihtoehtoja



Kuvio 8. Violetin huoneen rauditus ja putkien läpiviennit

Koevaluja tarkkailtiin kaksi viikkoa. Valut suoritettiin 20.4.2020 aamulta klo 7.30 ja lopetettiin klo 11.25 . Liippaus aloitettiin klo 11.26 ja lopetettiin klo 13.50. Käyritymistä on seurattu hyvin yksinkertaisella menetelmällä. Jokaisen mitattavan laatan nurkkiin laitettiin mitta metrin korkeuteen heti kun laatan päällä oli mahdollista kävellä eli noin klo 21.00 (Kuvio 11). Tietyin väliajoin käytiin seuraamassa nurkkien nousun muutosta ja merkattiin tulokset ylös. Mitat laitettiin pelkästään nurkkiin, koska siellä tapahtuu eniten käyritymistä. Tarkkailun aikana huomattiin, että jotkut työntekijät olivat pitäneet ovia auki koealueella ja tuulettaneet aluetta joistakin kohdista.



Lisäksi yhdessä nurkassa oli viemäriputken läpivientejä ulkoilmaan, joita ei ollut tutkittu. Nämä mittauksiin vaikuttavat virhetekijät on otettu huomioon koetuloksissa. Mittauksen ajalta on tehty olosuhdeseuranta sekä sisällä (Liite 3), että ulkona. Ulkona mitatusta lämpötilasta ja ilman suhteellisesta kosteudesta ei ole jäänyt muuta kuin keskimääräiset arvot kahden viikon ajalta, kun taas sisällä mitatuista olosuh-teista saatiin talteen havainnollistava aikajana. Ulkona mitatun lämpötilan keskiarvo kahden viikon ajalta on 9,54 °C ja suhteellisen kosteuden arvo on 41,13%.

Koevalut tapahtuivat sisällä, jolloin tuuli ei ole päässyt vaikuttamaan olennaisesti betonilaatan vedenhaihtumiseen. Valuolosuhteet olivat suotavat ja muutenkin betonointityöstä saadaan tarkemmat tiedot selville betonointipöytäkirjasta (Liite 5). Valujen aikana keli oli pilvistä ja lämpötila valujen alussa +3,5 °C ja valujen lopussa +7,5 °C.

### 5.3 Koetulokset

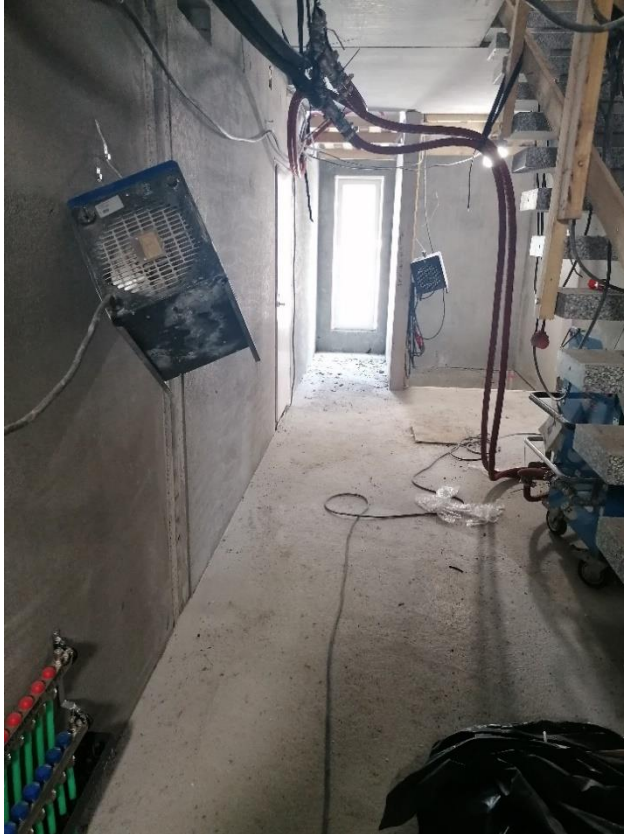
Koeajalta saadut tulokset olivat joissain määrin odotettuja ja joissain määrin yllättäviä. Tarkistellaan ensin jälkihoitomenetelmän eroja valuissa. Suoraan tuloksista ei osaa sanoa, vähentääkö seuraavan päivän muovitus olennaisesti käyristymistä. Jos verrataan keskenään punaista ja sinistä tilaa, joiden ero on käytännössä jälkihoitomenetelmässä ja laatan muodossa, sinisessä tilassa on tapahtunut vähemmän käyristymistä nurkissa (Liite 6).

Raudoituksen suhteen selkeän eron huomaa heti käytävän ja muiden tilojen välillä. Käytävällä ei ole käytetty erillisiä lisäraudoituksia, jolloin valualueen jokainen nurkka on hieman kohonnut 1,0-1,5 mm välillä. Pitää kuitenkin myös huomioda, että käytävällä oli kahdet lämmittimet, jotka puhalsivat nurkkiin päin (Liite 1, Kuvio 10). Kaikki tilat olivat kuitenkin keskenään kosketuksessa, sillä kerroksessa ei ollut yhtään ovea paikallaan. Muutoin lisäraudoitusten erot eivät näyttäneet kovin paljon vaikuttavan. Violetin tilan yhdessä nurkassa tapahtui jopa 3,5 mm käyristymä, sillä siinä vieressä oli ollut neljä läpivientiä (Liite 6, Kuvio 8).

Mittauksia suoritettiin 23.4., 27.4., 30.4. ja 4.5.2020.



Kuvio 9. Olosuhdeseurannassa käytetty laite, Trotec BL-30



Kuvio 10. Käytävän lämmittimet



Kuvio 11. Nurkassa olevat metrin merkit

## 6 Pohdinta

### 6.1 Tulosten analysointi

Saaduista tuloksista voidaan rajata tietyt asiat. Ensinnäkin tässäkin työssä tuli huomattua monta virhetekijää ja saatuja tuloksia pitää käsitellä järjellä. Virhetekijöinä olivat monet kohdat, kuten:

- Paikalla tehdyt mittaukset eivät ole täysin millilleen tarkkoja, sillä ovat tehty käsin ja rullamitan avulla. Jokainen mittaus voi hieman vaihdella.
- Merkit, joista otetaan mittaa käyristymiseen, laitettiin vasta monen tunnin päästä valusta. Tämän aikana on tapahtunut laatan kuivumista ja mahdollisesti myös plastista kutistumaa. Eli ennen mittojen laittamista on voinut tapahtua käyristymistä.
- Valualueen ovien auki pitäminen on voinut aiheuttaa virheellisiä tuloksia.

- Yhdestä kohdasta on jäänyt läpiviennit tukkimatta, mikä aiheutti käyritymistä. Toisaalta se toimii hyvänä vertailukohtana.
- Lämmittimet ovat puhaltaneet käytävällä nurkkiin päin.
- Olosuhdemittari oli pelkästään käytävällä.
- Jälkihoitoainetta levitettiin ruiskuttamalla. On voinut sattua mahdollisia virheitä ja jälkihoitoainetta ei osunut kaikkiin paikkoihin/nurkkiin.

Huoneistoissa (keltaiset alueet) ei huomattu käyritymistä, sillä sen riskejä pienentävät iso neliömäinen valualue ja tuplaverkotus. Ison valualueen takia laatan oma paino jo pitää nurkkia paikallaan. Tuplaverkon avulla saatiin ylin verkko niin ylös kuin on vain mahdollista, kuitenkin ottaen riittävä betonipeite huomioon. Tästä käytiin raudoitus -osiossa tarkemmin läpi. Käyritymistä ei koetarkastelun aikana tapahtunut vaikka nurkissa olivat vain yhden lisäraudat. Jälkihoidolla ei ollut huomattavaa vaikutusta.

Varastointitiloissa (violetti, ruskea, sininen ja punainen) ei huomattavaa eroa nurkissa raudoituksen suhteen. Eniten kuitenkin muutosta on tapahtunut punaisen tilan nurkissa. Sille ei osata sanoa mikä konkreettisesti on vaikuttanut käyritymään, lisäksi virhetekijät ovat aina mahdollisia. Tilaa ei kuitenkaan ollut muovitettu. Kaikista tiloista tämä on ollut ainoa tila käytävän lisäksi, missä on sijainnut lämmitin. Se on voinut ilmanvirtauksellaan kuivattaa pintaa sen verran, että betoni on päässyt kuivumaan noista nurkista paremmin. Lisäksi sinisen tilan nurkassa on tapahtunut yhden millin käyritymä, johtuen luultavasti nurkassa sijaitsevasta viemäriputkesta (Kuvio 7). Violetin tilan nurkka oli käyritynyt hyvin selkeästä syystä. Läpivientejä ei ollut tullut sieltä ja tuuli on päässyt kuivattamaan nurkkaa. Nousu on ollut jopa 3,5 mm rajusta raudoituksesta huolimatta (Kuvio 8).

Käytävässä tapahtui eniten muutoksia ja käyritymistä. Syynä on mahdollisesti monen tekijän yhteisvaikutus: pitkä ja kapea valualue (omapaino ei riitä pitämään nurkkia alhaalla), lisäraudoitusten puute, verkkorauta voi olla mahdollisesti alempana kuin mitä suunniteltiin (työntekijöiden kävelyn takia taso laskenut alemmas) ja lämmittimien puhaltaminen suoraan nurkkiin. Ottamalla nämä huomioon on suotuisaa

jatkoa ajatellen käyttää käytävillä lisäraudoitusta, asettamalla lämmittimet paremmin pois nurkista, laittamalla vanerit verkon päälle (tasaa kävelystä aiheutunutta painoa, eikä laske alemmas) ja pitämällä huolta, ettei ovia pidetä auki.

## 6.2 Tiivistelmä ja jatkokehittäminen

Opinnäytetyön aiheena on ollut maanvaraisen betonilattian reunojen käyristymisen seuraus kahden viikon jälkihoidon aikana ja tähän tavoitteeseen on päästy. On onnistuttu vertaamaan eri vaihtoehtoja raudoituksen ja jälkihoidon suhteen. On koottu hyvin kattavasti tietoa betonin osa-aineista ja niiden käyttäytymisestä betonimassassa. Tiedetään mitä kannattaa ottaa huomioon valaessa maanvaraisia betonilaattoja. Työssä esitettyjen kuvien ja liitteiden avulla voidaan luoda hyvä kuva suoritetuista koevaluista ja verrata tuloksia keskenään. Teoriapohjalta tuodut käyristymiseen vaikuttavat asiat toteutuivat koevaluissa. Pitää kuitenkin muistaa, että työmaalla tapahtuvat valut eivät kuitenkaan etene teoriapohjaisesti ja ole ihan täsmällisiä.

Yhdet huomattavat tekijät tässä työssä ovat virhemahdollisuudet. Edellä lueteltiin jo mitä virheitä on voinut käydä koevaluja aikana. Pitää ymmärtää, että virheettömästi työmaaolosuhteissa nämä on mahdotonta tehdä, mutta lähelle pystytään pääsemään. Varsinkin betonin kanssa työskenneltäessä jotkut asiat tulevat näkyviin vasta vuosien päästä, mitä ei osattu huomioida nyt.

Koevaluihin saatiin hyvin paljon vertailukohtia ja erilaisten lattiatoteutusten variaatioita. Vertailua kuitenkin helpottaisi, jos valettavat alueet kaikki saataisiin samankokoisiksi, jolloin niitä pystytään vertaamaan ainakin koosta samanlaisina. Tehtiin kuitenkin mahdollisuuksien mukaan ja sitä mitä päärakennuttaja on sallinut. Tästä voidaan jatkaa näillä koetuloksilla ja kehitellä jatkotutkimuksia. Jatkotutkimuksen kannalta pitäisi pidentää seuranta-aikaa ja keskittyä enemmän betonilattian alkuvaiheen kuivumiseen. Silloin käyristymistä luultavasti tapahtuu enemmän. Kuitenkin näin pienessä ajassa saatiin jo tuloksia käyristymisestä, mikä kertoo jo paljon.

## Lähteet

- Betoniteknologian käsitteitä. N.d. Aalto Yliopiston luentokalvoja. Viitattu 6.5.2020. [https://mycourses.aalto.fi/pluginfile.php/131041/mod\\_label/intro/Rak-82\\_3131\\_luentokalvoja.pdf](https://mycourses.aalto.fi/pluginfile.php/131041/mod_label/intro/Rak-82_3131_luentokalvoja.pdf)
- BLY-3. N.d. Betonilattioiden jälkihoito. Suomen betonilaattayhdistys ry. Viitattu 18.3.2020. <http://www.bly.fi/File/bly-3.pdf?rnd=1290757363>
- BY 201. 2018. Betonitekniiikan oppikirja. BY-Koulutus Oy.
- BY 45/BLY7. 2018. Betonilattiat. Rakennustieto.
- BY 65. 2016. Betoninormit. BY-Koulutus Oy.
- Herva, P. 2015. NP-Betonin käyttö lattiavaluissa. Opinnäytetyö, AMK. Oulun ammattikorkeakoulu, rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma. Viitattu 18.3.2020. [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/95594/Herva\\_Perttu.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/95594/Herva_Perttu.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Koiranen, I. 2017. Lisäaineen kokeellinen käyttäytyminen betonimassassa. Opinnäytetyö, AMK. Tampereen ammattikorkeakoulu, rakennustekniikan tutkinto-ohjelma. Viitattu 18.3.2020. [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/127215/Koiranen\\_Ilkka.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/127215/Koiranen_Ilkka.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Komonen, J. N.d. Betonirakenteiden kutistumien ja halkeamien ehkäisy. Rakennustiedon verkkosivut. Viitattu 18.3.2020. <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK100402.pdf>
- Litendahl, J. 2013. Maanvaraisen betonilattian teon hallitseminen. Opinnäytetyö, AMK. Oulun seudun ammattikorkeakoulu, rakennustekniikan koulutusohjelma. Viitattu 18.3.2020. [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/56261/Litendahl\\_Jukka.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/56261/Litendahl_Jukka.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Lumme, P. 2018. Miksi betonilattiat joskus onnistuvat ja toisinaan taas eivät. Betoniyhdistyksen Dia-esitys. Viitattu 18.3.2020. <http://www.betoniyhdistys.fi/media/betonilattiapaivat/11-miksi-betonilattiat-joskus-onnistuvat-ja-toisinaan-taas-eivat-pentti-lumme.pdf>
- Maanvastainen betonilaatta. 2018. Sisäilmayhdistyksen verkkosivut. Viitattu 18.3.2020. <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kunnossapito-ja-korjaaminen/Maanvastaiset-rakenteet/Maanvastainen-betonilaatta>

Märkätilan vedeneristyksen vaurioituminen lattian kelluvan betonilaatan kaareutumisen vuoksi. 2018. Virhekortti FISE:n sivuilla. Viitattu 22.4.2020. <https://fise.fi/virhekortti/markatilan-vedeneristyksen-vaurioituminen-lattian-kelluvan-betonilaatan-kaareutumisen-vuoksi/>

Nopeammin päällystettävä (NP) lattiabetoni käyttöohje. N.d. Ohje Ruduksen sivuilla. Viitattu 18.3.2020. <https://www.rudus.fi/ohjeet/betonin-ohjeet/np-lattiabetoni-kayttoohje>

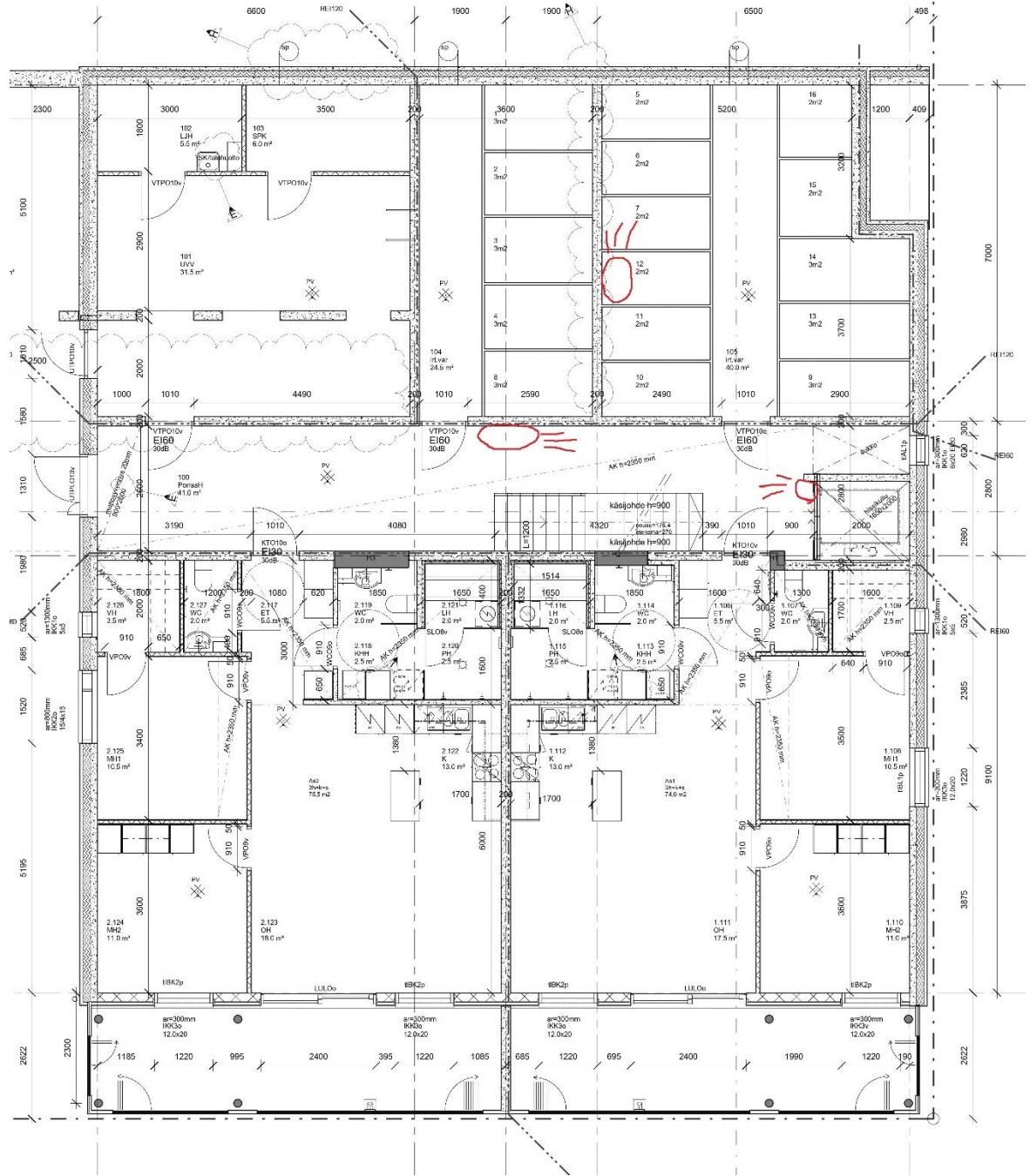
Nopeammin päällystettävät NP-lattiabetonit. N.d. Ladattava esite Ruduksen sivustolla. Viitattu 18.3.2020. <https://www.rudus.fi/Download/23827/Nopeammin%20p%C3%A4%C3%A4llystett%C3%A4v%C3%A4t%20NP-lattiabetonit.pdf>

Palolahti, T. 2011. Pienrakentajan betoniopas. Suomen Rakennusmedia Oy. Viitattu 18.3.2020. <https://betoni.com/wp-content/uploads/2015/11/Pienrakentajan-betoniopas-netti-1.pdf>

Pitkänen, P. N.d. Maanvaraisten betonilattioiden käyritysongelmat. Rakennustiedon verkkosivut. Viitattu 18.3.2020. <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK080305.pdf>

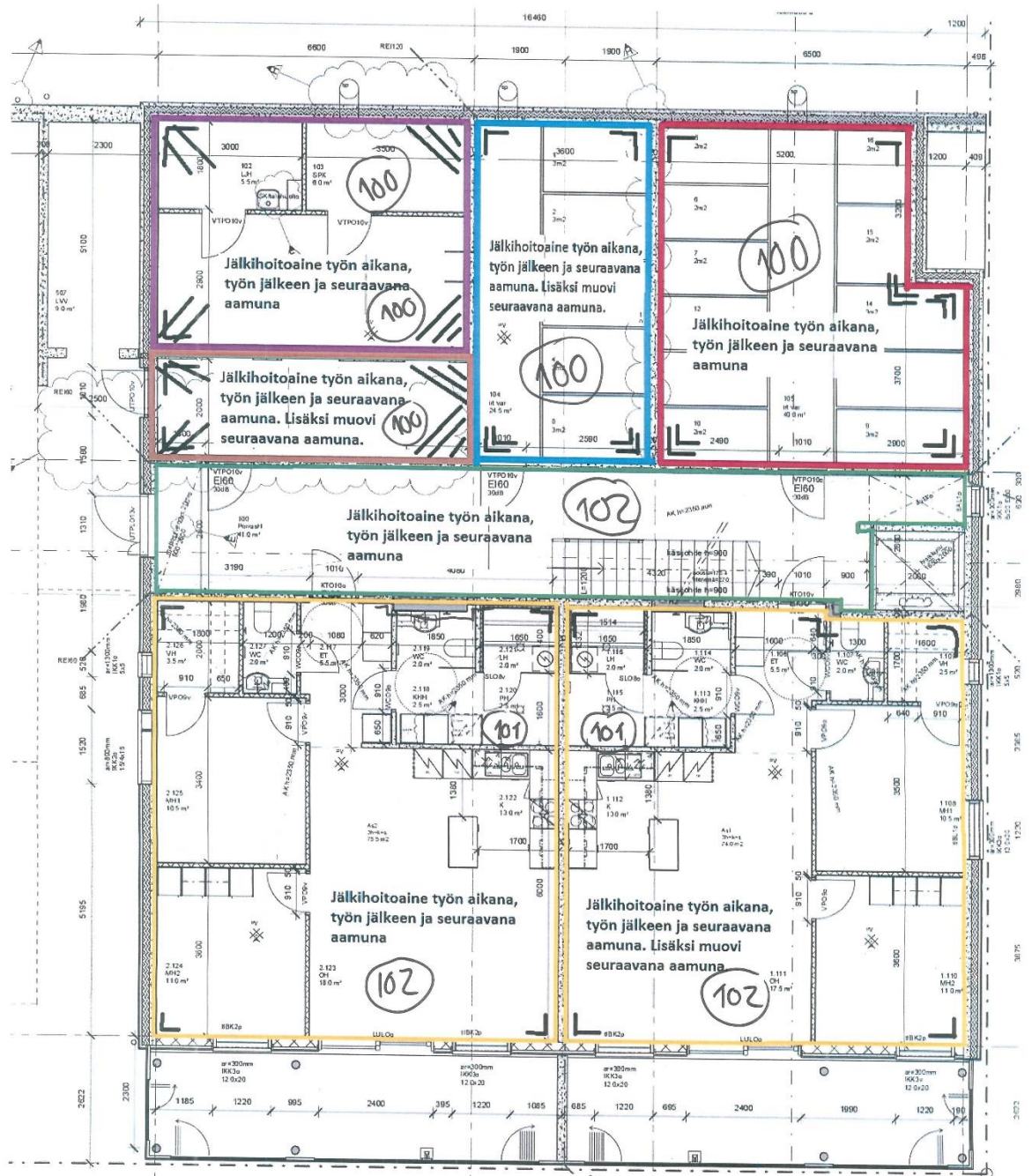
# Liitteet

Liite 1. Kohteen pohjakuva ja lämmittimien sijainti



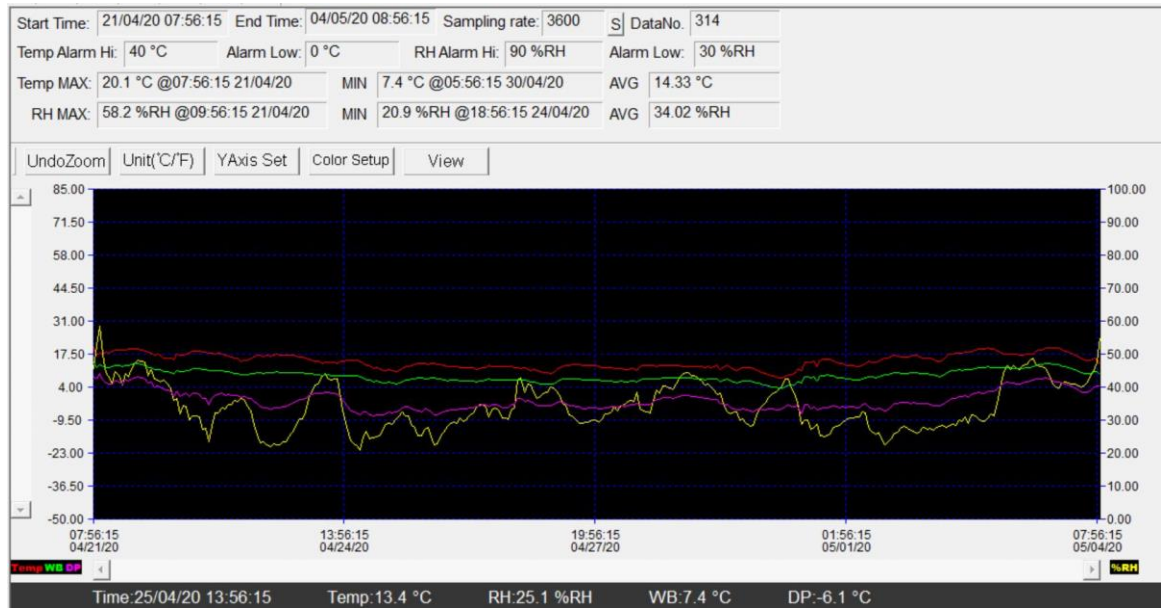


## Liite 2. Kohteen pohjakuva rajatuilla alueilla



- Asunnot verkko 6#150 + LL-putket + verkko 6#150. Nurkkiin taitettu T10 sivupitus 800mm
- Käytävä verkko 6#150. Ei lisäteräksiä.
- Irt.var verkko 6#150. Nurkkiin 2xT10 taitettuna / 1xT10 taitettuna kuvan mukaan. Sivupitus 800mm
- Irt.var verkko 6#150. Nurkkiin 2xT10 taitettuna / 1xT10 taitettuna kuvan mukaan. Sivupitus 800mm
- Tekn.tila verkko 6#150. Nurkkiin 3xT10 45' kulmassa nurkkaan nähden / 1xT10 taitettuna + 2xT10 45' kulmassa kohti nurkkaa
- UVV verkko 6#150. Nurkkiin 3xT10 45' kulmassa nurkkaan nähden / 1xT10 taitettuna + 2xT10 45' kulmassa kohti nurkkaa


## Liite 3. Olosuhdeseuranta sisällä



Punainen viiva on lämpötila

Keltainen viiva on ilman suhteellinen kosteus

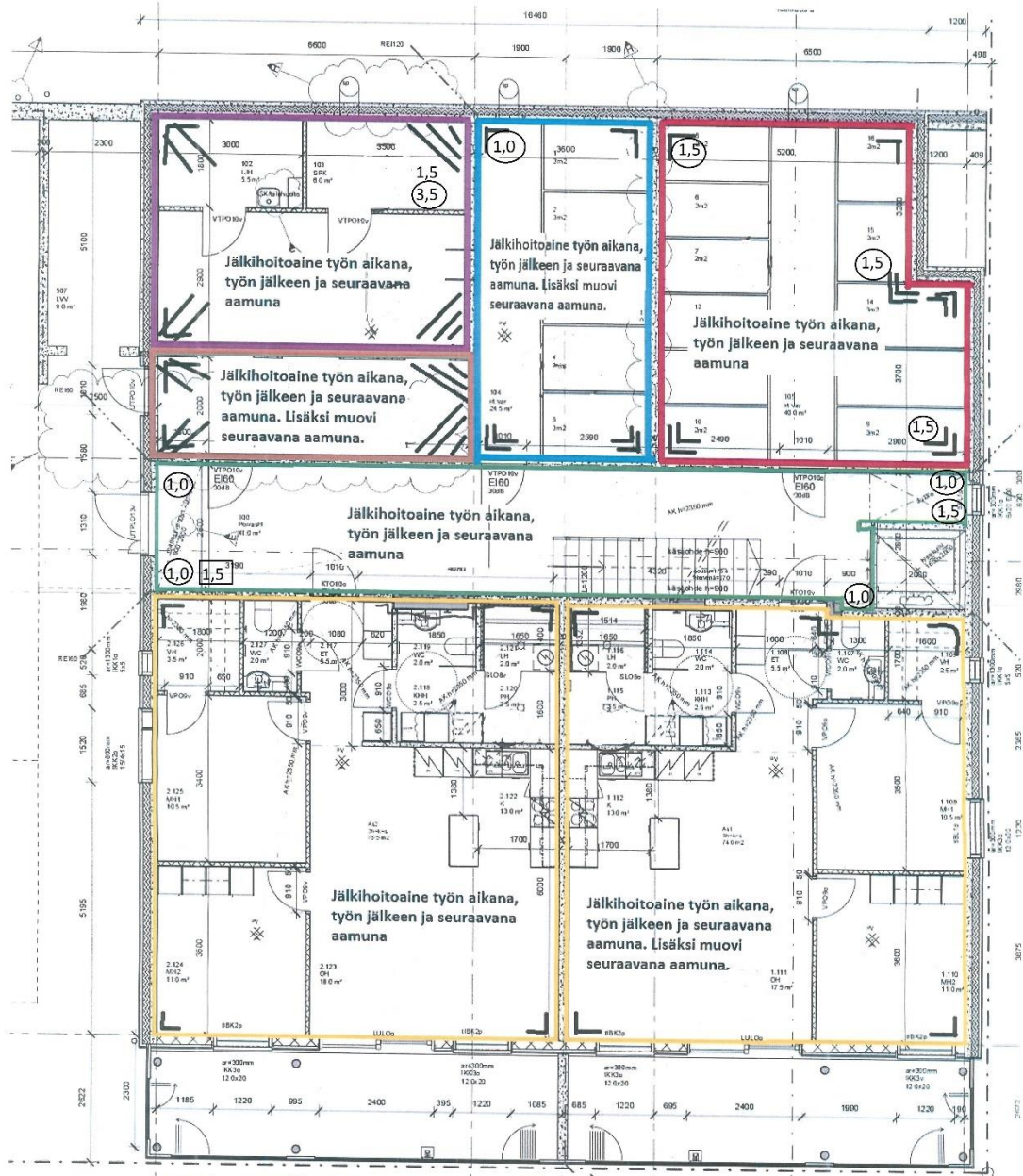
## Liite 4. Betonointipöytäkirja

		<b>BETONINTIPÖYTÄKIRJA</b> Rakennekohtainen, noudattaa Betoninormit 2004/By 50			
Rakennuskohde: AS Oy Jyväskylän Järvikaisla		Työmaa no: 32	Rak.luvan no: 179-2019-1033		
Osoite: Mesiangervontie 1	Puhelin nro: 0505963599	Valulohkon suunniteltu käyttöikä: <input checked="" type="checkbox"/> 50 v. <input type="checkbox"/> 100 v. <input type="checkbox"/> 200 v. Muu:			
Betonityönjohtaja Mikael Malk		Suunniteltu valumäärä (bet-m3) 30,5	Toteutunut valumäärä (bet-m3) 30,3		
<b>MUOTIT</b>		<b>RAUDOITUS/RAUDOITUSTARKASTUKSET</b>			
Muotinpinta ja muottijärjestelmä: Lautamuotti		<input type="checkbox"/> Taivutukset <input type="checkbox"/> Metalliosat <input type="checkbox"/> Jatkos, tartunta- ja ankkurointipituudet <input type="checkbox"/> Rauditus on hitsattu työmaalla			
Suunnitelmien mukainen betonipinnan luokka, (by40): XC4, XC2		Välketyyppi ja malli:		Tuenta (by50:4.2.3.3):	
Muotien tarkastus: <input checked="" type="checkbox"/> Tiiviyys <input type="checkbox"/> Varaukset <input checked="" type="checkbox"/> Työsaumat <input type="checkbox"/> Saumat <input type="checkbox"/> Telineet		Betonipeite: Nimellinen mm Tarkastettu (minimi) mm			
Tarkastan allekirjoitus: Mikael Malk		Raudituksen vastaanottotarkastus, kuitatut kuormakirjat ovat liitteenä ja allekirjoitus			
<b>VALULOHKO/RAKENNEOSA (LISÄKSI PIIRUSTUS NRO)</b>					
<b>Järvikaisla maanvarainen lattia</b> <b>Nop. päällyst. hieno/NPH</b> <b>V/S 0,57</b>					
<b>BETONI</b>					
Rasitusluokka piirustuksista (by50:3.2)	Lujuus- ja rakenneluokka C30/37	Ilmamaara nimellinen	P-lukuvavatimus (by50:4.1.1.5)	Notkeus (by50:taulukko 4.5)	
<input type="checkbox"/> X0	F-lukuvavatimus (by50:4.1.1.5)	Suurin raekoko mm # 16	Lisäaineet ja annostus	<input type="checkbox"/> S1 <input type="checkbox"/> C0 <input type="checkbox"/> F1 <input type="checkbox"/> S2 <input type="checkbox"/> C1 <input type="checkbox"/> F2 <input checked="" type="checkbox"/> S3 <input type="checkbox"/> C2 <input type="checkbox"/> F3 <input type="checkbox"/> S4 <input type="checkbox"/> C3 <input type="checkbox"/> F4 <input type="checkbox"/> S5 <input type="checkbox"/> F5 <input type="checkbox"/> F6	
<input checked="" type="checkbox"/> XC 1 <input type="checkbox"/> XC 2 <input type="checkbox"/> XC 3 <input type="checkbox"/> XC 4	Vesitiiveys	Kulutuksenkestävyysluokka (by45)	Sementti CEM II/B-M, CEM I 42.5 R/2		
<input type="checkbox"/> XS 1 <input type="checkbox"/> XS 2 <input type="checkbox"/> XS 3	Seosaineet (by50:7)	Erikoisominaisuus			
<input type="checkbox"/> XD 1 <input type="checkbox"/> XD 2 <input type="checkbox"/> XD 3	Käyttöikäilmoitus tehty <input type="checkbox"/>		Betonin toimittaja Laukaan Betoni	Yhteys henkilö	Puhelinnumero
<input type="checkbox"/> XF 1 <input type="checkbox"/> XF 2 <input type="checkbox"/> XF 3 <input type="checkbox"/> XF 4					
<input type="checkbox"/> XA 1 <input type="checkbox"/> XA 2 <input type="checkbox"/> XA 3					
<b>BETONITYÖT</b>					
Betonoinnin alkaminen ja päätyminen	Alkoi pvm. klo 20.4.20 7.20	Päätyi pvm. klo 20.4.20 11.25	Suurin sallittu valutauko min	Valutaukokohta merkitty piirustukseen	
Betonointinopeus	m3/h	Nousunopeus m/h	Nousuetenemä m2/h	Huomautuksia	
Betonointikalusto	<input checked="" type="checkbox"/> Pumppu <input type="checkbox"/> Nostoastia <input type="checkbox"/> Dumpperi <input type="checkbox"/> Hihna <input type="checkbox"/> Kottikärryt Muu:				
Tiivistämiskalusto	<input checked="" type="checkbox"/> Sauva <input type="checkbox"/> Tärypalkki <input type="checkbox"/> Muottitäritys <input type="checkbox"/> Itsetiivistävä Muu:				
Jälkitäritys	Jälkitärityskohdat				<input type="checkbox"/> Merkitty piirustukseen
Lämpötilaseuranta Erillinen tarkka seuranta liitteenä <input type="checkbox"/>	Ilman lämpötila		Betonin lämpötila		
	Alussa °C +3,5	Lopussa °C +7,5	Betonin toimitettaessa		Peitettäessä
Sääolosuhteet	<input checked="" type="checkbox"/> Pilvistä <input type="checkbox"/> Tihkusadetta <input type="checkbox"/> Sadetta <input type="checkbox"/> Auringonpaiste <input type="checkbox"/> Tuulista Muu				
Valupaikka	<input checked="" type="checkbox"/> Suojattu tuulelta <input checked="" type="checkbox"/> Suojattu sateelta Muut havainnot				
Työmaakoekappaleet tunnukset, näyteenotto- paikat					
<b>JÄLKITYÖT</b>					
Pinnan hierto suoritetaan <input checked="" type="checkbox"/>	Hierron aloitus klo. 11.26		Hiertotyön kesto (h, min) 2h 24min		
Jälkihoito	<input type="checkbox"/> Kastelu	Kastelumenetelmä		Jälkihoitoaine/levitystapa Sumutettu	
	<input checked="" type="checkbox"/> Peittäminen	Jälkihoitoaika (by50:4.2.4.5)			
Muotien purku (lujuus, ikä)	Purkulujuus Mpa	Purkulujuus saavutettu pvm.		<input type="checkbox"/> Laskelma liitteenä	
Jäätymislujuus saavutettu	Pvm. <input type="checkbox"/> Eritysmenetelmät, lämpökäsittely jne. (tarvittaessa erillinen suunnitelmaliite)				
Muut tiedot kuten muotien jälkituenta yms. (ks myös erilliset liitteet <input checked="" type="checkbox"/> )	Lattiaraudoituksessa kulmissa erillaiset raudoitukset erillisen suunnitelman mukaisesti. Lattian jälkihoitossa osa peitelty muovilla erillisen suunnitelman mukaisesti				
Päiväys 20.4.2020	Betonityönjohtajan allekirjoitus				<input type="checkbox"/> Lisäselvityksiä ks liitteet
<input checked="" type="checkbox"/> Kuormakirja pöytäkirjan liitteenä	Mikael Malk			<input checked="" type="checkbox"/> Σ 364,8 bet-m <sup>3</sup>	

## Liite 5. Tapautunut käyristymä eri päivinä

ei merkintää - mittaussuoritettu 23.4.  
ympyrä - mittaussuoritettu 27.4.  
neliö - mittaussuoritettu 30.4.  
kolmio - mittaussuoritettu 4.5.

arvot ilmoittavat käyristymän arvon millimetreinä



- Asunnot verkko 6#150 + LL-putket + verkko 6#150. Nurkkiin taitettu T10 sivupituus 800mm
- Käytävä verkko 6#150. Ei lisäteräksiä.
- Irt.var verkko 6#150. Nurkkiin 2xT10 taitettuna / 1xT10 taitettuna kuvan mukaan. Sivupituus 800mm
- Irt.var verkko 6#150. Nurkkiin 2xT10 taitettuna / 1xT10 taitettuna kuvan mukaan. Sivupituus 800mm
- Tekn.tila verkko 6#150. Nurkkiin 3xT10 45° kulmassa nurkkaan nähden / 1xT10 taitettuna + 2xT10 45° kulmassa kohti nurkkaa
- UVV verkko 6#150. Nurkkiin 3xT10 45° kulmassa nurkkaan nähden / 1xT10 taitettuna + 2xT10 45° kulmassa kohti nurkkaa