

**SAVONIA**

ammattikorkeakoulu

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# BETONILAATAN LAATUONGELMIEN TARKASTELU

TEKIJÄ Jouni Ekström

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Ekström Jouni	
Työn nimi Betonilaatan laatuongelmien tarkastelu	
Päiväys 27.3.2024	Sivumäärä/Liitteet 39
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Hartela Etelä-Suomi Oy	
Tiivistelmä <p>Tässä opinnäytetyössä tarkasteltiin betonivalujen laadunvarmistusta rakennustyömailla keskittyen erityisesti betonilattioiden käyristymiseen ja halkeiluun liittyviin ongelmiin. Opinnäytetyössä tarkasteltiin betonivalujen suunnittelua, valmistusta ja toteutusta sekä näihin liittyviä tekijöitä, kuten betonin koostumusta, raudoitusta ja jälkihoitoa. Tutkimuksessa pyrittiin selvittämään, mitkä tekijät vaikuttavat betonilattioiden käyristymiseen ja halkeiluun, ja miten näitä ongelmia voidaan ennaltaehkäistä ja hallita tehokkaasti rakennustyömailla.</p> <p>Opinnäytetyön taustalla olivat Hartela Etelä-Suomi Oy:n, kohtaamat ongelmat, jotka liittyvät betonilattioiden käyristymiseen, halkeiluun ja muihin vaurioihin.</p> <p>Tutkimusmenetelminä käytettiin kirjallisuuskatsausta, haastatteluja ja käytännön havaintoja rakennustyömailla. Opinnäytetyössä pyrittiin tarjoamaan konkreettisia suosituksia ja ratkaisumalleja betonivalujen laadunvarmistukseen rakennustyömailla, jotta voitaisiin parantaa betonirakenteiden kestävyyttä ja toimivuutta.</p> <p>Opinnäytetyön tulokset hyödyttävät rakennusalan ammattilaisia, suunnittelijoita, urakoitsijoita ja tilaajia tarjoamalla tietoa ja käytännön ohjeita betonivalujen laadunvarmistukseen liittyvistä tekijöistä ja ratkaisuista. Lisäksi opinnäytetyö tarjoaa pohjan jatkotutkimukselle ja kehitystyölle betonirakenteiden laadunvarmistuksen alalla.</p>	
Avainsanat Betonilattia, betonin kuivuminen, rakennusalan laatuvaatimukset, rakennusalan ongelmat, rakennusprojektin hallinta, rakennusmateriaalien ominaisuudet	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Civil Engineering	
Author(s) Ekström Jouni	
Title of Thesis Examining the Quality Issues in Concrete Slabs	
Date 27 March 2024	Pages/Appendices 39
Client Organisation /Partners Hartela Etelä-Suomi Oy	
<p><b>Abstract</b></p> <p>This thesis examined the quality assurance of concrete pours on construction sites, focusing specifically on issues related to the warping and cracking of concrete floors. The thesis explored the design, production, and implementation of concrete pours, as well as related factors such as concrete composition, reinforcement, and curing. The study aimed to identify the factors influencing the warping and cracking of concrete floors and how these problems can be effectively prevented and managed on construction sites. The problems encountered by Hartela Etelä-Suomi Oy, related to the warping, cracking, and other damages of concrete floors, were the basis for the study.</p> <p>The research methods included a literature review, interviews, and practical observations on construction sites. The purpose was to provide concrete recommendations and solutions for ensuring the quality of concrete pours on construction sites, aiming to improve the durability and functionality of concrete structures.</p> <p>The findings of this thesis will benefit professionals in the construction industry, including designers, contractors, and clients, by offering information and practical guidance on factors and solutions related to quality assurance of concrete pours. Additionally, the thesis provides a foundation for further research and development in the field of concrete structure quality assurance.</p>	
<p><b>Keywords</b></p> <p>Concrete floor, concrete drying, construction industry quality standards, construction industry challenges, construction project management, properties of construction materials</p>	

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	6
2	BETONI .....	7
2.1	Kiviaines.....	7
2.2	Sementti .....	9
2.3	Vesi .....	9
2.4	Lisäaineet.....	10
3	BETONITYÖT .....	12
3.1	Valu .....	12
3.2	Jälkihoito.....	13
3.3	Kuivumisaika .....	14
4	NOPEASTA KUIVUMISESTA AIHEUTUVAT ONGELMAT .....	15
4.1	Käyristyminen.....	15
4.2	Halkeilu.....	16
5	TILAAJAN ONGELMANKUVAUS.....	17
5.1	Kohde 1 taloyhtiön pesutupa Helsingissä .....	17
5.2	Kohde 2 kerrostalon asunto Helsingissä .....	19
5.3	Kohde 3 kerrostalon asunto Helsingissä .....	23
5.4	Kohde 4 kerrostalon asunto Kirkkonummella.....	24
6	ONGELMIEN ESTÄMINEN .....	28
6.1	Epätasainen kuivuminen.....	28
6.2	Laatan rakenne.....	28
6.3	Betonimassan valinta .....	29
6.4	Betonityöt.....	30
6.5	Raudituksen vaikutus .....	30
7	VAIHTOEHTOISIA RATKAISUJA .....	31
7.1	Kohde Järvenpäässä.....	31
7.2	Kohde Helsingissä .....	33
7.3	Rakenteellisten muutosten huomioiminen suunnittelussa .....	34
7.4	Valetun betonilaatan korvaaminen .....	35
8	LOPPUTULOS .....	36
8.1	Suunnittelijan rooli .....	36

8.2	Betonimassan vaikutus .....	36
8.3	Betonitöiden suorittaminen .....	37
9	POHDINTA.....	38
	LÄHTEET .....	39

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia betonivalujen keskeisiä ongelmia ja löytää niihin ratkaisuja. Hartela Etelä-Suomi Oy on havainnut neljässä eri kohteessa lattioiden painumista, joka on ilmennyt muun muassa silikonisaumojen repeilynä, rakoina lattialistan ja parketin välillä sekä laattojen halkeilulla. Ongelmat ovat tulleet esiin eri tiloissa, kuten talopesuloissa, olohuoneissa ja pesuhuoneissa.

Betonivalut muodostavat olennaisen osan rakennusten rakenteita, ja niiden laadukas toteutus on keskeinen tekijä rakennusten kestävyyskannalta. Betonin valmistuksessa käytettävät raaka-aineet, kuten kiviaines, sementti ja vesi sekä lisäaineet, vaikuttavat merkittävästi betonin ominaisuuksiin. Näiden raaka-aineiden oikeanlainen valinta ja käyttö ovat keskeisiä betonin laadun varmistamisessa.

Betonin valaminen, jälkihoito ja kuivuminen ovat keskeisiä vaiheita rakennustyömaalla, jotka vaikuttavat suoraan betonirakenteiden laatuun ja kestävyyskannalta. Huolellinen suunnittelu, toteutus ja seuranta näissä vaiheissa ovat ratkaisevan tärkeitä ongelmien välttämiseksi ja betonirakenteiden laadun varmistamiseksi.

Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan betonin käyritystä ja halkeilua rakennustyömailla, niiden vaikutuksia ja hallintakeinoja. Lisäksi pyritään löytämään ratkaisuja Hartela Etelä-Suomi Oy:n kohteiden esiin nousseisiin ongelmiin. Menetelmänä käytetään sekä teoreettista että käytännöllistä lähestymistapaa, jossa hyödynnetään rakennusalan asiantuntijoita ja aiempaa tutkimusta.

Kokonaisuudessaan tämä opinnäytetyö pyrkii tarjoamaan kattavan ymmärryksen betonivalujen ongelmista, niiden hallintakeinoista ja soveltamisesta rakennustyömailla. Tavoitteena on löytää ratkaisuja, jotka parantavat betonirakenteiden laatua ja kestävyyttä sekä vastaavat tilaajan tarpeisiin ja odotuksiin.

## 2 BETONI

Betonin valmistuksessa keskeisiä raaka-aineita ovat kiviaines, sementti ja vesi sekä lisäaineet. Kiviaines muodostaa betonin rungon ja vaikuttaa merkittävästi betonin laatuun ja ominaisuuksiin. Luonnonkiviaineet, kuten sora ja hiekka, ovat yleisimmin käytettyjä kiviaineita, mutta myös keinotekoisesti valmistettuja materiaaleja, kuten kierrätettyjä betoni- tai tiilimurskeita, voidaan käyttää. Sementti toimii betonin sitovana liimana, kun se reagoi veden kanssa muodostaen sementtipastaa ja siten betonin tärkeimmän osan, sementtikiven. Veden laatu on tärkeä tekijä betonin valmistuksessa, ja sen tulee täyttää tietyt vaatimukset varmistaakseen betonin laadun. Lisäaineet ovat olennainen osa betonin valmistusprosessia, ja niitä käytetään säättämään ja parantamaan betonin ominaisuuksia, kuten juoksevuutta, kovettumista ja pakkasenkestävyyttä. Yhdistämällä nämä pääraaka-aineet betonimassaksi saadaan aikaan materiaali, joka on laajalti käytetty rakennusmateriaali monenlaisissa rakennusprojekteissa.

### 2.1 Kiviaines

Betonin runkoaineena voidaan käyttää luonnon kiviaineita, jotka voivat olla tavanomaisia raskaita malmipitoisia tai kevyitä vulkaanisia kiviaineita. Suomessa käytetään yleisimmin graniittipohjaista luonnonkiviainesta. Luonnonkiviainekset voivat olla kivennäismaalajeista lajittelemalla saatuja tai kalliosta tai kivennäismaalajeista murskattuja tuotteita. (Betonitieto, 2021c.)

Kiviaineksella tarkoitetaan ylipäättään rakennustuotannossa käytettäviä rakeisia materiaaleja, esimerkiksi soraa, hiekkaa ja murskettä. Koska betonissa kiviaineksen tilavuusosuus on suurin, jopa 65–80 %, on kiviainesten ominaisuuksilla todella merkittävä vaikutus betonin laatuun ja ominaisuuksiin. Betonin kiviaineksista kutsutaan myös betonin runkoaineeksi. Kiviaineksen tärkeimpiä ominaisuuksia ovat hyvä kestävyys ja säilyvyys sementin muodostamaan liimaan verrattaessa. (Betonitieto, 2021c.)

Koska luonnosta löytyvän murskaamattoman kiviaineksen saatavuus on koko ajan hankalampaa, on murskatun kiviaineksen käyttö betonin runkoaineena lisääntynyt. Kiviainesvarannot Suomessa ovat hyvälaatuiset ja runsaat, mutta lupia kiviaineksen ottamiseen on hyvin hankala saada, koska niitä halutaan säästellä. Betoniin parasta kiviainesta on hiekka- ja sora muodostumista ja näitä halutaan suojella, koska näillä alueilla laadukasta pohjavettä muodostuu tehokkaimmin määrällisesti eikä sitä haluta vaarantaa. Myös asutuksen lähetyville ei ottamislupia yleensä myönnetä asutuksen melu- ja pölyhaittojen vuoksi. (Betonitieto, 2021c.)

Betonin runkoaineena pystytään käyttämään myös keinotekoisesti valmistettuja materiaaleja, kuten:

- kevytsoraa

tai kierrätettyjä materiaaleja (ns. uusiokiviaineita) kuten,

- betoni- tai tiilimurskettä,
- ferrokromikuonaa,
- lentotuhkaa
- masuunikuonaa

Kevytsorabetonien valmistukseen käytetään nimensä mukaisesti kevytsoraa. Kevytsoraa valmistetaan savesta polttamalla, jolloin saadaan aikaiseksi huokoinen ja kevyt kiviaines. Kevytsorabetonissa aineiden käsittely ja suhteutus eroavat tavallisen betonin valmistuksesta, koska kevytsoraraket käyttäytyvät eri tavalla kuin muu kiviaines. Rakeet murskautuvat helposti esimerkiksi sekoituksessa, sekä imevät itseensä vettä koska ovat rakenteeltaan huokoista. (Betonitieto, 2021c.)

Lentotuhka on hyvin hienoksi jauhattua kivihiilen poltossa voimalaitoksissa syntyvää pozzolaania. Pozzolaanit ovat silikaattipitoisia aineita, jotka reagoidessaan veden ja kalsiumhydroksidin kanssa muodostavat sementtigeeliä. Lentotuhkaa käytetään betonin valmistuksessa niin sideaineena kuin fillerinä eli hyvin hienorakenteisena täytekiviaineksena lisäämään betonimassan hienoa-ineosuutta. (Betonitieto, 2021f.)

Masuunikuona saadaan raakaraudan valmistuksessa sivutuotteena ja se muodostuu, kun masuunissa syntynyttä silikaattisulatteetta jäähdytetään nopeasti. Kun granulointua masuunikuonaa jauheetaan hienoksi, saadaan masuunikuonajauhetta, jolla on niin sanotut piilevät hydrauliset ominaisuudet, jotka heräävät veden ja sementin reaktiossa syntyvän kalsiumhydroksidin vaikutuksesta ja tällöin masuunikuona kehittää betonimassan lujuutta. Silti masuunikuonajauheen tarve vedelle on vähäinen, joten se notkistaa betonimassaa. Masuunikuona myös huomattavasti vähentää betonin kuivessaan tuottamaa hydrataatiolämpöä ja sen vuoksi sitä useimmiten käytetään massiivisten rakenteiden valuissa. (Betonitieto, 2021f.)

Jotta betoni olisi tarpeeksi vesitiivistä ja valettu pinta olisi huokoseton ja tasainen, tarvitaan alle 0,25 mm hienoainesta. Yleisesti massan alle 0,25 mm raekokoisen aineksen osuus alle 16 mm runkoaineen määrästä on noin kymmenosa. Usein karkeamassa kiviaineksessa on hienoainesta liian vähän, joten sitä pitää lisätä massan rakeisuuskäyrän sopivan muodon saavuttamiseksi. (Betonitieto, 2021f.)

Fillerin, eli alle 0,125 mm aineksen pitoisuudella on merkitystä lähinnä tuoreen betonin ominaisuuksissa, kuten massan koossapysyvyyteen, vedenerottumiseen ja -tarpeeseen. Hienoaineksen laatu tulee olla varmistettu. Jos hienoaines sisältää runsaasti hienojakoista kiillettä ja savea, se on laadultaan huonoa. Huonolaatuinen hienoaines lisää massan vedentarvetta ja heikentää massan koossapysyvyyttä sekä työstettävyyttä. Mikäli hienoaines on hienojakoista ja kovaa kiviainesta se luokitellaan hyvä laatuiseksi. Hienoaineksen laatua pystytään testaamaan monilla standarttien SFS-EN- ja ISO-testeillä. Karkeammalla runkoaineen raekoolla ei vaikuteta samalla tavalla betonin ominaisuuksiin kuin hienoilla raekoilla. Yleisesti jonkun karkeamman raekoon puuttuminen ei ole betonimassan kannalta haitallista, vaan toisinaan siihen jopa pyritään, jos betonilta haetaan tiettyjä ominaisuuksia. (Betonitieto, 2021f.)

Vaikka rakeisuuskäyrä täyttäisi sille asetetut vaatimukset, voi betoni silti olla harvaa tai erottuvaa. Tämä yleensä johtuu kiviaineksen pinnan laadusta tai sen raemuodosta. Muodoltaan luonnolliset pyöreät ja sileäpintaisten rakeet tekevät massasta parhaiten muokattavaa sekä vaativat vähiten sementin ja veden muodostamaa sementtiliimaa. Murskattu kiviaines on raemuodoltaan lohkomaisista ja terävää. Taloudellisesti sekä ilmaston kannalta on edullisinta valmistaa betonia isommasta määrästä kiviainesta ja pienemmästä määrästä sementtiä. (Betonitieto, 2021c.)



## 2.2 Sementti

Betonimassan tärkein raaka-aine on sementti. Kun puhutaan sementistä, tarkoitetaan yleisesti Portland-sementtiä, jonka nimi tulee Portland-kivestä, joka muistuttaa kovettunutta betonia. Sementin aineet reagoivat veden kanssa kemiallisesti eli ne ovat hydraulisia. Näissä reaktioissa sementti ja vesi muodostavat hydraatteja eli kemiallisia sidoksia, mineraaleja. Toisin sanoen siis sementti ei kuivu reagoidessaan veden kanssa vaan hydrautuu. (Betonitieto, 2021e.)

Sementtiä valmistetaan louhitusta kalkkikivestä, jonka lisäksi tarvitaan kivilajeja, joissa on alumiinia, piidioksidia ja rautaa. Sementin valmistukseen olennaista alumiini- ja rautayhdisteitä tulee normaalisti riittävä määrä kalkkikiven louhinnan yhteydessä tulevasta sivukivistä. Louhinnan jälkeen nämä kivilaadut erotellaan ja lajitellaan, jonka jälkeen kivilaadut murskataan ja välivarastoidaan. Sementin valmistus prosessin alussa nämä kiviainekset lisätään halutussa syöttösuhteessa raakamylllyyn, jossa kiviainesseos jauhatetaan. Syöttösuhteet kiviaineksille määritetään niiden kemiallisen koostumuksen ja pitoisuuksien perusteella. Tarkalla mitoituksella ja seostuksella taataan sementtiklinkkerille oikea koostumus. Jauhe homogenoidaan, jolla sen tasalaatuisuus varmistetaan. (Betonitieto, 2021e.)

Homogenoinnin jälkeen sementin raakajauhe syötetään siloista uuniin esilämmitykseen. Uunin rakenteen takia raakajauhe sekoittuu poltossa muodostuviin savukaasuihin ja kuumenee hyvin nopeasti, tätä kutsutaan esikalsinoinniksi. Reaktiossa kalkkikiven kalsiumkarbonaatti hajoaa kalsiumoksidiksi ja hiilidioksidiksi. Raakajauheen poltto sementtiklinkkeriksi tapahtuu kiertoilmauunissa, jossa lämpötila nousee hitaasti 1 450 °C:seen ja jauhe osittain sulaa. Poltossa raakajauheen osa-ainekset: alumiini, kalkki, pii, ja rautayhdisteet ovat reagoineet kalsiumyhdisteiksi, jotka taasen sintrautuvat edelleen sementtiklinkkeriksi. Kiertoilmauunin loppuosassa klinkkeri jäädytetään nopeasti 275 °C:en tuntumaan, jolloin sen koostumus muistuttaa karkeata soraa ja se varastoidaan kuljettimella odottamaan sen jatkokäyttöä. (Betonitieto, 2021e.)

Kuulamylllyssä sementti jauhetaan haluttuun hienouteen. Jauhatuksen aikana sementtiin lisätään kipsiä. Kipsiä lisätään sementtiin, jotta hidastetaan reaktiota, jossa sementtiin lisätty vesi reagoi ensiksi sementin sisältämiin aluminaattiyhdisteisiin. Hidastamalla reaktiota, saadaan betonimassalle sopivampi työstöaika. Jauhatusvaiheessa tai sen jälkeen sementtiin pystytään lisäämään erilaisia seosaineita kuten lentotuhkaa, kalkkikiveä tai masuunikuonaa jotta saadaan muodostettua seosmenttejä. Sementin laatua ja koostumusta sekä vaatimuksienmukaisuuksia ohjaa sementtistandardi *SFS-EN 197-1*. Sementin valmistusta tarkkaillaan useilla laboratoriotesteillä, laitteilla, näytteenotoilla sekä menetelmillä. Sementtiä testataan ja tarkkaillaan koko valmistusprosessin ajan mutta myös pistokokeilla. (Betonitieto, 2021e.)

## 2.3 Vesi

Kun sementtiin lisätään vettä, muodostuu sementtipastaa, joka kovettuessaan muodostaa betonin tärkeimmän osan, eli sementtikiven. Sementti on hydraulinen sideaine, eli reagoidessaan veden kanssa se kovettu. (Betonitieto, 2021e.)

Betonin valmistukseen käytettävän veden laatu on tärkeää tutkia ennen sen käyttöä. Alustavassa arvioinnissa vesi tutkitaan aistiensavaraaisesti värin, lietteen, tuoksun, happamuuden, humuksen, öljyjen ja vaahdon osalta. Veden tulee täyttää alustavalle arvioinnille asetettujen vaatimusten lisäksi kloridi-, sulfaatti sekä alkalipitoisuudelle asetettu vaatimukset. Näiden lisäksi vesi myös testataan haitallisten epäpuhtauksien kuten fosfaateille, nitriiteille ja sokereille määrättyt raja-arvot tai puristuslujuus- ja sitoutumisaikakokein todistettava, että vesi on betonimassan valmistukseen sopivaa. Mikäli vesi näyttää kirkkaalta, siinä ei ole epäpuhtauksia tai öljyä ja mahdollinen vaahto katoaa alle kahdessa minuutissa, eikä vesi haise tai maistu pahalle, täyttyvät tässä tapauksessa vedelle asetetut laadulliset kriteerit betonin valmistusprosessissa. Juomakelpoinen vesijohtovesi tai luonnon vesi soveltuu lähes poikkeuksetta betonin valmistamiseen. Betonin valmistukseen voidaan myös hyväksikäyttää betoniteollisuuden prosesseista talteen otettua kierrätysvettä, mutta tämän soveltuvuus on aina ensin varmistettava. (Betonitieto, 2021g.)

## 2.4 Lisäaineet

Osa-aineiden valinnan ja seossuhteiden määrittämisen lisäksi voidaan betonimassan kuin myös kovettuneen betonin ominaisuuksia säädellä ja parannella erilaisilla lisäaineilla, kuten betonin taloudellista kilpailukykyä tai teknisiä ominaisuuksia. Vaikkapa pakkasenkestävän tai korkealujuusbetonin valmistaminen ilman lisäaineita on hyvin haastavaa.

Betonimassaa *notkistavat lisäaineet* ovat pinta-aktiivisia aineita, jotka erottavat sementtipartikkeleita toisistaan ja näin parantavat betonimassan juoksevyyttä, koossapysyvyyttä, pumpattavuutta ja työstettävyyttä ilman että vettä tarvitsee lisätä. Notkistavien lisäaineiden käyttö betonimassassa mahdollistaa pienemmän sementti- ja vesimäärien käytön, joka mahdollistaa lujempien betoneiden valmistamisen. Notkistavat lisäaineet jaetaan notkistimiin joiden vedenvähennyskyky tulee olla vähintään 5 % ja tehonotkistimiin joiden vedenvähennyskykyyn tulee olla 12 %. Tehonotkistimen käyttö betonimassassa vähentää vedenmäärää mutta tekee massasta helpommin valettavaa ja työstettävää. (Betonitieto, 2021d.)

Betonin pakkasenkestävyyden parantamiseksi käytetään *huokostimia*, jotka nostavat ilmapitoisuutta betonissa. Normaalisti betonissa on 1-2 % ilmaa, mutta tiiviimmissä tai korkealujuuksisissa betoneissa ilmaa voi olla alle prosentin. Pakkaskestävyyden lisäämiseksi ilmapitoisuus nostetaan 4-7 %:iin huokostavan lisäaineen avulla. Näiden suojahuokosten tehtävänä on vastaanottaa betonissa olevan veden jäätyessään aiheuttama paine, mikä estää betonin rikkoutumisen. Suojahuokosten tulisi olla sopivan kokoisia ja riittävän lähellä toisiaan, jotta ne toimisivat tehokkaasti ja betoni kestäisi pakkasrasitusta. Huokostimet ovat pinta-aktiivisia aineita, jotka stabiloivat ilmakuplat tasaisesti betoniin sekoituksen aikana. Ne eivät itsessään tuota betoniin ilmaa, vaan auttavat vangitsemaan ilman pieniksi, kestäviksi ilmahuokosiksi. Huokostinannostus riippuu monista tekijöistä, kuten vesimäärästä, sementistä, hienoaineiden määrästä ja laadusta sekä käytetyistä seosaineista. Tyypilliset huokostinannostukset ovat hyvin pieniä, vain 0,01-0,03 % sideaineen kokonaismäärästä. Huokostuksen onnistumista voidaan tutkia eri menetelmin, kuten mikroskooppisesti tai huokosjakoa mittaavalla laitteistolla. Hyvin jakautunut ilma ja sopivan kokoinen huokosten ominaispinta-ala ovat tärkeitä betonin pakkasenkestävyyden kannalta. (Betonitieto, 2021d.)

*Hidastimia* käytetään betonin sitoutumisen siirtämiseksi myöhemmäksi erilaisissa olosuhteissa ja tilanteissa. Ne ovat hyödyllisiä erityisesti pitkillä kuljetusmatkoilla, lämpimissä ympäristöissä ja koh-teissa, joissa työsaumojen välttäminen on tärkeää. Lisäksi niitä käytetään betonipintojen viimeistely-käsittelyissä, kuten pesubetonipinnoissa, levittämällä niitä erillisinä pintahidastimina muotin pintaan ennen betonointia. Hidastin ei vähennä betonin maksimihydrataatiolämpötilaa, vaan siirtää sen ajan-kohtaa. Tämä tarkoittaa, että betonin kovettuminen ei normaalisti hidastu merkittävästi, mutta suu-rilla annosmäärillä kovettuminen voi hidastua ensimmäisten vuorokausien aikana. Yleensä betonin loppulujuus kuitenkin kasvaa. Hidastimia käytetään yleensä annostuksella 0,2-2 % sideaineen koko-naismäärästä, ja niiden annosteluun vaikuttavat muun muassa ympäristön lämpötila, käytetty se-mentti, seosaineet ja haluttu hidastusaika. Ennakkokokeet ovat aina tarpeen, ja kylminä vuoden-aikoina hidastinta ei yleensä tarvita, sillä alhainen lämpötila hidastaa betonin sitoutumista merkittä-västi. Sitoutumista voidaan hidastaa myös hidastavilla notkistimilla. Hidastimilla on kolme yleistä toi-mintatapaa: ne voivat adsorboitua sementtirakeen pintaan ja muodostaa kalvon sen ympärille, ad-sorboitua sementistä veteen liukenevan kalsiumhydroksidin pinnoille estäen kalsiumhydroksikiteiden synnyn ja hydrataation etenemisen, tai hidastaa hydrataatiota estämällä tiettyjen ionien reagoimista. (Betonitieto, 2021d.)

*Kiihdyttimiksi* kutsutaan betonin lisäaineita, joita käytetään betonin sitoutumisen ja kovettumisen nopeuttamiseen. Niitä käytetään erityisesti tilanteissa, joissa tarvitaan nopeaa muotinpurkulujuuden saavuttamista, betonin jäätymislujuuden parantamista tai ruiskubetonoinnissa sitoutumisen ja kovet-tumisen nopeuttamista. Aikaisemmin kalsiumkloridia käytettiin laajalti kiihdyttimenä, mutta nykyisin sen käyttö on kielletty terästen korroosioriskin vuoksi. Myös muiden kiihdyttimien käyttö teräsbetoni-rakenteissa on vähentynyt, ja niitä korvataan helpommin hallittavilla menetelmillä, kuten nopealla sementillä, kuumalla betonilla ja alhaisella vesi-sementtisuhteella. Ruiskubetonoinnissa kiihdyttimien käyttö on yhä yleistä. Työturvallisuussyistä ruiskutuksen yhteydessä käytettävät kiihdyttimet ovat alkalivapaita ja kosketuksiin joutuvien metalliosien tulee olla syöpymätöntä terästä. Silikaattipohjai-sia kiihdyttimiä ei suositella käytettäväksi, sillä ne voivat lisätä betonin kuivumiskutistumaa ja vähen-tää loppulujuutta merkittävästi. Ruiskutusvaiheessa käytettävien kiihdyttimien tulee täyttää standar-din SFS-EN 934-5 vaatimukset. On myös huomioitava, että kiihdyttimet voivat alentaa hieman beto-nin loppulujuutta, mikä tulee ottaa huomioon betonin suhteutuksessa. (Betonitieto, 2021d.)

Markkinoilla on paljon myös muita lisäaineita betonin ominaisuuksien parantamiseksi, joista yleisim-min käytettyjä ovat betonin jäätyminenkestoa lisäävät lisäaineet. Näillä ns. *pakkaslisäaineilla* pystytään vaikuttamaan betonissa olevan veden jäätympisteeseen sekä estämään betonin jäätyminen pakkaslämpötiloissa rajoituksineen, eikä näitä tulisi käyttää ollenkaan vaativimpien rasitusluokkien betoneissa. (Betonitieto, 2021d.)

### 3 BETONITYÖT

Betonin valaminen, jälkihoito ja kuivuminen ovat keskeisiä vaiheita rakennustyömaalla, jotka vaikuttavat suoraan betonirakenteiden laatuun ja kestävyYTEEN. Rakennushankkeen työmaa-aikaisella kosteudenhallinnalla pyritään varmistamaan, että betonirakenteet kuivuvat suunnitellussa aikataulussa tavoitekosteustilaan ilman lisäkustannuksia. Tämä saavutetaan huolellisella suunnittelulla, toteutuksella ja jälkihoitotoimenpiteillä.

Ennen betonin valamista työmaalla laaditaan kosteudenhallintasuunnitelma, jossa arvioidaan betonirakenteiden vaatimat kuivumisajat ja määritellään tarvittavat toimenpiteet kuivumistavoitteen saavuttamiseksi. Betonin tavoitekosteus määritellään sen pintaan asennettavan materiaalin kosteuden-sietokyvyn perusteella, ja sen saavuttamiseen vaikuttavat betonin ominaisuudet ja kuivumisolosuhteet.

Kuivumisaika-arviot auttavat suunnittelemaan betonirakenteiden toteutusta ja jälkihoitotoimenpiteitä. Betonin kuivumisajan arvioinnissa huomioidaan betonin ominaisuudet ja kuivumisolosuhteet, ja niiden avulla varmistetaan betonin laadukas kuivuminen suunnitellussa aikataulussa.

Kuivumisaika-arvioiden tarkastelu rakennuksen toteutusaikataulun kanssa varmistaa, että betonin kuivuminen on suunniteltuun aikatauluun nähden riittävää. Kuivumisaika-arvioita käytetään suuntaa antavina työkaluina betonin laadun valinnassa ja kuivumisen suunnittelussa, mutta niitä ei voida pitää täysin tarkkoina. Mikäli arvioitu kuivumisaika ylittää suunnitellun aikataulun, tarvitaan toimenpiteitä, kuten kuivumisolosuhteiden parantamista, nopeammin kuivuvan betonin käyttöä tai työjärjestyksen muuttamista, jotta toteutusaikataulussa pysytään.

Kokonaisuudessaan betonin valaminen, jälkihoito ja kuivuminen ovat olennainen osa rakennustyömaan prosesseja, jotka vaikuttavat betonirakenteiden laatuun, kestävyYTEEN ja lopputulokseen. Huolellinen suunnittelu, toteutus ja seuranta varmistavat, että betonirakenteet saavuttavat halutun kosteustilan ja täyttävät asetetut laatuvaatimukset.

#### 3.1 Valu

Ennen itse betonivalutyön aloittamista, pidetään aloituspalaveri, jossa käydään läpi työn toteutukseen liittyvät asiat ja menetelmät. Palaverissa tulee olla mukana kaikki betonointitöihin liittyvät asiakirjat, kuten betonointisuunnitelma, betonityöohje sekä urakkaohjelma ja rakennepiirustukset. Aloituspalaverissa käsiteltäviä aiheita ovat: työturvallisuus, työkohteen valmius ja mahdollisesti korjattavat asiat, viimeisimmät suunnitelma-asiakirjat, aikataulu, valmisbetonin vastaanoton aikataulujen paikkansapitävyys, betonityön liittyminen muihin töihin ajallisesti sekä välitavoitteet, työmenetelmien ja suunnitelmien oikeellisuus, mahdollisesta mallityökäytännöstä sopiminen, työssä käytettävä kalusto ja materiaalit, laadunvarmistustoimet sekä laatuvaatimukset, olosuhdevaatimukset ja kohteen suojaus sekä valun jälkeinen työkohteen rauhoitus. (Ratu 0403 Betonointi. Työmenetelmä 2012, 6.)

Betonityöntekijät tulee perehdyttää ennen työhön ryhtymistä. Jokaisen työntekijän henkilökohtaisten suojarusteiden saatavuus, eheys, toimivuus ja käyttö varmistetaan työnjohtajan toimesta. Tuore betonimassa on erittäin emäksistä ja voi aiheuttaa ihovaurioita ja ihon ärsytystä, tästä syystä iho tulee suojata betonointitöissä hyvin ja ihokosketusta betonin kanssa tulee välttää koko työn ajan.

Betonitoissa tulee käyttää suojalaseja betoniroiskeita vastaan sekä kypärää. Kumisaappaat ja vedentäviä työkaluneita tulee käyttää emäksiseltä betonilta suojautumiseen. Käytettävän kaluston ja työvälineiden turvallisuus, kunto ja sopivuus työhön tulee tarkastaa ja siirtää työkohteen läheisyyteen. Työkohtetta otettaessa vastaan tulee varmistaa, että muottityöt ja raudoitus sekä mahdolliset muut edeltävät työvaiheet ovat betonointitöitä edellyttävässä valmiudessa ja ovat suunnitelmien mukaiset. Työkohteen siisteys varmistetaan. Kaikkien peittyvien rakenteiden tulee olla valmiita, tarkastettuja, hyväksytyjä sekä dokumentoituja. Vastaanottotarkastuksesta tehdään muistio, johon kirjataan kaikki havaitut puutteet ja virheet, jotka korjataan sekä tarkastetaan ennen työn aloitusta. Olosuhteet työkohteella on järjestettävä niin että työssä saavutetaan vaaditut laatuvaatimukset. Ulkoisten olosuhteiden vaikutus työhön tulee minimoida, kuten sään ja ulkopuolisten liikkuminen alueella. Työkohteella varmistetaan sähkön saatavuus sekä riittävä valaistus. (Ratu 0403 Betonointi. Työmenetelmä 2012, 6.)

Useimmiten betonointi suoritetaan pumppubetoniautolla, joka pumppaa valmiin betonin kohteelle pumppulinjaa pitkin. Betonin pumppaus aloitetaan kauimmaisesta kohdasta pumppubetoniautosta katsottuna. Ohjauspaikan ja työskentelypaikan välillä on oltava näkö- tai radiopuhelinyhteys. Laattoja valaessa työ etenee kaista kerrallaan suoraviivaisesti muotin laidasta laitaan. Betonimassaa otetaan edellisen kaistan rinnalle, josta se levitetään ja tasoitetaan lapiolla. Betonimassa tiivistetään sauvatäryttimellä, jotta siitä saadaan rakennetta heikentävä ilmakuplat pois. Tiivistyksen jälkeen laatan paksuus tarkastetaan ja tarvittaessa betonimassaa lisätään ja tiivistetään uudelleen. Betonimassan pinta hierretään tasaiseksi joko oikolaudalla tai pitkällä hiertimellä, kun veden erottuminen betonipintaan on lakannut ja sen pinta on muuttunut himmeäksi. Tarvittavien tartuntojen sijainti ja suuruus tarkastetaan. Valutyön jälkeen käytetyt koneet ja kalusto pestään ja puhdistetaan huolellisesti ja kuivauksen jälkeen siirretään varastoon. Työstä syntynyt jäte siivotaan, lajitellaan ja kuljetetaan pois. (Ratu 0403 Betonointi. Työmenetelmä 2012, 6.)

### 3.2 Jälkihoito

Jälkihoidolla tarkoitetaan valun jälkeisiä työvaiheita betonin hoidossa, joilla varmistetaan oikeat kosteus- ja lämpötilaolosuhteet kovettumisen aikana, sekä betonin suojaamista ulkoista rasitusta vastaan. Jälkihoidolla on ratkaiseva merkitys betonin kovettumisen kannalta. Onnistuneessa jälkihoidossa betonille luodaan kovettumisolosuhteet, joissa rakenne kovettuu asianmukaisesti saavuttaen sille asetetut vaatimukset, kuten lujuuden. Jälkihoito on erityisen tärkeää betonivaluissa, joissa pinta-alaa on paljon, jolloin jälkihoidolla minimoidaan laatan halkeilu sekä valuissa, joissa laatan paksuus on ohut, jolloin onnistunut jälkihoito minimoi riskin laatan käyritykselle. (Betonitieto, 2021b.)

Eri jälkihoito menetelmiä on useita ja niiden valinnassa tulee ottaa huomioon betonille määritetyt ominaisuudet kuten pinnoitettavuus ja pinnan laatuvaatimukset, käytettävissä olevat menetelmät, sekä betonointiolosuhteet. Riittävän kosteuden varmistaminen jälkihoidossa voidaan toteuttaa kastelemalla betonia, suojaamalla se muovilla, jolloin estetään veden liian nopea haihtuminen, käyttämällä märkiä peitteitä tai ruiskuttamalla betonin pinnalle jälkihoitoaine. Sopivaksi jälkihoitoajaksi on olosuhteista ja rakenteista riippuen yleensä 3–14 vuorokautta, mutta peitettävyyden vaatii pidemmän ajan. (Betonitieto, 2021b.)

### 3.3 Kuivumisaika

Rakennushankkeen työmaa-aikaisella kosteudenhallinnalla on tavoitteena muun muassa se, että betonirakenteet kuivuisivat suunnitellussa aikataulussa tavoitekosteustilaan ilman lisäkustannuksia. Työmaan kosteudenhallintasuunnitelmassa tulee olla yhtenä osa-alueena rakenteiden vaatimien kuivumisaikojen arviointi sekä vaadittavat toimenpiteet kuivumistavoitteen saavuttamiseksi. (Betonitieto, 2021h.)

Kun rakenneratkaisu ja tavoitekosteus ovat tiedossa, betonirakenteelle voidaan laatia kuivumisaika-arvioita käyttäen muuttujina erilaisia betonin ominaisuuksia sekä kuivumisolosuhteita. Betonin tavoitekosteuden määrittää sen pintaan asennettavan materiaalin kosteudensietokyky, eli mihin betonin tulee kuivua esimerkiksi ennen pinnoitteen tai päällysteen asentamista. Betonirakenteen lopulliseen kuivumiseen vaikuttaa moni tekijä ja kuivumisjakson aikaiset olosuhteet voivat muuttua paljonkin, jolloin betonin kuivumisaika-arviota pystytään pitämään vain ohjeellisena ja toimivat lähinnä työkaluina betonilaatua valittaessa sekä jälkihoito ja kuivatus toimenpiteitä suunnitellessa. Mikäli arvioitu kuivumisaika on pidempi kuin suunniteltu aikataulu, tarvitaan erilaisia toimenpiteitä aikataulussa pysymiseksi. Näitä voivat olla esimerkiksi kuivumisolosuhteiden parantaminen, nopeammin kuivuvan betonin käyttäminen, kosteutta kestävämmän päällystemateriaalin valitseminen tai työjärjestyksen muuttaminen. (Betonitieto, 2021h.)

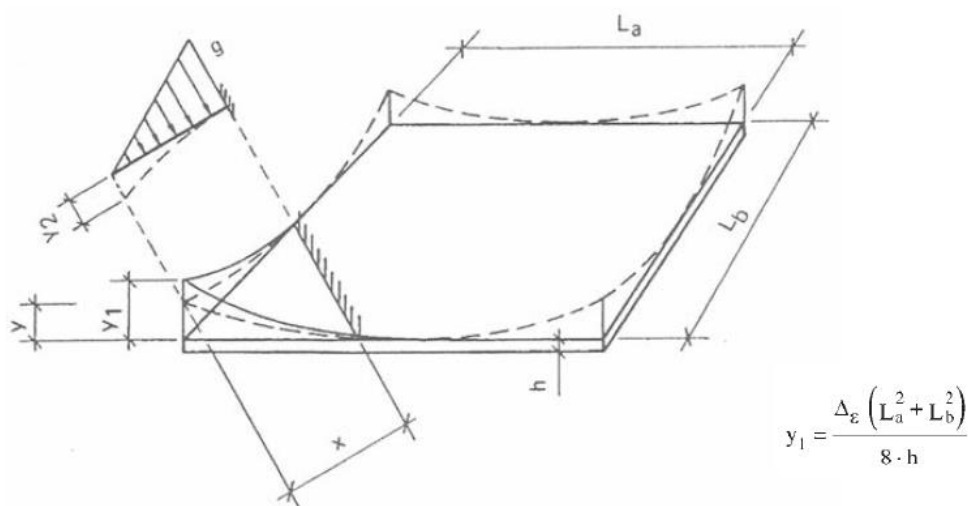
## 4 NOPEASTA KUIVUMISESTA AIHEUTUVAT ONGELMAT

Betonin käyristyminen ja halkeilu ovat huomiotavia ilmiöitä rakennustyömailla, jotka voivat vaikuttaa merkittävästi betonirakenteiden kestävyys- ja ulkonäköön. Käyristyminen viittaa betonilaatan ominaisuuteen, jossa laatan reunat ja nurkat nousevat ylemmäs suhteessa muuhun laattaan. Tämä johtuu epätasaisesta kuivumisesta laatan ylä- ja alapinnan välillä, mikä aiheuttaa laatan taipumisen. Käyristyminen on suhteessa laatan paksuuteen, ja ohuemmat laatat ovat alttiimpia tälle ilmiölle. Vaikka käyristyminen ei ole pysyvä muodonmuutos, se voi aiheuttaa vaurioita rakenteille laatan suoristuessa.

Hallitsematon kutistuminen betonissa voi johtaa halkeiluun. Halkeamien muodostuminen tapahtuu betonin kuivuessa, kun sementtikiven tilavuus pienenee veden haihtuessa huokosista. Halkeamia voidaan kuitenkin hallita asianmukaisella suunnittelulla, betonimassan koostumuksen valinnalla, huolellisella betonointityöllä ja jälkihoidon toteuttamisella. Haitalliset halkeamat lisäävät betonin läpäisevyyttä ja voivat heikentää sen kestävyyttä ja ulkonäköä. Erityisen haitallisia ovat ne halkeamat, jotka ulottuvat betoniraidoitteen tasolle.

### 4.1 Käyristyminen

Betonin käyristyminen tai kaareutuminen tarkoittaa kelluvan betonilaatan ominaisuutta, jossa laatan reunat ja nurkat nousevat ylemmäksi suhteessa muuhun laattaan. Käyristyminen johtuu betonilaatan epätasaisesta kuivumisesta laatan ylä- ja alapinnan kesken. Yläpinta pääsee kuivumaan nopeammin veden haihtuessa siitä, jolloin se kutistuu ja samalla "vetää itsensä käyräksi". Suhteellisen kosteuspitoisuuden erot laatan ala- ja yläpinnan kesken voivat olla jopa 15–20 %. (Betonilattiat kor- tisto 2012, 34)



KUVA 1. Kuva käyristymisen suuruuden arvioinnista.  $\Delta_{\epsilon}$  on betonin kutistuman tai lämpötilaeron aiheuttama ylä- ja alapinnan välinen muodonmuutosero. (Pitkänen 2008.)

Käyristyminen on suhteessa laatan paksuuden kanssa, mitä ohuempi laatta, sitä enemmän se pääsee käyristymään, koska vastustavaa omapainoa on vähemmän. Yleensä reunan nousua on 6-7 mm, mutta jopa 20 mm nousemista on mitattu. Eniten käyristymistä on havaittu betonilaatoissa, joiden paksuus on alle 100 mm. (BLY 9 2000, 21.)

Käyristyminen ei kuitenkaan ole pysyvä muodonmuutos, vaan betonilaatta suoristuu, kunhan sen kuivuminen tasoittuu. Betonilaatta ei tosin aina suoristu täysin alkuperäiseen muotoonsa. Kuivumisen tasoittuminen on hidasta, ja Betoniyhdistyksen suunnitteluohjeiden mukaan alkaa yleensä 1–3 kuukautta valun jälkeen. Nykyisillä työmaa-aikatauluilla kuukausien kuivumisen odottaminen on kohtuutonta ja käyristymisen seuraamista ei osata huomioida, ja tästä syystä käyristynyt betonilaatta peitetään ennen sen suoristumista. Suoristuessaan laatta tekee vaurioita reunoilla oleville rakenteille, jotka tulevat pahimmassa tapauksessa näkyviksi. (BLY 9 2000, 21.)

#### 4.2 Halkeilu

Kuivuuksaan betoni kutistuu. Hallitsemattoman kutistumisen takia, betoniin voi muodostua halkeamia. Kuivumiskutistumisessa halkeamia muodostuu, kun sementtikiven tilavuus pienenee veden haihtuessa sen huokosista. Kutistumista voidaan hillitä kiviaineksen määrään lisäämisellä, tai betonimassan vesimäärän vähentämisellä. Halkeilua voidaan hallita ja halkeamien leveydet voidaan pitää mahdollisimman pieninä, jotta rakenteen toiminta, säilyvyys ja ulkonäkö pystytään pitää haluttuna. Halkeamien hallinnassa oleellista on rakenteen oikea suunnittelu, mutta myös betonin koostumuksen valinta, betonointityön suoritus sekä jälkihoidon onnistuminen ovat isossa osassa onnistuneessa lopputuloksessa. (Betonitieto, 2021a.)

Haitalliset halkeamat lisäävät betonin läpäisevyyttä merkittävästi heikentäen sen ominaisuuksia. Halkeamista pääsee rakenteeseen haitallisia aineita, sekä betoniraudoitteen kemiallinen ja fysikaalinen suojaus heikkenee, joka lisää korroosion tuomia ongelmia rakenteen kokonaisvaltaisessa kestävydessä. Halkeama voi muodostua myös kaareutuneen betonilaatan reunalle, mikäli siihen asetetaan kuormia kuivumisajaksi. Muita halkeamisen syntymismekanismeja kuivuneessa betonirakenteessa on mm. rakenteeseen päässeeseen kosteuden jäätyminen-sulamissyklit, lämpötilojen vaihtelut, tulipalo sekä raudoituksen korroosio vauriot. Rakenteen säilyvyyden kannalta haitallisimpia halkeamia ovat yli 0,4 mm:n halkeamat, jotka ulottuvat betoniraudoitteeseen asti. (Betonitieto, 2021a.)



## 5 TILAAJAN ONGELMANKUVAUS

Opinnäytetyön tilaaja, Hartela Etelä-Suomi Oy, on saanut reklamaatioita neljästä eri kohteesta, joissa on havaittu muun muassa silikonisaumojen repeilyä, lattioiden painumista, laattojen halkeilua sekä parketin ja listan välisiä rakoja. Ongelmat on reklamoitu rakennusliikkeelle eri aikoina, joissakin tapauksissa vasta useita vuosia kohteen valmistumisen jälkeen. Ongelmia on havaittu eri tiloissa, kuten talopesuloissa, olohuoneissa ja kylpyhuoneissa.

### 5.1 Kohde 1 taloyhtiön pesutupa Helsingissä

Kohteen vastaavamestari oli huomannut n. 3 kk taloyhtiön hallinnonluovutuksen jälkeen käytyään kohteella, että talopesulan lattian ja seinän välisen laatoituksen silikonisauma on paikoin repeillyt. Vastaavamestari ilmoitti asiasta takuukorjausyksikölle havainnon tehtyään. Repeily oli saumassa paikoin 5–12 mm.



KUVA 2. Irronnut silikoni pesulan lattian ja seinän liitoksessa (Hartelan raportti 2023)

Takuuyksikössä ilmiötä on tullut vastaan eri kohteissa aikaisemminkin. Ongelmaa esiintyy usein tiloissa, joissa välipohjarakenteena on käytetty paikallavalettua teräsbetonilaattaa, jonka alla kevytsora. Mahdollista juurisyytä lähdettiin selvittämään ensimmäisenä tarkastamalla talopesulan lattian rakenne rakennesuunnitelmista. Epäily juurisyyille vahvistui, kun rakennepiirustuksia tarkastelemalla huomattiin, että kyseinen talopesula sijaitsee väestönsuojan päällä, ja välipohjarakenteena on edellä kuvatun mukaisesti paikallavalettu teräsbetonilaatta kevytsoran päällä.

VERSIO / PVM	REV.	SISÄLTÖ		
		VÄESTÖNSUOJAN KATTO		
	MITTAK.	PESULAN JA PESULAN VIEREISEN KUIVAUSHUONEEN KOHDALLA		
[mm]	Nro	Tuote/Kerros	Standardi/Ominaisuus	Ominaisuuden vaatimustaso
	1	Keraaminenlaatoitus, CE-merkitty.	EN 14411	Huoneselostuksen mukaan. Märkätilaan soveltuva.
	2	Kiinnityslaasti, CE-merkitty	EN 12004	Oltava yhteensopiva vedeneristysjärjestelmän kanssa
	3	Siveltävä vedeneristysjärjestelmä, CE-merkitty	ETA CE-merkintä tai vapaaehtoinen sertifikaatti (esim. VTT-märkätilasertifikaatti)	
120...80	4	Paikallavalettu teräsbetoni-laatta. Yläpinta kallistettu kaivoihin. T8#150 keskeisesti.	Betoniteräksillä tyypihyväksyntä. Valmisbet. varmennustodistus. (BY 45) laatuluokka:	A-4-II
	5	Suodatinkangas, CE-merkitty	EN 13251	Käyttöluokka N1 tai N2. Katso taulukko 1.
800	6	Kevytsora, CE-merkitty. Yläpinta kallistettu lattiaan mukaan. Salaojaputket RAK-suunnitelmien mukaan.	EN 14063-1 Palokäyttäytyminen: Puristuslujuus: Raekoko	A1 CR ≥ 0,6 MPa 8...20mm
350	7	Paikallavalettu kantava teräsbetoni-laatta.	Betoniteräksillä tyypihyväksyntä. Valmisbet. varmennustodistus. (BY 45) laatuluokka:	Rakennesuunnitelmien mukaan. A-3-III
	8	Alapinnan raudoitukseen sidotaan teräsverkko, jonka lankapaksuus 2-3 mm ja silmäväli 35-50 mm.		
	9	Pintakäsittely huoneselostuksen mukaan.		

KUVA 3. Rakennekuva väestönsuojan päällisestä rakenteesta taloyhtiön pesulan kohdalla (Hartelan raportti 2023)

Takuuyksikössä otettiin omalta märkätalvalvojalta konsultaatio apua, ja kohteen takuukorjaustyön-johtaja meni märkätalvalvojan kanssa yhteisesti tarkastamaan mahdollisten vaurioiden laajuuden vedeneristeiden osalta.

Ensimmäisenä tutkittiin mahdollisia kosteuseroja lattiassa pintakosteusmittarilla. Mittauksen perusteella ei havaittu tavanomaisesta poikkeavia kosteuskokemia talopesulan lattiassa.

Lattian "vaurioaluetta" kartoitettiin tarkastelemalla silmämääräisesti miltä kohdin silikonisaumoja on revennyt, sekä koputtelemalla lattialaattoja, usein lattialaatat ovat kopoja alueilta, joissa elämistä on tapahtunut.

Vaurioalueen selvittyä tarkastettiin vedeneristyksen eheys reuna/nurkka-alueilla purkamatta laatoituksia. Tarkastusta varten lattia- ja seinälaatoituksen välinen silikonisauma on poistettava varovasti katkoteräveistä käyttäen. Eheyttä pystyttiin arvioimaan aistinvaraisesti. Aistinvaraisen tarkastelun perusteella ei ollut havaittavissa vedeneristeen repeämistä. Nurkkaa lastalla kevyesti painelemalla kokeillen pystyi todeta, että vedeneristyksen nurkkanauha on irronnut pohjastaan.



KUVA 4. Avattu silikonisauma pesulassa (Hartela raportti 2023)

Kohteessa on betonilaatan valun ja pinnoituksen välillä ollut jopa 4 kuukauden väli, joka on nykyään suhteellisen pitkä aika.

## 5.2 Kohde 2 kerrostalon asunto Helsingissä

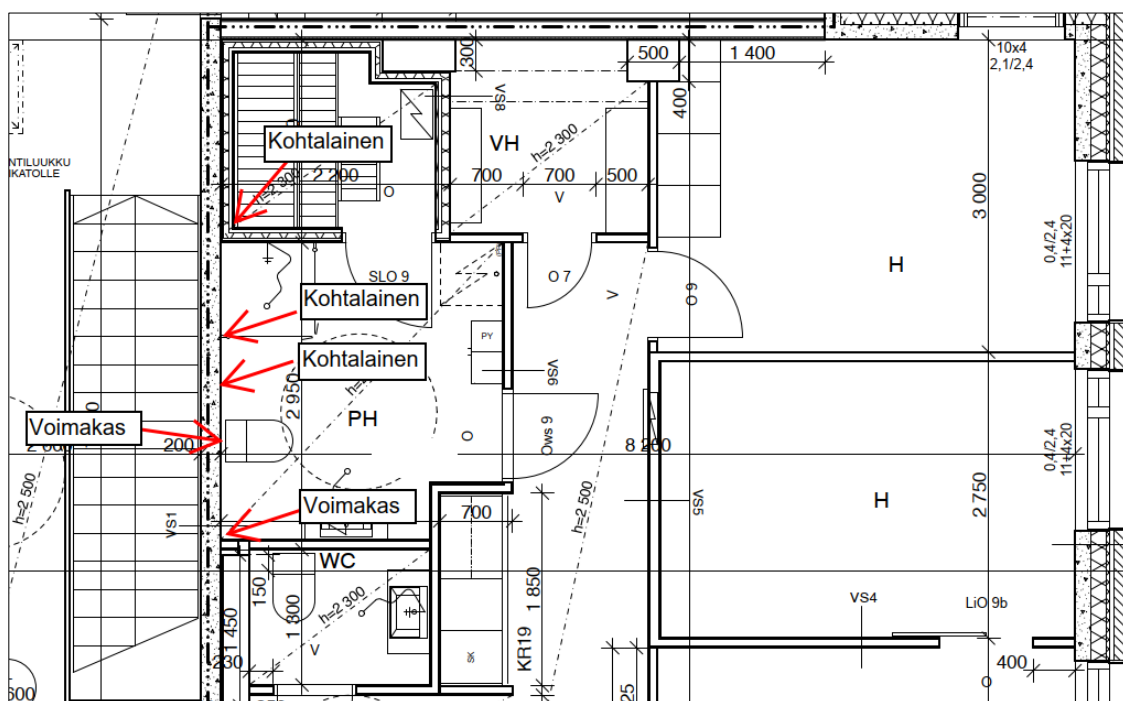
Kohteessa oli reklamoitu Hartela Etelä-Suomi Oy:tä lattioiden painumisesta yhdessä asunnossa. Lattioiden painumista on havaittu olohuoneessa ja pesuhuoneessa. Lattioiden painumisesta oli pidetty katselmus, jossa todettiin lattioiden painumista reuna-alueiltaan. Kylpyhuoneen osuudelle tehtiin myös merkkiainekoe, jonka tarkoituksena oli arvioida kylpyhuoneen vedeneristeen tiiveyttä, koska lattiarakenteessa oli tapahtunut painumaa.



KUVA 5. Ulkoseinälinjalla parketin ja jalkalistan välissä noin 5 - 8 mm rako. (Hartelan raportti 2021)

Merkkiainekokeet suoritettiin ohjekorttia RT-14-11197 *Rakenteiden ilmatiiviiden tarkastelu merkkiainekokein* soveltaen.

Ilmatiiviyttä tutkittiin Sensistor 9012 WRS -merkkiaineanalysaattorilla sekä siihen liitettävällä anturilla H21. Merkkiainekaasua (5 % H<sub>2</sub> + 95 % N<sub>2</sub>) laskettiin välipohjan kevytsorakerrokseen porraskäytävän seinään tehdystä reiästä siten, että kylpyhuoneen kohdalle arvioitiin noin 500 ppm vetypitoisuus. Merkkiainekaasun leviämistä odotettiin noin 10 minuuttia ennen mittauksen aloittamista. Huoneistossa oli mittaushetkellä noin -16...-18 pascalin paine-ero sisä- ja ulkoilman välillä.



KUVA 6. Merkkiainekokeen vuotohavainnot (Hartelan raportti 2021)

Asunnossa havaitut painumat viittaavat pintabetonilaatan kuivumisen aikana tapahtuvaan kaareutumiseen ja myöhemmin oikenemiseen, koska raot olivat voimakkaimpia ulkoseinälinjalla eikä asunnon keskellä kevyiden väliseinän kohdalla havaittuja merkittäviä rakoja. Lisäksi kevyiden väliseinien seinän yläosassa havaitun raon leveys suureni ulkoseinälinjaa kohti. Kevyen väliseinät on perustettu pintalaatan päältä, jolloin väliseinät liikkuvat pintalaatan mukana. Rakennepiirustuksen perusteella pintabetonin alapuolella on polystyreenieriste, minkä takia pintalaatta pääsee kuivumaan pääosin ylöspäin voimistaen kuivumisen aiheuttamaa laatan kaareutumista.



KUVA 7. Kevyen väliseinän yläosan liitos ulkoseinään. Väliseinän yläosassa havaittiin noin 1,5 - 2 metrin matkalta rako, joka suureni ulkoseinälinjaa kohden. (Hartelan raportti 2021)

Kohde on valmistunut noin 8 vuotta sitten, joten kuivumisen aiheuttamat muodonmuutokset ovat tapahtuneet eikä rakenteissa ole oletettavissa enää muutoksia. Olohuoneessa ulkoseinällä havaitut raot voidaan korjata asentamalla jalkalistat uudestaan.

Asunnon makuuhuoneen parvekkeen edustalla parketti on osittain asennettu seinäelementin reunan päälle. Seinäelementin reuna on laastiviisteen perusteella ollut alun perin jo makuuhuoneen betoni-pintaa korkeammalla. Laatan kuivumisen aikainen oikeneminen on kasvattanut korkoeroa.



KUVA 8. Parvekkeen edustan parkettia on purettu alustan tarkastamista varten. Ulkoseinäelementin ja betonilaatan välillä oli noin 10 mm korkoero. Kynnyksen edustalle on rakentamisen aikana tehty laastiviiste. Laastiviiste oli murtunut. (Hartelan raportti 2021)

Asunnon kylpyhuoneessa todettiin suihkualueella seinä-seinäliittymässä muutamia haljenneita laattoja, mikä on voinut aiheutua laatan oikenenemisestä kuivumisen aikana. Seinälaatat on voitu myös asentaa kiinni toisiinsa, mikä voi aiheuttaa laattojen rikkoutumisen jo vähäisissäkin muodonmuutoksissa. Asunnon kylpyhuoneen merkkiainekokeessa todettiin lattia-seinäliittymästä paikoin ilmavuotoa, mikä tarkoittaa vedeneristeen epäjatkuvuutta.



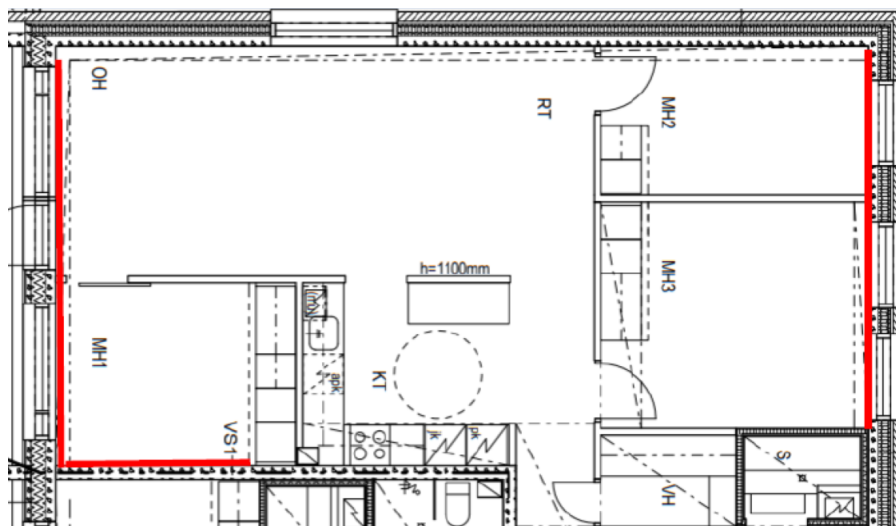
KUVA 9. Painunut lattia saunassa (Hartelan raportti 2021)



KUVA 10. Purettu lattiarakenne saunassa, sama kulma kuin edellä (Hartelan raportti 2021)

### 5.3 Kohde 3 kerrostalon asunto Helsingissä

Asukas on reklamoinut Hartela Etelä Suomi Oy:tä lattialistojen rakoilusta olohuoneessa. Huoneistossa on suoritettu katselmus, jossa on tarkasteltu parketin ja jalkalistan välistä rakoilua. Tarkastus on suoritettu vatupassilla ja linjalaserilla. Katselmuksessa havaittiin että, havaintoihin perustuen reunojen kohouma on syntynyt yhteen suuntaan kuivuvasta betonilaatasta, joka on tavanomaista ja normaalia kyseisessä rakenteessa. Kuivien tilojen osalta pääosin kuivumisesta aiheutuva kaareutuminen ei aiheuta muita toimenpiteitä, kuin jalkalistojen laskemisen.



KUVA 11. Tarkastelut alueet asunnossa (Hartelan raportti 2021)

Tarkastelussa olohuoneessa ja makuuhuone 1. lattia oli terassiseinän reuna-alueella suora ja jalkalista oli koholla noin 3 mm. Makuuhuoneissa 2. ja 3. päätyseinä tarkastettiin, reuna-alueella ei tarkasteluhetkellä havaittu epätavanomaista lattian poikkeamia. Jalkalistanat ovat osassa seinä 1-2 mm koholla.



KUVA 12. Tilanne tarkasteluhetkellä makuuhuone 1. Lattia on suora mutta jalkalistat ovat n. 3 mm koholla. (Hartelan raportti 2021)

Huoneistossa korjaus suoritettiin laskemalla jalkalistoja.

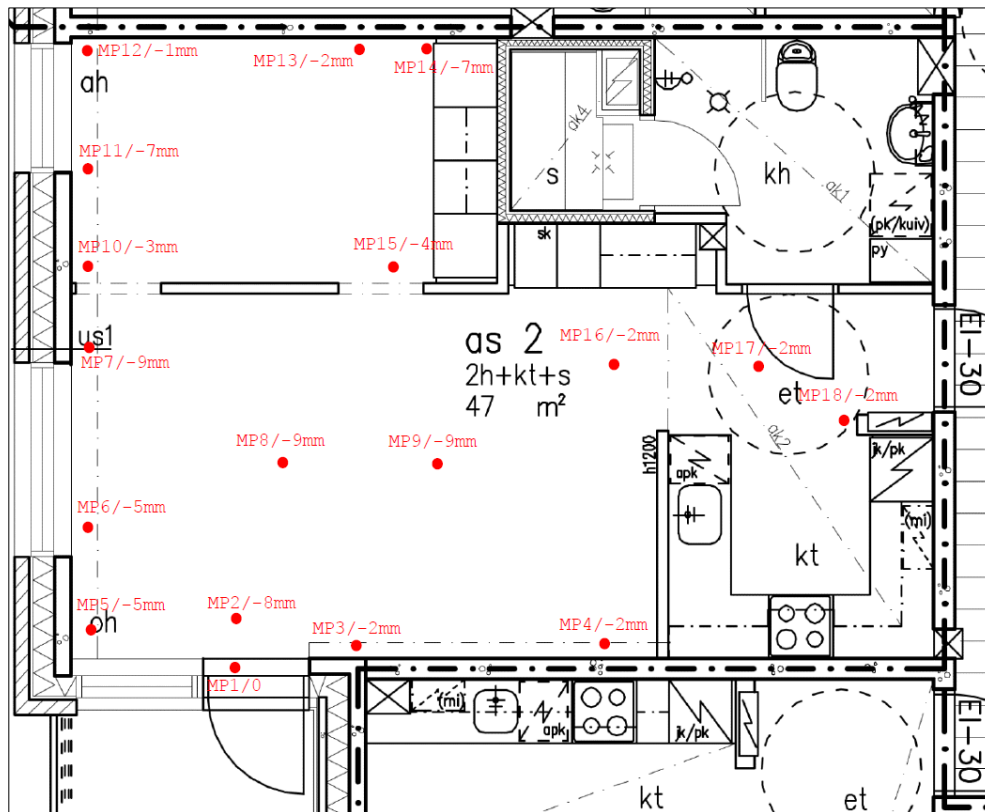
#### 5.4 Kohde 4 kerrostalon asunto Kirkkonummella

Kohde on valmistunut v. 2018. Hartela sai osakkaalta ilmoituksen, että lattiassa on havaittu painumaa useissa kohdissa. Asukkaalta saadun ilmoituksen perusteella asunnon märkätiloissa ei havaittu muutoksia.

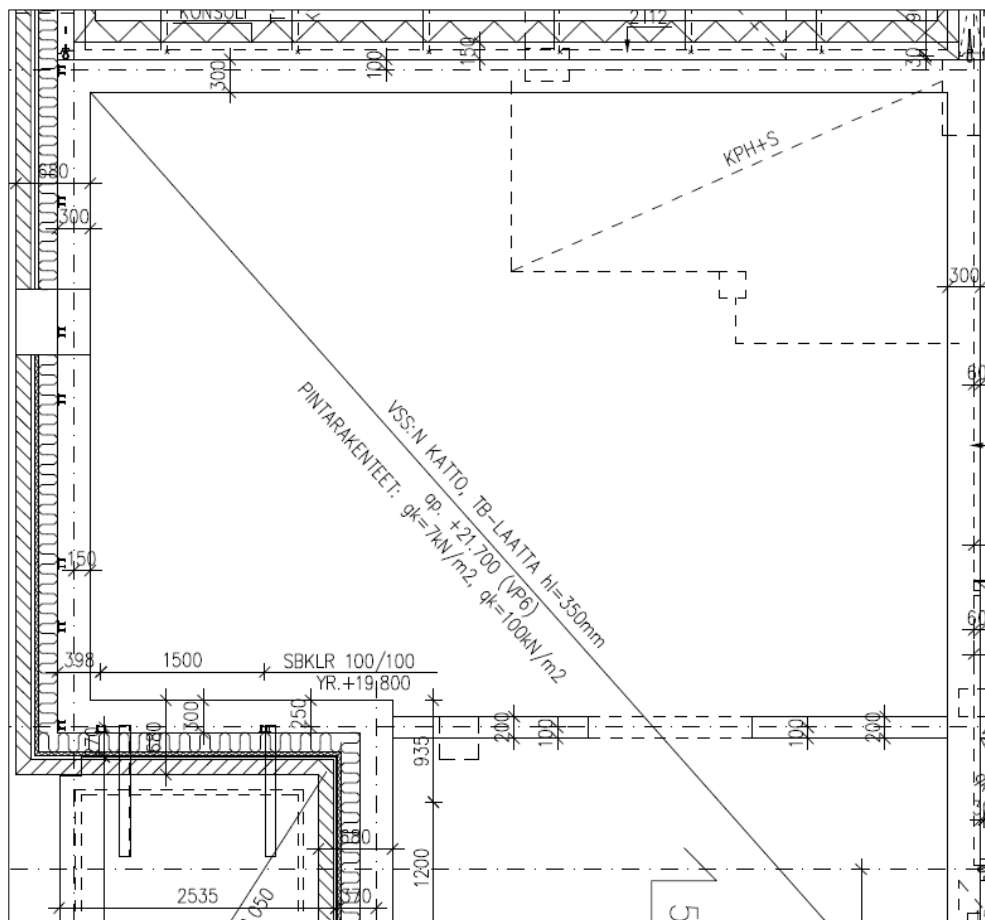
Asukkaan toimittamien valokuvien, sekä kohteen rakennekuvien perusteella voitiin päätellä ennalta, että painuminen/lattian eläminen on tapahtunut rakenteellisista muutoksista: mahdollisesti laatan kuivuessaan oikeneminen reuna-alueilta, ja/tai teräsbetonivalun alapuolisen eristyskerroksen painumisen takia. Tarkastusta ei kiirehditty, sillä märkätilat olivat pysyneet muuttumattomina, ja ongelmaa ei kuvauksen perusteella pidetty rakenteiden toimivuuden kannalta merkittävänä riskinä. Tarkastus suoritettiin helmikuussa 2024. Tarkastus tehtiin mittaamalla linjalaserilla ja rullamitalla korkomuutokset parketin päältä, pintarakenteita purkamatta.

Tarkastuksessa havaittiin, että parvekkeen oven kynnyksen edessä on lattian ylin piste. Mittaus aloitettiin pitämällä ylin kohta ns. 0-pisteenä (MP1). Mitatut korkolukemat ovat verrattu 0-pisteeseen.

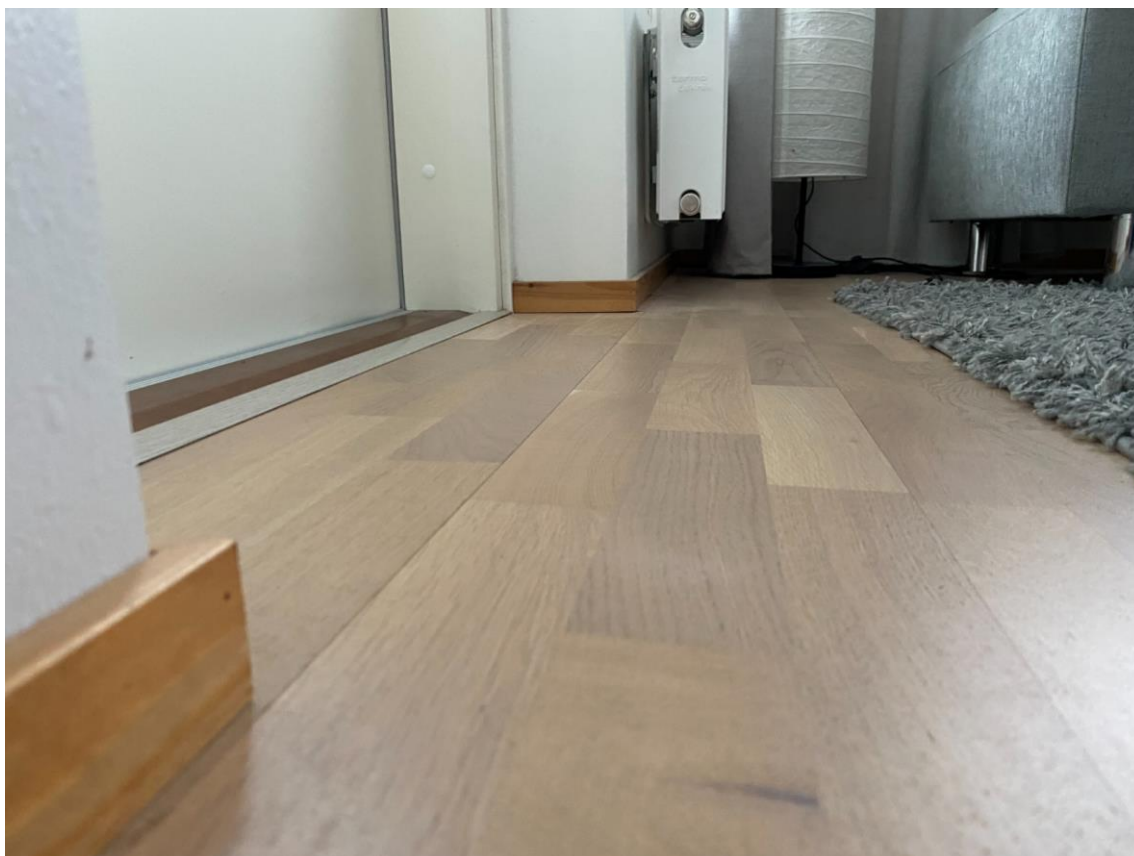




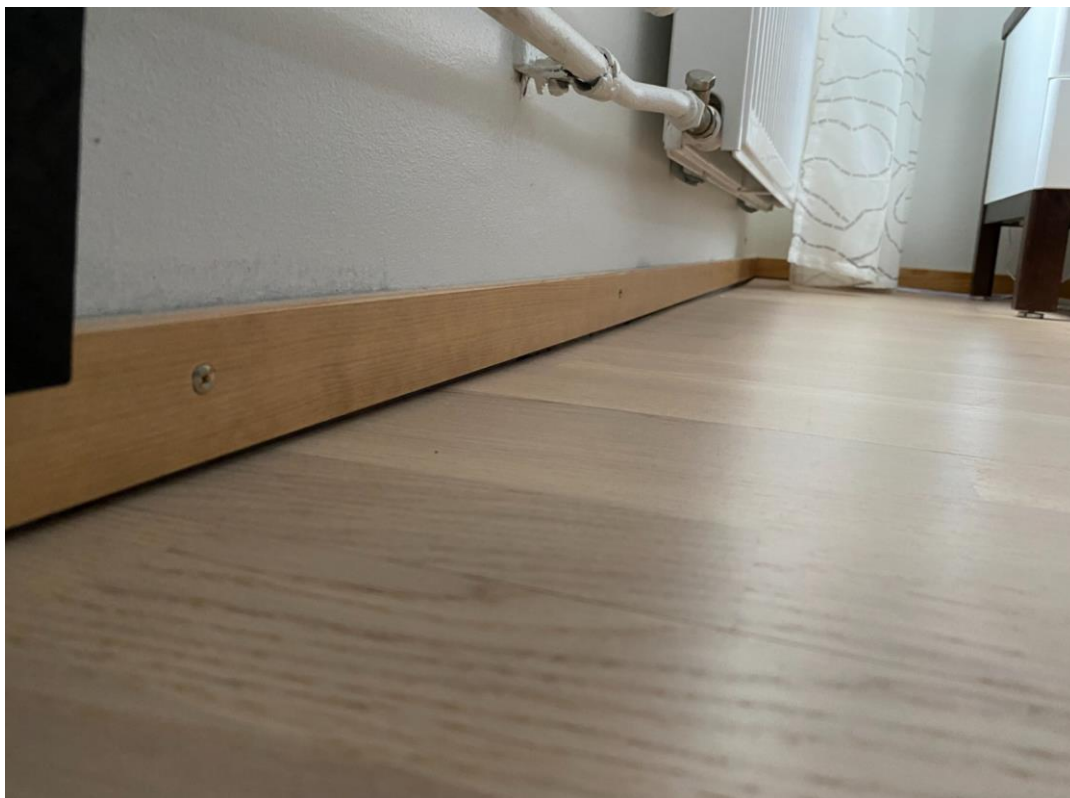
KUVA 13. Mittauspisteet asunnossa (Hartelan raportti 2024)



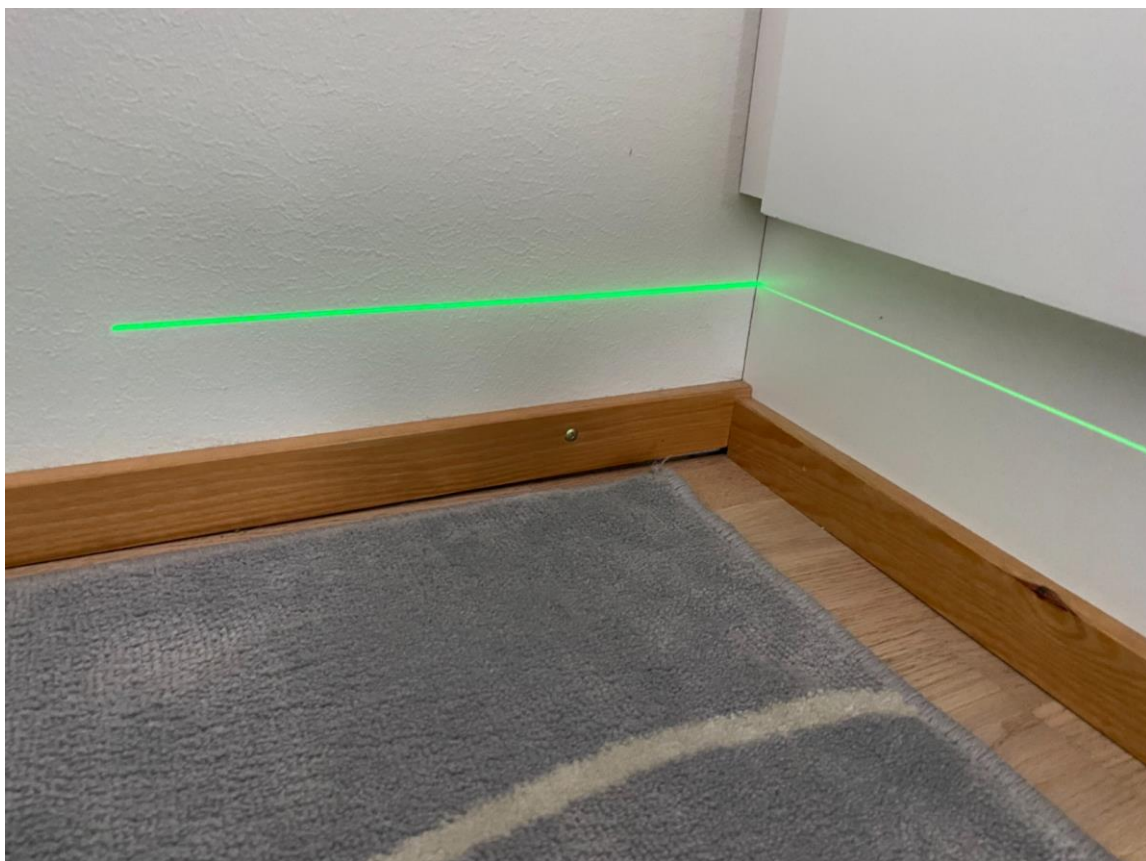
KUVA 14. Rakennepiirustus, 1. kerroksen seinät, josta ilmenee mittauspisteen 1 sijainti VSS:n seinän teräsbetoni-rakenteen päällä. (Hartelan raportti 2024)



KUVA 15. Parvekkeen oven kynnys, mittauspiste 1. Parketissa on havaittavissa selvä sauma, joka viestii ensimmäisen parketin olevan vinossa. (Hartelan raportti 2024)



KUVA 16. Makuuhuoneen seinä, mittauspisteet 10, 11 ja 12 (Hartelan raportti 2024)



KUVA 17. Makuuhuoneen seinä, mittauspiste 14. Jalkalistasta näkee kuinka seinässä kiinni oleva lista ei ole painunut lattian mukana, mutta vaatekaapissa kiinni oleva lista on. (Hartelan raportti 2024)

## 6 ONGELMIEN ESTÄMINEN

Betonilattiat ovat olennainen osa rakennusten rakenteita, mutta niiden oikeanlaisen rakentamisen ja kunnossapidon varmistaminen voi olla haasteellista. Erilaiset ongelmat, kuten lattioiden käyristyminen, halkeilu ja muodonmuutokset, voivat aiheuttaa huolta sekä rakennusliikkeille että asukkaille. Näiden ongelmien ennaltaehkäisy ja korjaaminen ovat tärkeitä tekijöitä rakennusten pitkäaikaisen kestävyys- ja toimivuuden varmistamisessa.

Yksi yleinen ongelma betonilattioissa on epätasainen kuivuminen, joka johtaa betonin muodonmuutoseroihin. Kun betoni kuivuu epätasaisesti, eri osat lattiasta kutistuvat eri tavoin, mikä voi aiheuttaa lattioiden käyristymistä ja halkeilua.

Betonimassan valinnalla ja betonityömenetelmillä on suuri merkitys lattian ongelmien estämisessä. Betonin koostumuksen ja lujuuden valinnassa on otettava huomioon lattian kantavuusvaatimukset sekä kutistumisen ja käyristymisen hallinta. Lisäksi betonityössä on noudatettava huolellista jälkihoitoa ja vältettävä betonin erotusta sekä varmistettava riittävä raudoituksen tuki.

### 6.1 Epätasainen kuivuminen

Betonilattioissa reunojen käyristyminen johtuu betonin epätasaisen kuivumisen aiheuttamista muodonmuutoserosta. Mikäli betonilattia kuivuu lähes yksinomaan yhteen suuntaan, tavallisimmin yläpinnasta, pääsee yläpinta kuivumaan nopeammin kuin laatan alapinta. Yläpinnan aikaisempi kuivuminen johtaa sen kutistumiseen verrattuna alapintaan, jolloin laatta kokee muodonmuutoksen. Kiristytävä yläpinta vetää reunoja itseensä päin, jolloin laatan reunat käyristyvät ylöspäin. Suurinta nousu on laatan nurkissa. Mikäli käyristymisen aikana laattaa kuormitetaan, erityisesti reunoilta, on laatan halkeilu tavallista. (Pitkänen 2008.)

Kun betonin kuivuminen etenee sen kosteus- ja kutistumaerot alkavat tasaantumaan. Näin alkaa myös laatan käyristyminen ja reunojen nousu palautua. Koska betonin kuivuminen on hidasta, on myös käyristymisen palautuminen hidasta. Laatta ei kuitenkaan palaudu entiselleen ja jotain käyryyttä jää rakenteeseen aina. Palautumisen nopeus ja määrä riippuu mm. laatan paksuudesta, jälkihoidosta, valun kuivumisolosuhteista sekä betonin koostumuksesta. Palautuminen alkaa normaalisti 1–3 kk:n valusta. (Pitkänen 2008.)

### 6.2 Laatan rakenne

Kantavasta laatasta kokonaan irti oleva pintalaattaa kutsutaan uivaksi lattiaksi. Uiva lattia on tavallisesti hyvin ohut ja silloin sen omapaino on myös pieni. Ohut ja kevyt, alapuolisesta rakenteesta täysin irti oleva uiva laatta pääsee siis käyristymään lähes esteittä ja käyristymistä voi ilmetä välittömästi betonin kuivumisen alettua. Mikäli käyristyneen laatan päälle tehdään pintarakenteet välittömästi, laatan kuivumisen edetessä, alkaa laatta oikenemaan, joka ilmenee rakoina lattian ja seinän rajassa. Rakoa voi ilmetä esimerkiksi listoituksen alla tai kosteissa tiloissa silikonien halkeiluna. (Pitkänen 2008.)

Laattarakenteissa, joissa pintalaatta on kiinnitetty kantavaan alla olevaan laattaan, pintalaatan käyristyminen irrottaa laatat toisistaan. Irronnut pintalaatta on hyvin halkeama herkkä, erityisesti reuna-

ja nurkka-alueilta, joissa se on irti kantavasta laatasta. Ohut pintalaatta katkeaa helposti rasituksen alla, ja jopa sen omapaino voi laatan halkaista. Liikennöidyissä laatoissa voi ilmetä myös ääniongelmia. (Pitkänen 2008.)

Betonilaatan omapaino estää tehokkaasti käyristymistä. Tämän toteaa myös Väinö Repo opinnäytetyössään Maanvaraisen betonilattian käyristyminen. Opinnäytetyössään Repo tarkasteli viittä eri rakenneratkaisua maanvaraisissa betonilattioissa. Ensimmäisessä rakenteessa oli yksinkertainen uiva 70 mm paksu betonilaatta, toisessa rakenteessa oli laatan reuna-alueelle lisätty toinen teräsverkko, kolmannessa oli sama rakenne kuin toisessa, mutta betonimassaan oli lisätty rakennekuituja ja neljännessä reunalta vahvennettu laatta, joka suoritettiin reunoille asennetulla viistetyllä EPS levyllä. Laattojen valamisen jälkeen laattojen käyristymistä tarkasteltiin 2 viikon välein kahden kuukauden ajan. Suurinta käyristyminen oli perinteisessä betonilaattarakenteessa, jossa reunojen nousu oli jopa 7 mm. Vähintään laatta käyristyi 4. tavassa, jossa laattaa oli paksunnettu reunoilta. Tässä tapauksessa käyristymistä oli vain 2 mm tasaisesti koko laatan reunoilla. (Repo 2020.)

### 6.3 Betonimassan valinta

Suunnittelija yleensä valitsee betonin lujuuden pääasiassa lattian kantavuusvaatimusten perusteella. Betonin laadun muista näkökohdista päättävät betonin toimittaja ja lattian tekijä. Harvoin suunnittelija osallistuu yksityiskohtaisemmin betonin koostumuksen määrittelyyn. Lattian käyristymisen minimoimiseksi on vältettävä tarpeettoman suurta betonin lujuutta. Betonin tyypillinen ominaisuus on kutistuminen kuivumisen yhteydessä. Mitä enemmän lujuus kasvaa, sitä enemmän sementin ja pastan määrä betonissa kasvaa, mikä puolestaan lisää kutistumista. Tämä kutistuminen liittyy betonin koostumukseen, erityisesti pastan määrään (vesi ja sementti), ympäröivän tilan suhteelliseen kosteuteen (kuiva ympäristö lisää kutistumista) ja lattian paksuuteen (ohut lattia kutistuu enemmän). Kutistumista tapahtuu pääasiassa pastan osalta, kun taas runkoaine toimii kutistumista estävänä tekijänä. Betonin lujuuden noustessa myös kimmomoduuli kasvaa, mikä vähentää myöhemmin tapahtuvaa käyristymän palautumista. Pastan määrän minimoimiseksi on suositeltavaa maksimoida runkoaineen tilavuusosuus. On kuitenkin huomioitava, että runkoaineen määrä, vesimäärä, sementtimäärä ja vesi-sideainesuhde ovat toisistaan riippuvaisia. Kun vesimäärä tai vesisementtisuhde kasvaa, pastan määrä kasvaa ja samalla runkoaineen tilavuusosuus laskee, mikä johtaa kutistuman lisääntymiseen. Sementin laadulla on vain vähäinen vaikutus kuivumiskutistumaan. (Pitkänen 2008.)

Betoninormien mukaan kiviaineksen raekoon nimellisyläraja saa olla enintään 40 % rakenteen paksuudesta, ottaen huomioon myös raudoituksen asettamat vaatimukset. Kun lattian paksuus on yli 60 mm, kiviaineksen suurimman raekoon tulisi olla vähintään 16 mm, sillä pienemmän käyttäminen lisää yleensä merkittävästi kuivumiskutistumaa. Lattioissa yleisiä ovat runsasvetiset (notkeat) ja pienen maksimiraekoon (8 mm) betonikoostumukset, mikä helpottaa siirtoja ja keventää valu- ja levitystyötä. Kuitenkin runsasvetisten ja pienen maksimiraekoon massojen käyttö voi suurentaa halkeiluriskiä, koska erottumisriski plastisessa tilassa kasvaa ja kuivumisesta johtuva kutistuma voi lisääntyä, mikä puolestaan lisää käyristymistä. Huokostinta käytetään nopeasti päällystettävissä lattiabetoneissa kuivumisen nopeuttamiseksi, mutta tämä voi lisätä kutistumista. Nopeasti päällystettäviä betoneita käytettäessä ajoissa aloitettu jälkihoito on tärkeää korvaamaan huokostuksen aiheuttama

lujuuden aleneminen ja vähentämään kutistuman vaikutuksia. Notkistimia käytetään yleisesti vähentämään betonin vesimäärää, erityisesti korkeiden lujuusvaatimusten yhteydessä. Tavoitteena on samalla pienentää betonin kuivumiskutistumaa, joskus käyttämällä suuria notkistimen annostuksia. Vaikka veden vähentäminen pienentää pastan määrää ja kutistumaa, notkistimen käyttö tiivistää betonin mikrorakennetta, mikä voi lisätä kutistumista. Kokeelliset selvitykset osoittavat, että huomattavasta vedenvähennyksestä huolimatta kutistuman suuruus ei välttämättä pienene merkittävästi, joskus jopa kasvaa. Suurten notkistinmäärien käyttöä tulisi välttää, ja notkistimen ja sideaineyhdistelmän vaikutus kutistumaan on selvitettävä etukäteen. (Pitkänen 2008.)

#### 6.4 Betonityöt

Käyrityksen estämisen kannalta on kriittistä välttää betonin erotusta, joka johtaa pintaan, jossa on runsaasti pastaa. Tämä pinta kutistuu enemmän kuin alempi betoni kuivessaan, lisäten käyritystä, erityisesti ohuissa lattioissa. Lisäksi suuri yläpinnan kutistuma lisää verkkomaisen halkeilun riskiä. Kutistumaa vähentävät lisäaineet (Shrinkage reducing admixtures, SRA) ovat uusi ryhmä, joka on viime aikoina tullut markkinoille. Nämä aineet vähentävät betonin kuivumiskutistumaa pienentämällä veden pintajännitystä, mikä vähentää kuivumiskutistumasta johtuvia jännityksiä. Vaikka ne eivät poista kutistumista kokonaan, ne voivat vähentää sitä 25–50 %. Kutistumaa vähentävien lisäainesten odotetaan kasvavan käytössä. (Pitkänen 2008.)

Hierron suorittaminen oikeaan aikaan on olennaista pinnan tasauksen jälkeen, ja se on suositeltavaa tehdä silloin, kun pinnassa oleva vesi on haihtunut eikä uutta vettä nouse pintaan. Liian aikainen hierto voi johtaa runsaan pastaa sisältävän kerroksen muodostumiseen, mikä kutistuessaan suuresti lisää käyritystä. Jälkihoidolla on keskeinen rooli plastisessa tilassa tapahtuvan halkeilun ja kuivumisesta johtuvan kutistuman estämisessä. Jälkihoito jaetaan varhaisjälkihoitoon ja varsinaiseen jälkihoitoon, ja niiden on oltava riittävän pitkiä. Kosteuden haihtumisen ja pinnan kutistumisen vähentämiseksi sopivia jälkihoitomenetelmiä ovat jälkihoitoaineen käyttö ja lattian peittäminen kosteutta läpäisemättömillä tai kosteutta pidättävillä peitteillä. Jälkihoidon laatu ja kesto ovat keskeisiä betonin kutistumisen hallinnassa, ja pidempi jälkihoitoaika voi vähentää kuivumiskutistumaa betonin lujuuden kasvun myötä. (Pitkänen 2008.)

#### 6.5 Raudoituksen vaikutus

Raudoituksen tuennalla on korkea merkitys, sillä tutkimukset osoittavat valmiiden lattioiden raudoituksen usein sijaitsevan lähes lattian pohjassa, vaikka sen olisi pitänyt olla suunnitellusti lattian keskellä tai molemmissa pinnoissa. Yläpinnan raudoitus voi olla kiinni alapinnan raudoituksessa, mikä merkittävästi lisää raudoituksen käyritystä ja voi aiheuttaa suuria halkeamia yläpinnassa. Lattian valun olosuhteiden on oltava optimaaliset, ja valutilan lämpötilan tulee olla vähintään 10°C. Alhaisessa lämpötilassa betonin sitoutuminen hidastuu, mikä kasvattaa halkeiluriskiä ja betonin erottumisriskiä, erityisesti ohuissa lattioissa. (Pitkänen 2008.)

## 7 VAIHTOEHTOISIA RATKAISUJA

Yksi keskeinen ongelma betonivaluissa on epätasainen kuivuminen, joka voi johtaa betonin muodonmuutoseroihin ja siten lattian käyristymiseen. Tämä voi aiheuttaa haittaa sekä rakenteille että niiden käyttäjille. Lisäksi betonilaatan alapuoliset rakenteet voivat altistua painumiselle ja muille liikkeille ajan mittaan, mikä voi johtaa vaurioihin.

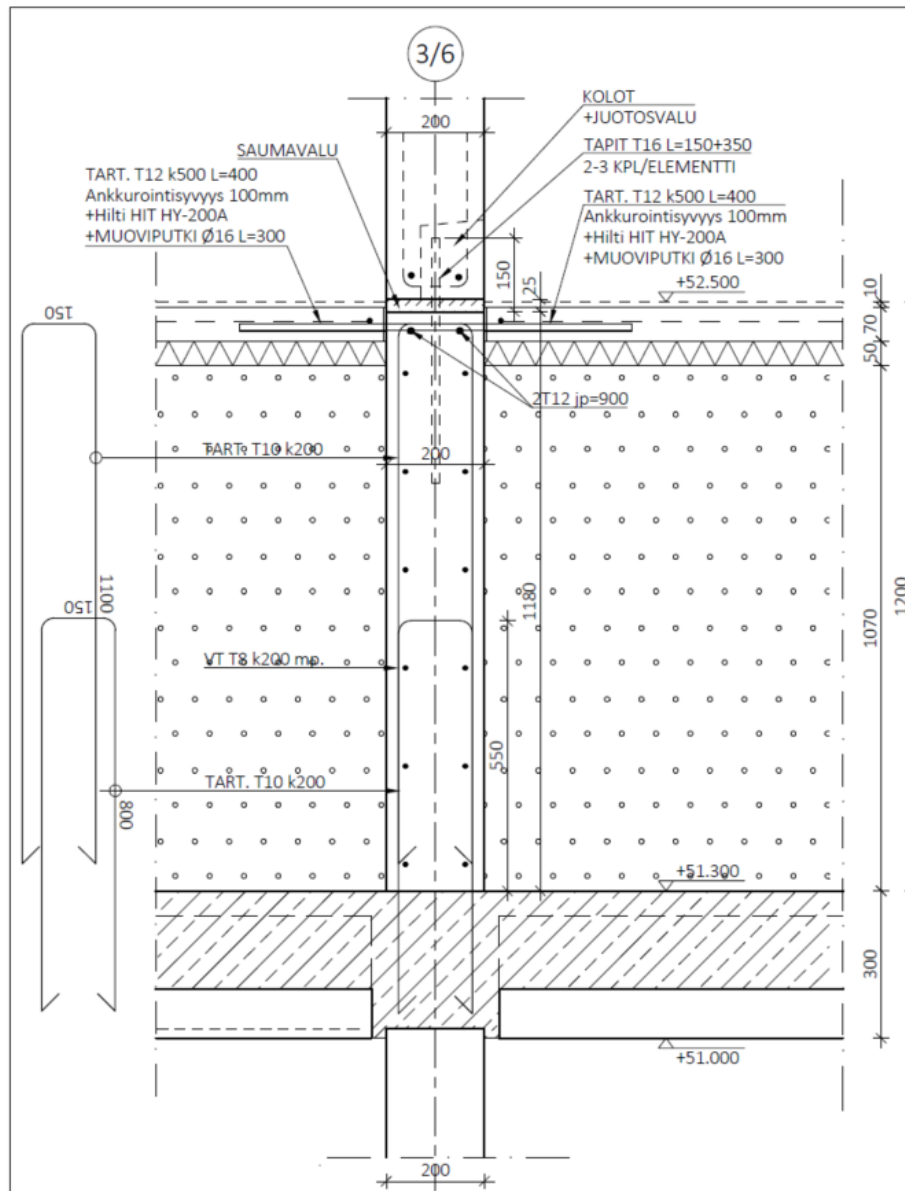
Onneksi on olemassa useita keinoja, joilla näitä ongelmia voidaan ennaltaehkäistä. Esimerkiksi betonilattioissa voidaan käyttää vaahtolasimursketta täyttömateriaalina, mikä vähentää painumisen riskiä. Lisäksi tartunnat laattojen ja seinien välillä voivat estää lattian liikkeen ja siten vähentää lattian käyristymistä. Myös itse betonivalun korvaaminen vaikkapa ontelolaatastolla voisi tulla kysymykseen.

Toinen tärkeä tekijä on betonin jälkihoito, joka voi auttaa vähentämään kuivumiskutistumaa ja siten estää lattian halkeilua.

### 7.1 Kohde Järvenpäässä

Järvenpäässä valmistui talvella 2023 - 2024 asuinkerrostalo, jossa väestönsuojan päällinen lattiarakenne on samanlainen kuin taloyhtiön pesulassa Helsingissä, jossa painumista on ollut. Eroina on vaahtolasin käyttö täytössä kevytsoran sijasta sekä tartuntojen lisääminen laattaan teräsverkon alapuolelta.

Vaahtolasimurske ei puristu kokoon ajan saatossa. Tästä on etua esimerkiksi murskekerroksen vaaraan asennettujen eristeiden kestävyydelle, kun eristeeseen ei kohdistu merkittäviä liikkeitä asentamisen jälkeen. Väestönsuojien katolle on yleensä tehty rakennekokonaisuus, joka koostuu yhdistelmästä kelluva betoninen pintalaatta - tuuletettu korotuskerros – teräsbetoninen kantava rakenne. Vaahtolasimurske sopii käytettäväksi korotuskerroksena, koska se saadaan muotoiltua täsmällisesti korotuskerroksen vaatimusten mukaisesti ja se tuulettuu tehokkaasti. Korotuskerrokseen asennetaan salaojaputkisto rakenteen kuivattamiseksi ja tuulettamiseksi. (Uusioaines 2018.)



KUVA 18. Väestönsuojan kattoleikkaus väliseinän kohdalla (Hartela 2023)



KUVA 19. Työmaa aikainen valokuva tartunnoista (Hartela 2023)



Tartuntojen rakenne on 12 mm paksu harjateräs, joka on kiinnitetty seinään 500 mm jaolla. Harjateräksen laattaan ulottuvan osuuden pituus on 400 mm. Harjateräs on ankkuroitu vahvalla injektointi massalla ja sen päälle on asennettu halkaisijaltaan 16 mm paksu muoviputki, joka on tulpattu päästään. Tartunta antaa laatan kutistua vaakasuunnassa, mutta estää reunojen liikkumisen pystysuunnassa.

Kohteessa betonilaatan jälkihoito on jätetty vähäiseksi aikataulun takia. Opinnäytetyön kirjoitus hetkellä rakenteessa ei ole havaittu painumista.

## 7.2 Kohde Helsingissä

Helsingissä keväällä 2024 valmistuvassa kohteessa on väestönsuojan yläpuolinen rakenne toteutettu asentamalla 160 mm halkaisijaltaan olevat putket betonilla valettaviksi pilareiksi. Valu toteutettiin betonilaatan valun yhteydessä. Välipohjaan on asennettu salaojaputki rakenteen tuulettamiseksi ja täyttömateriaali on vaahtolasia. Kohteessa ei ole laattaa ankkuroitu seinille tartunnoilla.



KUVA 20. Pilari putket (Hartela 2024)



KUVA 21. Vaahtolasi täyttö (Hartela 2024)



KUVA 22. Laatan rauditus työt tehty. Raudituksen alla pilareiksi valettavien putkien suut. (Hartela 2024)

### 7.3 Rakenteellisten muutosten huomioiminen suunnittelussa

Nykyisen rakenteen korvaamiseksi keskustelimme korjaustyönjohtajan ja kohteiden vastaavan työnjohtajan kanssa toimivammasta ratkaisusta, ja ehdotukseksi tuli reunoilta vahvennettu laatta (laatan omamassa estää käyristymisen) jossa on tartunnat sivuilla seinille (tartunnat estävät laatan alapuolisten rakenteiden painumisesta johtuvan laatan laskeutumisen) sekä täytössä vaahtolasi (painuu

vähemmän kuin kevytsora). Välitilassa olevien pilareiden toimivuudesta ei ole varmuutta, mutta mikäli laatan reunat on sidottu seiniin tartunnoilla, ei mekaanista taipumaa pääse muodostumaan. Pilarit tulisi vain olla jotain muuta materiaalia kuin muoviputkea, jotta betonivalut pääsevät kuivumaan. Reunoiltaan paksumman laatan hitaampi kuivuminen tulee ottaa tässä tapauksessa huomioon ja lattian pinnoitettavuutta arvioidessa tulee betonin suhteellista kosteutta mitata myös reunavahvistuksen kohdalta.

#### 7.4 Valetun betonilaatan korvaaminen

Toinen ratkaisu olisi korvata uiva laatta ontelolaatalla tai vastaavalla rakenteella, jolloin välitilaa ei tulisi täyttää, vaan se jäisi tyhjäksi, jolloin siellä suoritettavat mahdolliset korjaustoimet olisi huomattavasti helpompi tehdä. Nyt, mikäli välitilassa käy esim. putkirikko, vaatii se koko yläpuolisen rakenteen purkamisen ja välitilan tyhjentämisen. Tyhjän välitilan lämpimänä pitäminen tulisi tällöin kysymykseen sekä tilan tuuletuksen ratkaiseminen.

## 8 LOPPUTULOS

Käyritymistä esiintyy kaikissa betonilattioissa, ja se näkyy lattian nurkkien, reunojen ja saumojen reunojen nousuna. Ongelma voi aiheuttaa haittaa ja ylimääräistä työtä, erityisesti jos käyrityksen aiheuttama reunojen nousu on merkittävä. Lattian tyyppi vaikuttaa käyrityksen haittoihin, ja maanvaraisissa sekä uivissa lattioissa ohuet lattiat ovat erityisen alttiita ongelmille. Teollisuuslattioissa käyrityminen on aiheuttanut vaurioita saumoissa ja niiden ympäristössä, mikä vaikuttaa lattian liikennöitävyyteen ja vaatii usein saumakohtien korjauksia. Betonin epätasaisesta kuivumisesta ja kutistumisesta johtuvaa käyritymistä on betonilattioissa nyt enemmän kuin ennen ja syytä sille on monia. Betonilattian suunnitteluun, käytettyyn betoniin ja valmistukseen liittyvät tekijät vaikuttavat kutistumiseen ja käyritymiseen. Kutistumista lisäävät muun muassa betonin lujuuden kasvu, sementtien hienouden lisääntyminen, suuri vesi- ja hienoainesmäärä sekä notkistimen käyttö. Valmistuksen osalta ongelmia aiheuttaa erityisesti jälkihoito, erityisesti liian myöhäinen aloitus, joka lisää varhaisvaiheessa tapahtuvaa yläpinnan kutistumista. (Pitkänen 2008.)

### 8.1 Suunnittelijan rooli

Uivan lattian kantavuutta on suositeltavampaa lisätä kasvattamalla laatan paksuutta kuin betonin lujuutta. Jos lattian hyvään kulutuskestävyyteen pyritään, voidaan käyttää kovabetonikerrosta tai pintasiroiteita pinnan parantamiseksi, eikä koko lattian betonin lujuuden tarvitse olla suuri. Betonin lujuuden kasvaessa betonin viruma pienenee, mikä vähentää käyrityksen myöhemmin tapahtuvaa palautumista. Samalla lujuuden kasvaessa betonin tiiveys lisääntyy, hidastaen betonin kuivumista ja käyrityksen palautumista. Pintabetonilattioissa on mahdollista ankkuroida saumat alla olevaan kantavaan laattaan. Lattian kuivumiseen vaikuttaa perustan läpäisevyys. Jos perusta on läpäisemätön, kuten muovikalvo, lattia kuivuu pääasiassa vain yläpinnasta. Tämä voi johtaa suurempaan kuivumisesta johtuvaan kutistumaeroon ja hidastaa kuivumista. Maanvaraisessa lattiassa esimerkiksi vettä läpäisevä suodatinkangas voi parantaa tilannetta. (Pitkänen 2008.)

Betonilattian suunnittelussa on mahdollista vaikuttaa käyrityksen määrään erilaisilla menetelmillä. Näitä ovat:

- Laatan paksuuden valinta
- Läpäisevän alustan käyttö
- Betonin valinta
- Raudoituksen suunnittelu
- Saumojen reunojen vahvistaminen ja saumarakenteiden käyttö
- Lattian jännittäminen

### 8.2 Betonimassan vaikutus

Betonin koostumusta suunniteltaessa keskeiset tekijät määräytyvät lattialle asetettujen vaatimusten perusteella. Erityisen tärkeää on valita betonin koostumus siten, että kutistumisesta aiheutuva käyrityminen ja halkeilu minimoituvat. Käytännössä on otettava huomioon myös muita näkökohtia, kuten sitoutumisaika, työstettävyys, pumpattavuus ja kuivuminen. Betonin koostumuksen valinnassa joudutaan usein tekemään kompromisseja, kun eri ominaisuuksien välillä tasapainoillaan. Betonin

koostumuksen valinnassa betonin toimittajan asiantuntemus on merkittävää. Tavanomaisissa lattioissa ongelmiin johtavia kutistumalajeja ovat plastisessa tilassa tapahtuva varhaisvaiheen kutistuminen ja kuivumiskutistuminen. Molempia aiheuttaa kosteuden haihtuminen betonin pinnalta. Olosuhteet (kosteus, tuuli) ja jälkihoito vaikuttavat kutistumalajien suuruuteen ja nopeuteen. Autogeeninen kutistuma on käytännössä merkityksetön tavanomaisille lattiabetoneille. Plastinen kutistuminen tapahtuu betonin ollessa plastisessa tilassa tai lujuudenkehityksen alkuvaiheessa, aiheuttaen halkeilua lattian pintaan. Kuivumiskutistuminen tapahtuu kovettuneen betonin kuivuessa ylimääräisen veden poistuessa rakenteesta. Betonin kuivumiskutistumaan vaikuttavat tekijät sisältävät kemiallisen koostumuksen ja hienouden. Suomalaisten sementtien osalta SR-sementin kuivumiskutistuma on pienin, kun taas Rapid-sementillä se on suurin. Runkoaineen koko, jakauma ja laatu vaikuttavat myös kuivumiskutistumaan. Hyvin pakkautuva kiviaines pienentää pastamäärää ja siten vähentää kuivumiskutistumaa. Runkoaineen pinnan ominaisuudet, laatu ja tartuntaominaisuudet vaikuttavat siihen, kuinka tehokkaasti runkoaine voi estää kutistumista. Pinnaltaan rapautunutta kiviainesta tulisi välttää. (Pitkänen 2008.)

Betonin kuivumisesta johtuvaa kutistumista voidaan pienentää ottamalla huomioon seuraavat tekijät sen koostumuksen suunnittelussa:

- Käytetään vähän pastaa.
- Valitaan suuri kiviaineksen maksimikoko.
- Valitaan runkoaine, joka vaatii vähän vettä ja jakautuu tasaisesti.
- Vältetään pinnaltaan rapautunutta runkoainetta.
- Vältetään suuria notkistinannostuksia.

### 8.3 Betonitöiden suorittaminen

Raudoituksen sijainti vaikuttaa käyristymiseen: yläpinnassa oleva raudoitus vähentää käyristymistä, kun taas alapinnassa oleva lisää sitä. Tavanomaisilla raudoitusmäärillä yläpinnassa oleva raudoitus voi vähentää käyristymistä noin 10–15 %. Jännittämällä lattiaa voidaan estää käyristymistä, ja jännittämällä voidaan myös vähentää saumojen määrää sekä estää halkeamien syntyminen betonilattiasa. Jännittäminen on erityisen hyödyllistä maanvaraisissa teollisuuslattioissa. Imubetonoinnin avulla käyristymisen määrää voidaan vähentää. Tässä prosessissa betonin yläpinnasta imetään vettä alipaineen avulla, mikä pienentää betonin kutistumaa ja siten vähentää käyristymistä, erityisesti teollisuuslattioissa. (Pitkänen 2008.)

Betonilattian valmistuksen aikana käyristymiseen vaikuttavat seuraavat tekijät:

- Raudoituksen oikea sijainti
- Valutilan olosuhteet, kuten lämpötila ja kosteus
- Hierron suorittaminen oikea-aikaisesti
- Jälkihoidon aloitus ja sen laatu
- Betonin kuivuminen
- Imubetonin käyttö.

## 9 POHDINTA

Betonivalujen yleisimpiin ongelmiin kuuluu käyristyminen, halkeilu ja muodonmuutokset, jotka voivat vaikuttaa merkittävästi rakennusten käyttöikään ja turvallisuuteen. Erityisesti käyristyminen on yleinen ongelma, ja se ilmenee lattian nurkkien, reunojen ja saumojen reunojen nousuna. Ongelma voi aiheuttaa haittaa ja ylimääräistä työtä, erityisesti jos käyristymisen aiheuttama reunojen nousu on merkittävä. Lisäksi teollisuuslattioiden käyristyminen voi aiheuttaa vaurioita saumoissa ja niiden ympäristössä, mikä vaikuttaa lattian liikennöitävyyteen ja vaatii usein saumakohtien korjauksia.

Useita ratkaisuja on esitetty betonivalujen ongelmien lieventämiseksi ja ennaltaehkäisemiseksi. Näihin kuuluvat muun muassa laatan paksuuden valinta, läpäisevän alustan käyttö, betonin koostumuksen valinta, raudoituksen suunnittelu, saumojen reunojen vahvistaminen ja saumarakenteiden käyttö, lattian jännittäminen ja imubetonointimenetelmän käyttö. Näiden ratkaisujen avulla voidaan minimoida betonivalujen aiheuttamia ongelmia ja varmistaa rakenteiden kestävyys ja toimivuus.

Opinnäytetyön käsittelemät ratkaisut tarjoavat monipuolisen valikoiman keinoja betonivalujen ongelmien hallintaan. On kuitenkin tärkeää huomioida, että jokainen rakennuskohde ja -tilanne on uniikki, ja ratkaisujen soveltuvuutta on arvioitava tapauskohtaisesti. Lisäksi on tärkeää huomioida, että betonivalujen ongelmat voivat johtua monista eri tekijöistä, joten yhden ratkaisun soveltaminen ei välttämättä poista kaikkia ongelmia. Jatkotutkimus ja kehitystyö ovat tarpeen, jotta voidaan löytää entistä tehokkaampia ja kestävämpiä ratkaisuja betonivalujen ongelmiin.

Työn tekeminen oli antoisaa ja mielenkiintoista, vaikka haasteitakin ilmeni, jotka liittyivät työn dynamiikkaan ja aikatauluihin. Kuitenkin työskentelyyn käytetty aika oli merkityksellistä, sillä sen aikana työhön sisällytettiin kaksi uutta referenssikohdetta ja ratkaisua. Toivon, että työn tulokset hyödyttävät suunnittelijoita, työnjohtajia, rakennusmestareita ja betonityöntekijöitä sekä tarjoavat konkreettista apua rakennusalan toimijoille, kuten työntilaaajalle Hartela Etelä-Suomi Oy:lle. Lopuksi toivon työn myös vähentävän vastaavien mestarien stressiä ja verenpainelääkkeiden tarvetta.

## LÄHTEET

Betonilattiat kortisto 2012. Helsinki: Rakennustuoteteollisuus RTT ry, Betoniteollisuus ry, Betonilattiyhdistys ry.

Betonitieto.fi 2021a. Halkeilu. Suomen Betoniyhdistys RY. Päivitetty 20.10.2021. Verkkajulkaisu. <https://www.betonitieto.fi/oppiminen/opetuksen-tukimateriaali/betonin-ominaisuudet-ja-valinta/ko-vettuneen-betonin-ominaisuudet/kuivumiskutistuma.html> Viitattu. 6.7.2023.

Betonitieto.fi 2021b. Jälkihoito. Suomen Betoniyhdistys RY. Päivitetty 1.3.2021. Verkkajulkaisu. <https://www.betonitieto.fi/tyomaat/betonitoiden-johtaminen-talonrakentaminen/betonityot/jalki-hoito.html> Viitattu. 8.6.2023.

Betonitieto.fi 2021c. Kiviaines. Suomen Betoniyhdistys RY. Päivitetty 29.4.2021. Verkkajulkaisu. <https://www.betonitieto.fi/oppiminen/opetuksen-tukimateriaali/betonin-valmistus/betonin-osa-ai-neet/kiviaines.html> Viitattu 20.4.2023.

Betonitieto.fi 2021d. Lisäaineet. Suomen Betoniyhdistys RY. Päivitetty 5.9.2021. Verkkajulkaisu. <https://www.betonitieto.fi/oppiminen/opetuksen-tukimateriaali/betonin-valmistus/betonin-osa-ai-neet/lisaaineet.html> Viitattu. 21.4.2023.

Betonitieto.fi 2021e. Sementti. Suomen Betoniyhdistys RY. Päivitetty 16.10.2021. Verkkajulkaisu. <https://www.betonitieto.fi/oppiminen/opetuksen-tukimateriaali/betonin-valmistus/betonin-osa-ai-neet/sementti.html> Viitattu. 20.4.2023.

Betonitieto.fi 2021f. Seosaineet. Suomen Betoniyhdistys RY. Päivitetty 18.6.2021. Verkkajulkaisu. <https://www.betonitieto.fi/oppiminen/opetuksen-tukimateriaali/betonin-valmistus/betonin-osa-ai-neet/seosaineet.html> Viitattu. 20.4.2023.

Betonitieto.fi 2021g. Vesi. Suomen Betoniyhdistys RY. Päivitetty 9.10.2021. Verkkajulkaisu. <https://www.betonitieto.fi/oppiminen/opetuksen-tukimateriaali/betonin-valmistus/betonin-osa-ai-neet/vesi.html> Viitattu. 21.4.2023.

Betonitieto.fi 2021h. Betonirakenteiden kuivumisajan arviointi. Suomen Betoniyhdistys RY. Päivitetty 1.3.2021. Verkkajulkaisu. <https://www.betonitieto.fi/tyomaat/betonitoiden-johtaminen-talonrakentaminen/olosuhde-ja-kosteudenhallinta/betonirakenteiden-kuivumisaika-arviot.html> Viitattu. 23.4.2023.

BLY 9. Betoninen kelluva lattia, suunnittelu- ja työohje 2000. Helsinki: Suomen betoniyhdistys ry. ja Suomen betonilattiyhdistys ry.

Pitkänen, Pertti 2008. Maanvaraisten betonilattioiden käyristymisongelmat. Rakentajain kalenteri 2008. Helsinki: Rakennustietosäätiö RTS sr, 419 – 425. Viitattu 15.1.2024.

Ratu 0403 Betonointi. Menetelmä 2012. Helsinki: Rakennustieto Oy, Rakennustietosäätiö RTS. <https://rt.rakennustieto.fi/etusivu>. Viitattu. 6.6.2023.

Uusioaines 2018. Suunnitteluohje talonrakentamiseen. Pdf-tiedosto. [https://foamit.fi/wp-content/uploads/2020/04/foamit-suunnitteluohjeistus-talonrakentamiseen\\_lowres.pdf](https://foamit.fi/wp-content/uploads/2020/04/foamit-suunnitteluohjeistus-talonrakentamiseen_lowres.pdf). Viitattu 21.1.2024.