



**SAVONIA**

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# DELTAPALKIN KOSTEUDENHALLINTA

TEKIJÄ: Pyry Turunen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Pyy Turunen	
Työn nimi Deltapalkin kosteudenhallinta	
Päiväys	31.05.2017
Sivumäärä/Liitteet	23
Ohjaaja(t) Hannu Haaranen pt. tuntiopettaja, Arto Puurula pt. tuntiopettaja	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Lemminkäinen Talo Oy	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli perehtyä ja syventyä tilaajan Lemminkäinen Talo Oy:n pyynnöstä Deltapalkkien kosteudenhallintaan ja mahdollisiin haasteisiin. Tavoitteena oli selvittää palkkien käytöstä johtuvien kosteuskuormien mahdollisia syy-seuraus-suhteita, syiden poistamista ja mahdollisia ratkaisumalleja.</p> <p>Työssä tutkittiin Deltapalkkeja Lemminkäinen Talo Oy:n elinkaarihankkeeseen kuuluvalla työmaalla, jossa ne muodostavat osan rakennuksen väli- ja yläpohjarungosta. Palkkien täyttöbetonoimisesta johtuvan kosteuden uskotaan olevan osana rakennuksiin muodostuvista sisäilmaongista. Tämän vuoksi palkkien kosteudenhallintaan olisi hyvä tutustua tarkasti ennen niiden käyttöä kohteessa sekä ymmärtää niiden toiminnallisuus, jotta välttyttäisiin mahdollisilta ongelmilta. Palkkien käyttäminen on turvallista, kunhan muistetaan ottaa huomioon jo hankkeen suunnitteluvaiheessa niiden kuivumisaika, vaaditut täyttöbetonin vaatimukset sekä vallitsevat olosuhteet. Tilausvaiheessa palkit tulisi tilata mahdollisimman valmiina kaikkine lämpölankoineen, jotta työmaalla ei tarvitsisi tällaisia ongelmia selvittää.</p> <p>Opinnäytetyössä selvitettyjä asioita tullaan hyödyntämään tulevaisuudessa yrityksen muissakin kohteissa, joissa Deltapalkkeja käytetään.</p>	
Avainsanat Deltapalkki, Kosteus,	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Construction Management			
Author(s) Pyy Turunen			
Title of Thesis Humidity Control and Challenges in Deltabeam			
Date	31 May 2017	Pages/Appendices	23
Supervisor(s) Mr Hannu Haaranen, Lecturer, Mr Arto Puurula, Lecturer			
Client Organisation /Partners Lemminkäinen Talon Oy			
<p><b>Abstract</b></p> <p>The objective of the thesis was to familiarize with the humidity control of Deltabeam and its challenges. The thesis was commissioned by Lemminkäinen Talon Ltd. The aim was to find and understand crucial factors of humidity control in Deltabeam.</p> <p>The research material was gathered from Lemminkäinen Talon Ltd.'s Public-Private Partnership (PPP) project where Deltabeams were used as part of the roofs and intermediate floors. Deltabeam is a superior slim-floor joints system. Concrete that is used inside of Deltabeams has a high moisture content which dries very slowly. This thesis covered some problems of moisture inside the beams and tries to make the reader understand all variables which have an effect on the drying time of beams. Using beams is safe if all plans and schedules are made ahead of time taking into account the drying time of Deltabeam.</p> <p>The results of this thesis will be used as a way to inform workers and for the company itself to understand all variables which have an effect on the success of the project and drying times of beams.</p>			
<p><b>Keywords</b> Deltabeam, Humidity Control</p>			

## SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO .....	6
1.1	Tausta ja tavoitteet .....	6
1.2	Yritysten esittely .....	7
2	DELTAPALKKI .....	8
2.1	Deltapalkin rakenne ja käyttö .....	8
2.2	Keskipalkki, reunapalkki ja liikuntasaumamat .....	9
2.3	Asentaminen .....	11
2.4	Betonoiminen .....	11
2.5	Kosteusmittaukset.....	12
3	KOSTEUDENHALLINNALLISET RISKIT .....	15
3.1	Riskien arviointi .....	15
3.2	Realisoituneet riskit .....	16
3.3	Riskien hallinta.....	17
4	KOSTEUDENHALLINNALLISET TOIMENPITEET .....	18
4.1	Kosteudenhallinnan menetelmiä .....	18
4.2	Kustannukset.....	18
5	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	19
5.1	Deltapalkkien kosteusmittaukset.....	19
5.2	Ratkaisut vaihtoehto.....	19
6	YHTEENVETO JA POHDINTAA .....	20
6.1	Kosteuspuskuri .....	20
6.2	Kosteusmittaukset Deltapalkista .....	20
	LÄHTEET .....	22

## ALKUSANAT

Kiitos kaikille opinnäytetyön parissa työskennelleille henkilöille, työn tilaajalle sekä ohjaaville opettajille, jotka ovat auttaneet työnvalmistumisessa. Opinnäytetyöprosessi on ollut opettavainen ja kasvattanut ajattelemaan rakentaessa kohdattuihin ongelmiin kriittisesti, sekä etsimään vaihtoehtoisia ratkaisumalleja jopa jo korjattuihin ongelmiin. Deltapalkkien kosteushallintaan tulee panostamaan tulevaisuudessa vielä moni rakennusalan ammattilainen.

Opinnäytetyö on herättänyt ajatuksia ja kysymyksiä, joihin tulevaisuudessa toivottavasti tullaan etsimään yksiselitteisempiä ratkaisuja ja ratkaisumalleja. Kosteudenhallinta on monen muuttuvan tekijän summa, jonka hallitsemiseen paneudutaan vuosi vuodelta enemmän. Työssä ei tulla esittämään suoria oikeita ratkaisuja vaan enemmän pohtimaan tilannetta, riskejä ja mahdollisuuksia. Toivottavasti opinnäytetyö herättää lukijassaan ajatuksia ja kysymyksiä, joihin voidaan myöhemmin syventyä tarkemmin.

Kuopiossa 31.5.2017

Pyry Turunen

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön kohteena toimii Lemminkäisen elinkaarihanke Jynkän koulu. Kohteen rakentaminen on aloitettu tammikuussa 2016 ja se valmistuu kesäkuussa 2017. Jynkän Koulu on jatkoa Karttulan yhtenäiskoulun kanssa Lemminkäisen ja Kuopion kaupungin sopimaa elinkaarihankekokonaisuutta. Aikaisempi hankekokonaisuus kattaa vanhojen koulukiinteistöjen korjaamista sekä uusien rakentamista 25 vuoden käyttö-, huolto- ja ylläpitovastuulla. Jynkän alakoulun, Karttulan yhtenäiskoulun ja päiväkodin sekä koulujen yhteyteen rakennettavien kirjastojen on määrä valmistua syyskuussa 2018. Kokonaisarvoltaan hankkeet ovat noin 42 miljoonaa euroa. Nykyinen sopimus sisältää rakennusten suunnittelun ja toteutuksen. Lemminkäisen vastuu 20 vuoden palvelujaksolle on rakennuksien hoito, ylläpito, käyttäjäpalvelut sekä palvelusopimuksen aikaiset peruseräparannusinvestoinnit. (Lemminkäinen Oyj.)

Elinkaarikohteeseen muodostuva pitkä elinkaarivastuu toimii kannustimena rakentaa laadukkaasti ja ylläpitää tilat kunnossa. Tämän ajatuksen saattamana Lemminkäinen tilasi opinnäytetyön aiheesta Deltapalkkien kosteudenhallinnalliset toimenpiteet ja haasteet. Deltapalkkien umpinaisuus aiheuttaa täyttöbetonoinnista johtuvan kosteuden hitaan tasaantumisen ympäröiviin rakenteisiin. Liika rakennekosteus ei ole koskaan hyväksi ja rakenteiden kuivuminen tarkoittaakin rakenteessa olevan kosteuden tasaantumista ympäröivään ilmaan. Kuivuminen edellyttää tällöin myös ympäröivien olosuhteiden huomioimista lopullisten tulosten saavuttamiseksi.

Opinnäytetyön tarkoituksena on luoda kosteudehallinnan toimenpiteille pohja, jota Lemminkäinen pystyy jatkajalostamaan tuleviin rakennuskohteisiin. Kirjoitusjakson aikana konkreettisten mittauksien saaminen jää vähäiseksi ja näin ollen työn aikana saaduista työhön liittyvistä tuloksista ei pystytä luomaan kuin johtopäätelmiä ja pohdintaa.

### 1.1 Tausta ja tavoitteet

Opinnäytetyössä perehdytään Deltapalkkeihin ja niiden kosteusteknisiin haasteisiin ja mahdollisiin ongelmiin. Aiheen ajankohtaisuus vaikutti suuresti valintaan ja työn tekemiseen. Isoimman haasteen muodostaa Deltapalkin umpinaisuus ja sen täyttöbetonin korkeasta suhteellisesta kosteudesta, joka haihtuu hitaasti teräspalkin sisältä. Peikko Group on tuonut ongelmaan oman ratkaisumallinsa, jossa palkin sisälle asennetaan betonin kovetukseen suunniteltuja kaapeleita, joilla pyritään luomaan palkin sisälle ympäröiviä olosuhteita korkeampi lämpötila, jolloin kosteuden siirtymistä pyritään pakottamaan palkin sisältä ulospäin.

Tämä ratkaisumalli vaikuttaa toimivan muuten, mutta kosteuden siirtymisen vauhti ja sen kertyminen palkkien yläpuolisiin rakenteisiin tuntuu vielä olevan ratkaisematta. Opinnäytetyössä käsitellään yhtenä ratkaisuvaihtoehtona pintavalun kuivatusta eräänlaiseksi puskuriksi palkeista siirtyvälle kosteudelle, josta se pääsee sitten haihtumaan sallituissa määrin hengittävän lattiapinnoitteen läpi muodostamatta kosteusvaurion riskejä ja vaurioita pinnoitteeseen tai pinnoitteen yläpuolisiin rakenteisiin,

esineisiin tai huoneilmaan. Ongelmana on teorian oleminen vain hyväksi havaittua tietoa ja sen kirjallisen dokumentin ja lähteiden puuttumista. Ratkaisumallia kuitenkin sovelletaan yhtä aikaa muiden ratkaisujen kanssa, jolloin ainakin varmistetaan palkkien turvallinen kuivuminen.

## 1.2 Yritysten esittely

### Lemminkäinen Talo Oy

Lemminkäinen Talo Oy kuuluu Lemminkäinen Oyj konserniin, jonka liikevaihto vuonna 2015 oli 1,9 miljardia euroa. Lemminkäinen Oyj:n palveluksessa työskentelee keskimäärin 4 800 rakentamisen ammattilaista. Konsernin emoyhtiö osake on noteerattu NASDAQ Helsinki Oy:ssä. Lemminkäinen Oyj on noteerattu vuodesta 1989 Helsingin pörssissä. Lemminkäinen on kuitenkin perustettu jo vuonna 1910. (Lemminkäinen Oyj.)

### Peikko Finland

Peikko Finland yritysperhe on toiminut vuodesta 1965 lähtien ja vastaa Peikko Group:n liiketoiminnasta Suomessa. Yritys on erikoistunut betonirakenteiden liitososiin ja liittorakenteisiin. Peikko Group:lla on myyntitoimistoja yli 30 maassa. Peikko Group toimii Aasiassa, Euroopassa, Pohjois-Amerikassa ja Lähi-idässä. (Peikko Group Oy.)

Peikko tarjoaa asiakkailleen innovatiivisia ratkaisuja, joilla pyritään helpottamaan ja nopeuttamaan rakennusprosessia tehden siitä myös turvallista. Peikko sijoittaa tutkimukseen ja kehitykseen alallaan. Pääkonttori ja tehtaat sijaitsevat lahdessa. Tuotteita valmistetaan myös Liettuan, Kiinan, Saksan ja Slovakian tuotantoyksiköissä. Pienempiä tehtaita löytyy USA:ssa, Iso-Britanniassa, Saudi-Arabiassa, Yhdistyneissä Arabiemiirikunnissa ja Venäjällä. (Peikko Group Oy.)

## 2 DELTAPALKKI

Deltapalkki on Peikko Group:n valmistama ja suunnittelema matalien välipohjien rakentamiseen tarkoitettu liittopalkki. Liittovaikutuksella teräksen ja betonin välillä mahdollistetaan jännevälien kasvatamista, jolloin saavutetaan muuntojoustavuutta rakennuksien ja tilojen suunnittelussa. Palkkeja on käytetty 1989 vuodesta lähtien ja niiden ominaisuuksia on varmistettu erilaisilla testauksilla. (Peikko Group – Tarina peikosta.)

Matalan profiilin ansiosta tekniset asennukset helpottuvat ja rakennetasojen paksuudet saadaan pidettyä ohuena. Deltapalkit muodostavat näin ollen osan välipohjarakenteista ja se integroidaan lattiarakenteeseen. Palkit valmistusmateriaalina on teräs ja se käyttäytyy teräkselle ominaisesti, kunnes sisälle tuleva täyttöbetoni on kovettunut vaadittuun lujuuteen. (Peikko Group – Tarina peikosta.)

### 2.1 Deltapalkin rakenne ja käyttö

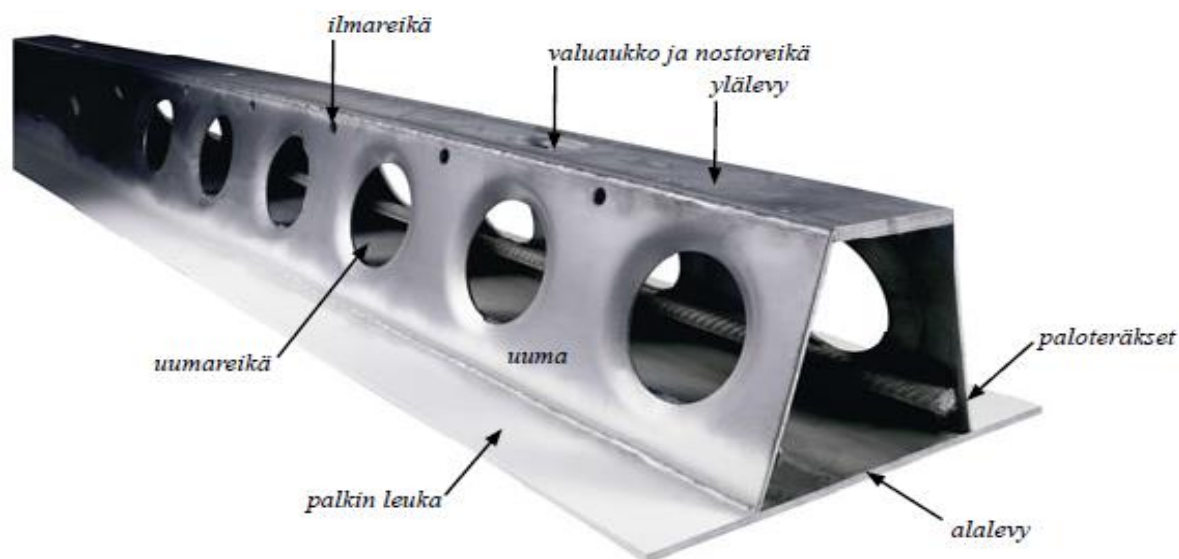
Deltapalkkeja on saatavilla keskipalkkina ja reunapalkkina. Deltapalkkien kiinnitykset tapahtuvat, joko Peikon valmistamilla sekä suunnittelemissa PCs-konsoleilla, rakenteen päällä olevilla pulteilla tai hitsaamalla. PCs-konsoli on suunniteltu erityisesti Deltapalkkien kiinnittämistä varten. Se on modulaarinen piilokonsolijärjestelmä, joka raudoitetaan ja valetaan esimerkiksi elementtipilariin kiinni jo tuotantovaiheessa. Pulttiryhmiä voidaan asentaa työmaalla paikalla valettaviin osioihin, jolloin tulee tarkastaa raudoituksien riittävät vaatimukset ja noudattaa suunnittelijoiden antamia ohjeita tarkasti. (Tekninen käyttöohje.)

Deltapalkkeihin on mahdollista saada tehtaalla asennettuja lämmityskaapeleita, joilla voidaan tehostaa täyttöbetonoinnista jäävän kosteuden poistumista. Lämpölankojen on tarkoitus tuottaa eräänlainen ylipainetila, jolla tehostetaan kosteuden poistumista Deltapalkkien uuma-aukoista. Valuaukkojen sekä nostoreikien huomioiminen kuivumisessa voidaan jättää huomioimatta niin pitkään, kun aukot sijaitsevat vain palkkien päissä. (Tekninen käyttöohje.)

Palkkien sisälle sijoitettavat lämpölangat voidaan asentaa myös tapauskohtaisesti työmaalla. Tällöin tulee huolehtia siitä, että langat ovat riittävän kaukana toisistaan eivätkä ne pysty palamaan puhki. On myös tärkeää testata lankojen toimivuus ja eheys palkkien asennuksen jälkeen ennen valuja, koska rauditusvaiheessa ne voivat vääntyä tai jopa katketa. Jos langat asennetaan työmaalla jälkikäteen, tulee noudattaa lämpölanka valmistajan antamia asennusohjeita, sekä kysyä lisätietoa palkkien suunnittelijalta ja valmistajalta.



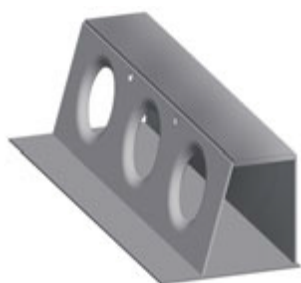
## 2.2 Keskipalkki, reunapalkki ja liikuntasaumamat



Kuva 1. Deltapalkin osat.

Keskipalkki on Peikko Group:n suunnittelema ja valmistava deltapalkki tyyppi, joka molemmille leuoille voidaan asentaa laatat. Kuvasta 1. (Deltapalkin osat.) nähdään, että palkkien sisälle on asennettu paloteräksset, jotta se ei menetä ominaisuuksiaan katastrofi- tai palotilanteissa. Uunareikien läpi asennetaan palkkien ja laataston rengasraudoitteet. Raudoitukset ankkuroidaan palkin molemmille puolin ontelolaatastojen saumoihin. Raudoitteiden tarkoitus on siirtää laataston kuormat deltapalkeille ja niiltä pilareille tai muille kantaville rakenteille.

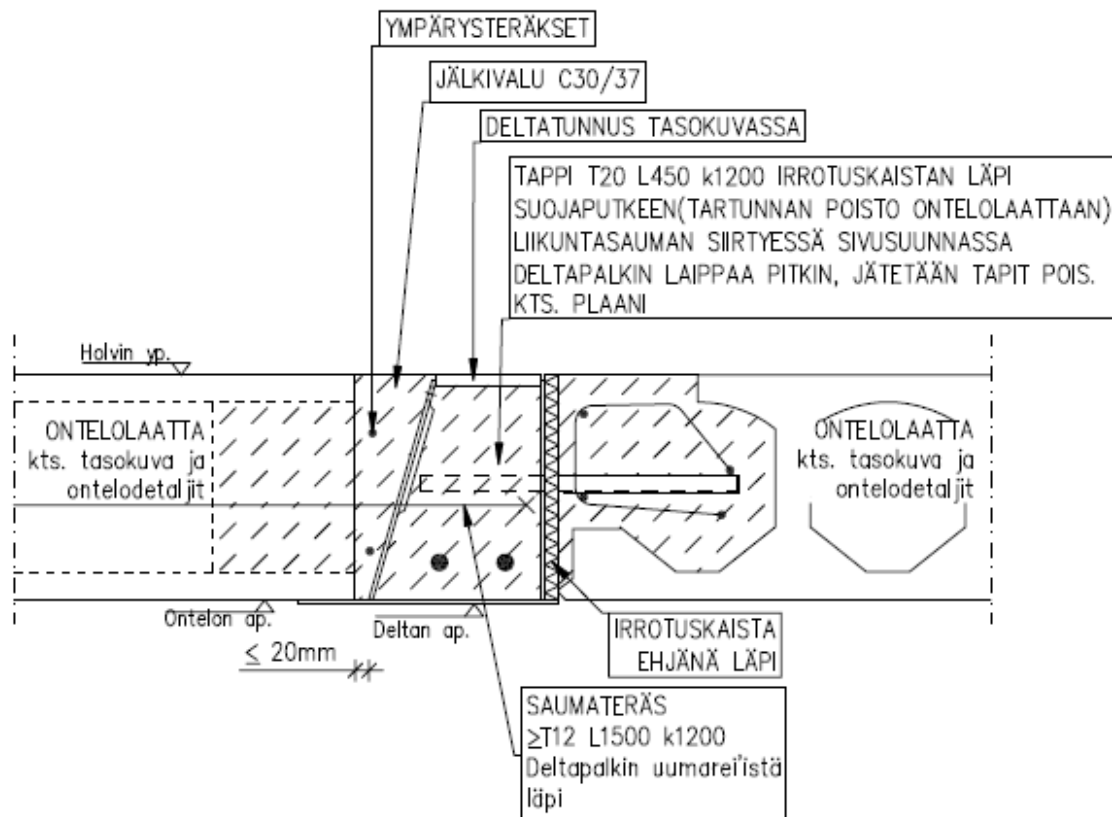
Palkin yläreunassa sijaitsevista ilmareikästä on tarkoitus poistua betonoinnin yhteydestä ilma ilmatasujen välttämiseksi. Palkit asennetaan kiinnittämällä nostokiinnikkeet palkin päissä sijaitseviin nostoreikiin. Palkkia tulisi nostaa vain ja ainoastaan siihen suunnitelluista paikoista. Palkit pohjamaalataan tai kuumasinkitään palkkien suojaamiseksi toimituksen ja asennuksen ajaksi. Alaosa on maalattu ruostesuojatulla pohjamaalilla vähintään 40 µm paksuudella. Työmaa vastaa palkin alapuolisten ja näkyvien osien maalauksesta loppukädessä.



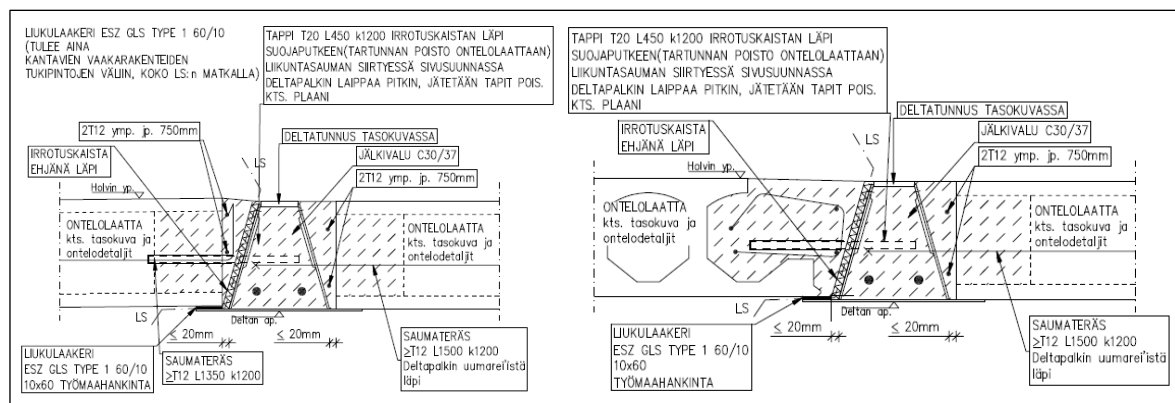
Kuva 2. Reunapalkki.

Reunapalkki eroaa keskipalkista siten, ettei siinä ole kuin toisella puolella leuka, jonka päälle laatat asennetaan, kuten kuvassa 2. Reunapalkki näkyy. Reunapalkkia käytetään laatastojen reunoissa tai tiloissa, joissa tarvitaan kapeampaa palkkia, myös joissakin tapauksissa laatastoihin tehtävien aukkojen vuoksi. Reunapalkin umpinaiselle puolelle on joissain tapauksissa suunniteltu liikuntasaumojia ja

rautoja, jotka asennetaan tehtaalla valmistajan toimesta suunnitelmien mukaisesti. (Kuva 3. LSDET3.) Tällöin työmaalla asennetaan mahdolliset laakerointi putket sekä irroitustaista. (Tekninen käyttöohje.)



Kuva 3. LSDET3.



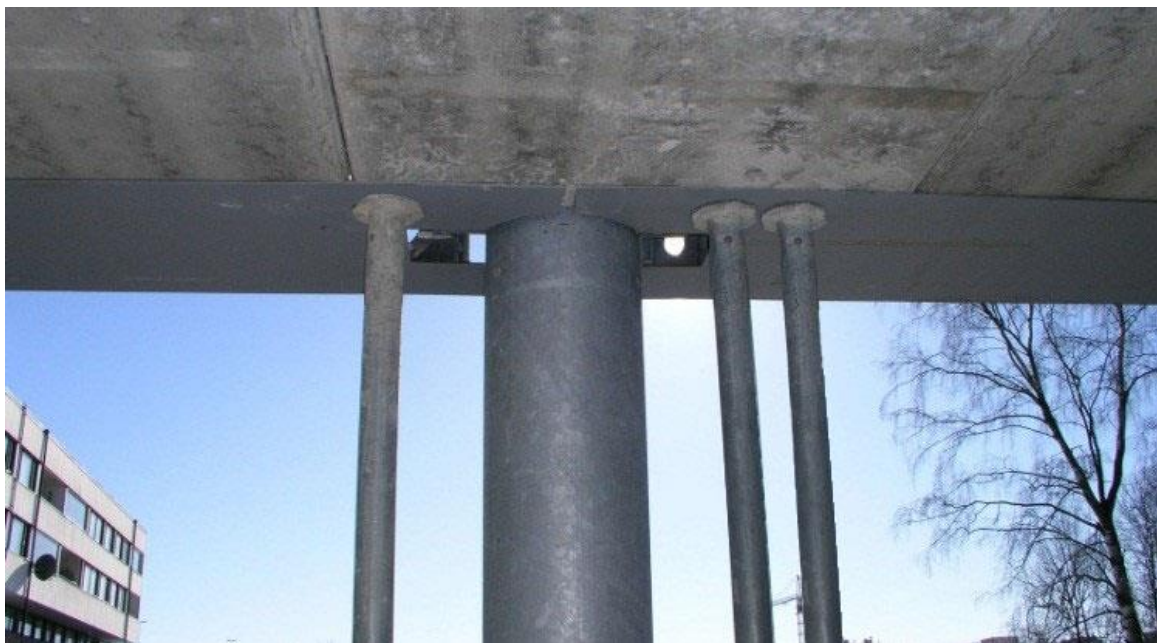
Kuva 4. LSDET4.

Liikuntasauamat voidaan muodostaa myös Delta-palkin laipansuuntaisesti. (Kuva 4. LSDET4.) Tällöin joudutaan jättämään tapit pois, jotta sivuttaissiirtyminen on mahdollista. Liikuntasauaman liukulaakerit tulee asentaa ontelolaattoja ennen Deltapalkin leuanpäälle. Myös niiden paikallaan pysyminen tulisi varmistaa ennen betonointivaihetta, jos ontelolaattojen päät eivät ole katkaisku kohtisuoraan laatta. Ontelolaatat ovat hieman kaarevia pituus ja leveys suunnassa, johtuen niiden esijännityksestä. Mikäli laatan pää on katkaistu suunnitelmien mukaisesti vinoksi, tulee huomioida laatan koron muutos sen pohjamuodon muuttuessa tuelta. Tällöin laakereiden pysyvyys on varmistettava, koska valuvaiheessa palkkia vibrattaessa betonimassa pyrkii herkästi työntämään laakerointia pois paikoiltaan.

## 2.3 Asentaminen

Ennen Deltapalkkien asennusta tulee tarkastaa tartunnat ja mahdolliset liikuntasaumamat. Deltapalkkien alle on asennettava tarvittaessa suunnitelmien mukaiset liikuntalaakerit. Asentaessa palkit tuetaan vain ja ainoastaan sen nostamiseen suunnitelluista nostoreiäistä. Palkit eivät välttämättä ole symmetrisiä, joten asennussuunta ja korko tulee varmistaa ennen asentamista.

Palkkien asentamisen jälkeen ennen ontelolaattojen asentamista tulee palkkien alle asentaa lisätuenta, joiden tehtävänä on estää palkkeja kiertymästä tuelta. (Kuva 5. Deltapalkin tuenta.) Lisätuet on tuettava aina kolmijaloin, jotteivät ne pääse kaatumaan. Palkin päälle asennettavat ontelolaatat asennetaan yleisesti järjestyksessä, jolloin palkin korko saattaa muuttua hetkellisesti ja lisätuet päästä löystymään, kunnes palkit ovat kuormitettu tasaisesti. Palkkien tuenta poistetaan vasta valun jälkeen täyttöbetonoinnin ja saumavalujen kovettuttua vaadittuun lujuuteen.



Kuva 5. Deltapalkin tuenta.

## 2.4 Betonoiminen

Palkkien betonoiminen tapahtuu korkean lujuusluokan betoneilla, koska betonin vesi–sementti-suhde (V/S) tulisi saada alhaiseksi. Tällöin palkin sisällä olevaan betoniin ei jäisi ylimääräistä kosteutta vaan kaikki vesi kuluisi sementin hydratraatioreaktiossa. Kohteessa palkit valettiin C32/40 K40 XC1 S3 #16mm betonilla, jonka V/S suhde oli 0,49 - 0,53. Merkintä C32/40 vastaa vanhaa merkintää K40. Tästä C tarkoittaa valitun betonin kartion mallisen kappaleen puristuslujuutta, kun merkintä K tarkoittaa kuution puristuslujuutta. Yksikkönä toimii MPa.

Ontelolaatojen saumavalut valettiin samalla C32/40 lujuusluokan betonilla, jossa raekoko oli 8 millimetriä ja notkeusluokka S4. Palkin täyttöbetonia valittaessa tulee huomioida palkin sisällä olevien raudoituksen ja paloteräksien etäisyys palkin teräspinnasta, jotta varmistetaan betonin jakautuminen tasaisesti palkin sisälle.

Peikko on antanut ohjeistukseksi valaa palkit vähintään K40 lujuusluokan betonilla, jossa raekoko 8-16 mm. Tällöin varmistetaan palkkien sisällä olevan betonin alhainen vesi-sementtisuhte ja täytyminen sekä kiviaineksen tasainen jakautuminen palkin sisällä, jolloin betoni vastaa sille asetettuja vaatimuksia. Valaminen tapahtuu valuttamalla betonia palkin nostorei'istä sisään ja täryttämällä tärysauvalla betonia palkin uumarei'istä palkin kyljestä. Täryttämistä kutsutaan vibraamiseksi, jolla varmistetaan kiviaineksen tasainen jakautuminen ja ylimääräisen ilman poistumista betonimassasta. Palkkia tulee täyttää betonimassalla niin pitkään, että jo vibratun betonimassan yläpinta on palkin yläreunan tasalla ja betonia on valunut palkin yläreunassa olevista ilmarei'istä. Tällöin varmistetaan palkin täytyminen kokonaan. Mikäli palkkia ei valeta täyteen, ei myöskään liittopalkki ominaisuuksia saavuteta. (Kuva 6. Deltapalkin betonoiminen.)

Palkkien valamista myös itsetiivistyvällä betonimassalla, eli IT-betonilla tulisi myös harkita, jolloin palkkien täytyminen voidaan varmistaa. Tällöin ontelosaumat, joudutaan valamaan etukäteen tai ne joudutaan tukkimaan, jotta IT-betoni ei valu palkista niihin, jolloin laajojen valualueiden valaminen kerralla olisi hidasta. IT-betonilla valamisessa on omat haasteensa, koska betonimassa on niin juoksevaa, että se tulee pienistäkin rei'istä ulos. Tällöin palkkien ja pilarien alapuoliset alueet tulee muokata täysin tiiviiksi. Lisäksi ontelosaumojen pienet välit voivat vuotaa massaa ja niiden tukkiminen olisi varmistettava tarkasti ennen valuja.

Ilmataskut heikentävät palkin ominaisuuksia ja voi aiheuttaa vesipesiä, jotka mahdollistavat korrosioauriot teräksiselle palkille. Ilmataskuihin kertyy voi kertyä myös vettä rakennuksen ollessa vielä auki, eikä pelkästään valuvaiheessa. Jo vähäinenkin vesimäärä ilmataskuissa hidastaa palkkien kuivumista merkittävästi. Ilmataskujen havaitseminen ja korjaaminen on myös erittäin haastavaa jälkikäteen. Mahdollisten ilmataskujen korjaamisesta tulisi olla yhteydessä palkkien valmistajaan ja kysyä heiltä lisäohjeistusta tapauskohtaisesti.



Kuva 6. Deltapalkin betonoiminen.

## 2.5 Kosteusmittaukset

Opinnäytetyössä haluttiin mitata betoni suhteellista kosteutta Deltapalkkien sisältä, jolloin voitaisiin muodostaa aikatauluarvio palkin sisällä olevan betonin kuivumisesta. Kosteusmittauksien tekeminen aikataulujen korjaamista varten on erittäin tärkeää, koska tuloksista nähtäisiin todelliset kuivumisaajat.

Palkkien kosteusmittauksia pyrittiin toteuttamaan Wiiste Oy:n valmistamilla antureilla. Wiisteen valikoimiin kuuluu lukulaite, joka kulkee nimellä SolidRH RD1. Wiiste valmistaa tuotantoon neljää erilaista anturia, SolidRH SH1, SolidRH SH3, SolidRH SH4 sekä SHR. SolidRH RD1 on suunniteltu mittaamaan tulokset langattomasti anturista. Lukulaite lukee anturin tulokset 0 - 40 mm:n etäisyydeltä anturin päässä olevasta lukupäästä. Lukulaite mittaa myös laitteen ympärillä olevien olosuhteiden lämpötilan ja kosteuden aina kun anturista otetaan mittaustuloksia. (SolidRH™ -kosteuden hallintajärjestelmä.)

Mittaustilanteessa vaikuttaa oleellisesti mittaustilanteen ympäröivien olosuhteiden kosteus ja lämpötila. Tämän vuoksi mittaukset tulee suorittaa  $+20^{\circ}\text{C}$  –  $+25^{\circ}\text{C}$  välillä, jotta tulokset olisivat verrannollisia ja hyödynnettävissä oletettuun betonin kuivamiseen. Mittauksiin ja tuotteisiin tutustumista varten Wiiste on tehnyt RT 38796 -kortin, joka on saatavilla RT Net:stä. (SolidRH™ - kosteuden hallintajärjestelmä.)

SH1 Anturi on kosteus- ja lämpötila-anturi, joka asennetaan kiinteästi betoniin valun aikana. Tällaisia antureita käytettiin Jynkän Koulun kohteessa vain liikuntasalin maanvaraisen laatan kosteusseurantaan. SH1 anturia on saatavilla valinnaisilla pituuksilla, jotta mittaussyvytydet ovat RT-kortin ohjeen mukaiset. SH3 anturia käytetään käytönaikaisen kosteusseurantaan. SH3 voidaan asentaa pinnoitteen alle porattuun reikään tai höyrinsulkumuovin alle liimaamalla.

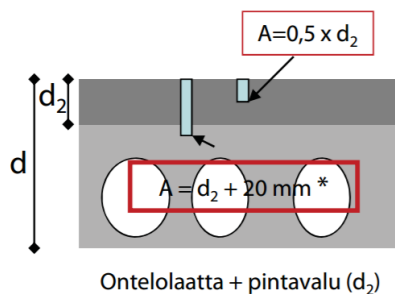
SH4 anturi on kosteus ja lämpötila-anturi, joka asennetaan kiinteästi rakenteisiin. Sillä saadaan mitattu rakenteen suhteellista kosteutta halutusta syvyydestä. Anturista valmistetaan myös Wiisteen toimesta SH4 Custom versiota, jota lähtökohtaisesti käytetään syviin ja suoriin mittaustilanteisiin. SH4 anturia pyrittiin käyttämään delpalkkien kosteusmittauksiin, mutta olosuhteet mittauksien aikana muodostivat haasteita.

Anturit todettiin Wiisteen toimesta epästabiileiksi rakenteen suhteellisen kosteuden noustessa korkeaksi. Wiiste oy ilmoitti, että anturien lukupään altistuessa korkeille kosteuspitoisuuksille mitattu tulos alkaa kiipeämään itseksensä kohti RH 100 %, josta johtuen anturit jouduttaisiin kalibroimaan uudelleen jonkin ajan kuluttua asennuksesta tarkkojen ja realististen tuloksien saamiseksi. Anturien kalibroiminen tapahtuu puolestaan laboratorio-olosuhteissa Tampereella, jossa anturien lukemat suhteutetaan uudelleen mitattuun kosteuteen.

Delpalkkien mittauksia kokeiltiin toteuttaa SH4 antureilla. Muutama palkkiin asennettiin valuvaiheessa 20 mm halkaisijaltaan oleva sähköputki, joka upotettiin 320 mm syvään palkkiin 160 mm:n verran. Tällöin mittauspiste oli haluttu 160 mm palkin pohjasta ja 240 mm palkin yläpuolisen pinta-valun pinnasta alaspäin. Tulokset todettiin olevan tyhjiä, koska mittaolosuhteet palkin sisällä johtuen lämpölangoista ylittivät RT ohjeen reilusti. Palkin sisällä todettiin lämpötilan olevan  $+38^{\circ}\text{C}$  ja kosteuden olevan yli RH 90 % ja tuloksen kiiveten seuraavan kolmen päivän jälkeen yli RH 95 %.

Mittaputket jouduttiin katkaisemaan ja sulkemaan alkavien työvaiheiden vuoksi myöhemmässä vaiheessa rakennusurakkaa. Loput mittaukset koepala menetelmällä toteutettiin RT 14 - 10984 ohjeen

mukaisesti pintavalun ollessa 80 mm. Kosteusmittauksiin valittiin epäedullisimpia paikkoja kuivumisen suhteen, jotta varmistetaan rakenteen kosteuden määrä suurimmillaan. Tällaisia paikkoja olivat Deltapalkkien linjat, joissa kosteus pääsee haihtumaan vain ylöspäin palkkien ja ontelolaataston liitovelun kohdalta. Mittauksien maksimi syvyytenä käytettiin RT -kortin määrittämää maksimisyvyyttä 70 millimetriä. (Kuva 7. Betonin suhteellisen kosteudemittaus.) (Betonin suhteellisen kosteudenmittaus.)



Kuva 7. Betonin suhteellisen kosteudemittaus.

### 3 KOSTEUDENHALLINNALLISET RISKIT

Deltapalkkeihin liittyviä riskitekijöitä on palkin sisällä olevan betonimassan sisältämä veden määrä, kovettuneen betonin sisältämä kosteus ja sen hidas haihtuminen. Palkkien umpinaisuus, sekä ontelolaattojen tiiviys hidastavat kuivamista merkittävästi. Riskinä on palkissa olevan kosteuden siirtyminen palkin yläpuolisiin rakenteisiin aiheuttaen kosteusvaurioita, jotka ilmenevät esimerkiksi pinnoitteen huonolla kulutuskestävyydellä sekä sen irtoamisella alustastaan.

Myöhemmässä vaiheessa välipohjan päälle valettavan pintavalu hidastaa kuivamista ja on mahdollista, jopa kosteuden siirtyminen pintavalusta palkkiin. Pintavalun päälle asennettavan lattiapinnoitteen tulee olla hengittävää, koska palkista nousevan kosteus tiivistyy muulloin pintavalun pinnan ja pinnoitteen alapinnan väliin. Tällöin pinnoitteen kestävyys kärsii, koska sen kiinnitys eli liimaus ei tule kestäväksi kosteissa olosuhteissa. Pinnoitteen alapuolelle kertyvä kosteus on riski, jos se pääsee siirtymään pinnoitteen yläpuolisiin rakenteisiin.

Palkit alkavat todellisuudessa kuivua vasta kun rakennuksen vaippa eli ulkoseinät ja vesikatto saadaan valmiiksi, jolloin rakenteisiin ei pääse enää kulkeutumaan kosteutta ulkopuolelta. Suomessa rakentaminen tapahtuu usein kesällä, jolloin ulkopuolisiin olosuhteisiin, sateeseen ja kosteuteen vaikuttaminen on todella haastavaa. Tällöin pyritään rakentamaan rakennuksen runkovaihe niin valmiiksi, ettei kosteutta pääsisi rakenteiden sisälle, enää huonojen kelien alkaessa.

Vaikutukset aikatauluun on otettava huomioon jo suunnitteluvaiheessa, jolloin valitaan materiaaleja ja menetelmiä kohteessa. Todettu onkin, että perinteiset muovimattopäällysteet voidaan unohtaa ja tilalle voidaan valita vain hengittäviä pinnoitusmateriaaleja. Hengittävien pinnoitteiden vesihöyryn läpäisevyys on huomattavasti perinteisiä muovimatto pinnoitteita parempia.

#### 3.1 Riskien arviointi

Deltapalkkien riskien arviointiin kuuluu aikataulun ennakkosuunnittelu kuivumisen kannalta sekä, mahdolliset haasteet ja viivästykset valuissa. Valu-ajankohta vaikuttaa aikataulussa pysymiseen. Valujen viivästyminen hidastaa rakentamisen jatkumista seuraaviin kerroksiin, koska palkit usein sijaitsevat nimensä mukaisesti välipohjissa. Seuraavia rakenteita ei näin voida alkaa rakentaa ennen kuin kerroksen valut on saatu tehtyä ja rakenteille vaaditut lujuudet on saavutettu.

Ulkopuolisen veden ja kosteuden sitoutumista tulee arvioida kohteessa rakentamisen aikana. Tämä tapahtuu silmämääräisesti ja ilman kosteutta seuraamalla. Koska rakennusta ei rakenneta jatkuvan sääsuojauksen alla tulee huomioida, ettei ylimääräistä vettä jää ontelolaatojen onteloiden sisälle.

Rakennuksen vaipan valmistuessa kohteessa oltiin kosteissa olosuhteissa johtuen vuodenaikasta. Ilmankosteuden ollessa suuri tulee huomioida kosteuden poistaminen rakennuksen sisällä olevasta

ilmasta, jotta rakenteissa oleva kosteus pääsee haihtumaan. Tähän käyttöön on suunniteltu ilman-kuivaimia, joita tulee hankkia riittävä määrä rakennuksen pinta-alan ollessa laaja, koska kuivaaminen ei onnistu lähtökohtaisesti yhdellä tai kahdella kuivaimella.

### 3.2 Realisoituneet riskit

Ontelolaattojen ja deltapalkkien juotosvalujen jälkeen seuraavaa kerrosta rakentaessa havaittiin kosteuden kertyvän herkästi alempien ontelolaattakentästöjen matalimpiin kohtiin, jotka olivat joissain määrin deltapalkkien kohdalla johtuen ontelolaattojen esijännityksestä ja kaarevuudesta. Tämän veden ja kosteuden todettiin haituvan riittävässä määrin ennen kuin rakennuksen ulkokuoret oli suljettu. Vettä poistettiin myös vesi-imureita käyttäen, sekä lastaamalla ylimääräiset vedet pois.

Tällainen kosteuden kertyminen rakennuksen runkovaiheessa on normaalia, eikä se muodostanut rakentamiselle haasteita tai viivästyksiä. Rakentamisessa on hyväksyttävä kosteuden osa-aikainen kertyminen rakenteiden pinnoille ja rakenteisiin, ja ne on huomioitu aikataulussa suunnitteluvaiheessa niin, että rakenteiden kuivamisaika lasketaan vasta rakennuksen vaipan, ulkokuoren ollessa valmis, jolloin kuivumista edellyttävät olosuhteet on saavutettu täysin.

Myöhempien rakennusvaiheiden riskeiksi muodostui seuraavien työvaiheiden vedentarpeen vuoksi muun muassa tilapäisien käyttövesilinjojen rakentaminen vesiletkuilla ja kynsiliittimillä. Kynsiliittimet eivät ole niin tiiviitä ja varmoja, etteivät ne päästä vettä väärään paikkaan liitoksien välissä. Lisäksi tuli kiinnittää huomioita veden käytön järkevyyteen, jolloin vesihanojen huolimaton käyttö aiheutti ylimääräistä kosteutta ja kosteuden poistamista eripuolilla rakennusta.

Rakennusvaiheen edetessä kohti kylmiä kelejä ja vaipan umpeutumista, työmaalle hankittiin sen laajuuden vuoksi useita vesikiertoisia lämmittimiä sekä ilmankuivaimia, joilla tuotettiin rakenteiden kuivamiseen edeltävät olosuhteet. Huonolla onnella oli myös osansa, koska lämmittimien letkujen hajotessa, jouduttiin uusien kosteuskuormien kuivattamiseen ja lisäkuivauksiin, jotta saavutettiin kuivumista edesauttavat olosuhteet.

Deltapalkkien lämmityskaapeleiden sähkön tarpeen realisointi muodostui haasteeksi, koska palkkeja oli neljällä loholla yhdessä tai kahdessa kerroksessa riippuen lohokosta. Kaapeleiden vetäminen ja yhdistäminen palkeista keskuksiin vei kohtuuttoman paljon aikaa ja lämmityskaapeleiden koskemattomuus huomioteippauksista ja "älä irrota" varoituksista huolimatta oli jatkuvan korjauksen alaisena. Kokonaissähkön tarpeen vuoksi deltapalkkien lämmittämistä ja kuivattamista ei voitu toteuttaa siinä mittakaavassa kuin oli suunniteltu. Palkkien lämmittäminen olisi tullut huomioida aikaisemmassa vaiheessa, kun työmaan työaikaista sähköverkkoa suunniteltiin ja rakennettiin. Keskuksien pistotulppa määrät eivät riittäneet ja kaapeleiden yhdistäminen ja vetäminen tuotti paljon ylimääräistä työtä.



### 3.3 Riskien hallinta

Riskinä on todettu näin olevan kosteus palkkien sisällä, jolloin kaikki ylimääräinen kosteus on hidaste kuivumiselle. Riskejä pyritään hallitsemaan suunnittelulla ja aikataulutuksella, sekä oikeaoppisilla työtavoilla. Riskien hallintaan kuuluu myös palkkien sisällä olevien lämmityskaapeleiden toimivuus ja niiden sähkökuorman ylläpitäminen.

Riskien hallintaa voidaan parantaa tulevaisuudessa huomioimalla palkkien kuivamiseen liittyvät tekijät paremmin ja aikaisemmassa vaiheessa urakkaa. Kuivatuskaapeloinnille löytyy varmasti muitakin toteutusmalleja, kuin kovetuskaapeli ja pistotulppa per palkki, jolloin ylimääräisen piuhan vetäminen ei tuottaisi niin isoa rasitetta. Mahdollinen kovetuskaapelien sarjaan vetäminen pitkien palkkilinjojen kohdalla tulisi tehdä mahdolliseksi, jolloin pistokkeiden määräkin vähentyisi huomattavasti.

## 4 KOSTEUDENHALLINNALLISET TOIMENPITEET

Kosteudenhallinnallisiin toimenpiteisiin sisältyy erilaisia menetelmiä ja toimenpiteitä, joilla pyritään hallitsemaan kosteuden muodostumista ja varastoitumista rakenteisiin. Tällaisien asioiden pohdinta ennen työmaan aloittamista antaa tukevan pohjan projektille, jolloin voidaan lähtökohtaisesti olettaa ongelmien olevan vähäisiä ja jo ennalta ratkaistuja. Kosteudenhallinnalliset toimenpiteet kuuluvat osaksi kosteudenhallinnan prosessia, joka on tilaajan, rakennuttajan, toteuttajan, suunnittelijan, materiaalityöntekijän ja käyttäjän yhteistyötä.

### 4.1 Kosteudenhallinnan menetelmiä

Kohteen suunnitteluvaiheessa materiaaleja ja menetelmiä valittaessa tulee ottaa huomioon palkkien käyttämisestä johtuvat vaikutukset projektiin ja sen aikatauluun. Kuivumisaikaa joudutaan kasvattamaan, jolloin projektin kokonaiskesto voi kasvaa. Laajan rakennuskohteen valmistuminen on yleisesti pienitty lohkoiksi, jotka valmistuvat vuorollaan, rinnakkain, limitetysti tai täysin erillään. Lohkojaon perusta luo pohjaa rakennuksen aikataululle ja loppuun saattamiselle.

Kuivumisaikaan voidaan vaikuttaa osastoimalla rakennuksen lohkojakoja osastoiksi, jolloin lämmitystä ja kuivumista voidaan tehostaa aluekerrallaan tehokkaasti. Rakennuksen vaipan ollessa suljettu olosuhteisiin vaikuttaminen onnistuu tehokkaammin. Pienempien osastojen lämpötilaan ja kosteuteen vaikuttaminen on helpompaa, kontrolloidumpaa sekä nopeampaa kuin koko rakennuksen yhtäaikaan lämmitykseen ja kuivatukseen. Varsinkin tapauksissa, joissa rakennuksen eri lohkot valmistuvat eri aikaan.

Olosuhteet jotka vaikuttavat palkkien kuivamiseen tapahtuvat niin välipohjapalkkien ylä- kuin alapuolella. Kuivumisen tehostamiseksi olisinkin tärkeää saada palkkien ympäröivät olosuhteet samantyyppisiksi. Tästä muodostuu haasteita, koska rakennuksen eri rakennusvaiheet vaativat erilaisia lämpötiloja töiden edistymiseksi. Maalaus ja pinnoitustöitä tehtäessä lämpötilat yleisesti nostetaan hieman yleistä huonelämpöä korkeammaksi, jotta pinnat olisivat nopeammin kulutusta kestävä. Lämpötilan ollessa korkeampi kuin +25 °C kosteusmittauksien tuloksien luotettavuudella ei ole perustaa. Kosteusmittaukset tulisi toteuttaa lämpötilan ollessa +20 °C - +25 °C väliltä. Kosteudenhallinnallisia toimenpiteitä ja menetelmiä ovat rakenteiden kuivumiseen edellyttävät olosuhteet, lämpötila ja ilman kosteus.

### 4.2 Kustannukset

Kosteudenhallinnallisten toimenpiteiden kustannuksien mittaaminen ja arviointi on haastavaa ja monimutkaista. Deltapalkkien lämmittämiseen kuluvan sähkön määrän voi arvioida lankojen tehojen laskemalla yhteen kertomalla sen lämmitystunneilla, mutta lämmittimien määrien vaihtelevuus alueittain ja yksittäisten palkkien kuivatukseen liittyviä kuluja ei pystynyt laskemaan riittävässä tarkkuudessa, jotta niitä voisi esitellä opinnäytetyössä. Mikäli palkkien kuivumiseen ei vaikuttaisi muu kuin yksittäinen kaapelointi, olisi tuloksien esittäminen yksinkertaista ja helppoa. Palkkien kuivuminen on kuitenkin niin monen asian summa, että tähän voitaisiin perehtyä paremmin.

## 5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyösä on saatu kasaan yleisiä ja jo ennalta tiedettyjä asioita, jotka kaikkien Deltapalkkeja käyttävien rakennuttajien ja rakentajien olisi hyvä tietää. Palkkien käyttäminen on kuitenkin turvallista paljon puhuttujen kosteusvaurioiden ja niiden mahdollisuuksienkin varjollakin. Lämpölankojen asentaminen ei poista ongelmaa täysin, mutta jo pelkkä täyttöbetonin laadun vaihtaminen korkeanlujuusluokan betoniin, antaa palkille edellytykset kuivaa. Aikaisempien kosteusongelmien voidaan uskoa johtuneen täyttöbetonin sisältämästä suuresta vesimäärästä, mutta nykyisen korkeanlujuusluokan betonin sisältämä vesimäärä kuluu lähes kokonaan betonin hydrataatio reaktiossa, jossa vesi ja sementtipasta kovettuu kiviainekseen.

### 5.1 Deltapalkkien kosteusmittaukset

Rakennusurakan suunnitteluvaiheessa voitaisiin huomioida Deltapalkkeihin liittyviä kosteusmittauksia, eikä vain todeta, jonkun mittaavan palkeista tulevaa kosteutta, kun on sen aika. Palkkien kosteusmittauspaikkoja voidaan suunnitella ennakkoon ja väliseinien sisälle on mahdollista rakentaa antureiden asentamista varten tilavarauksia, joista kosteusmittaukset voidaan toteuttaa myöhemmässä vaiheessa rakentamista. Tällöin tuloksien saaminen ja kehittyminen olisi pitkäjänteisempää, eikä painottuisi vain aikaan, jolloin ne on mahdollista tehdä häiritsemättä muita työvaiheita.

Palkkien kosteuden seuraaminen tulisi toteuttaa parempien suunnitelmien pohjalta yhteisymmärryksessä kaikkien kanssa, jotta tulokset olisivat hyödynnettävissä ja niistä voitaisiin saada tietoa myös myöhempiin rakennuskohteisiin. Kosteusmittauksien olosuhteiden huomioiminen tulisi myös olla kaikkien tiedossa, jotta saaduilla tuloksilla olisi painoarvoa.

### 5.2 Ratkaisut vaihtoehto

Palkkien sisällä olevan kosteuskuorman tiedetään olevan rasite sen suuren määrän ja hitaan kuivumisen vuoksi. Lämpölankojen vaikutusta kuivumiseen ei pystytty todentamaan opinnäytetyön mittauksilla. Yhtenä ratkaisuvaihtoehtona on kuivattaa palkkien yläpuolella oleva pintavalu puskurirakenteeksi, johon palkista tuleva kosteus voisi nousta ja levitä laajemmalle alueelle hetkellisesti ennen lopullista haitumista lattian hengittävän pinnoitteen läpi. Pintavalun pinta-alan ollessa huomattavasti palkkia suurempi, voidaan olettaa kosteuden siirtymisen olevan maltillisempaa kuin suoraan palkista pinnoitteen läpi. Lisäksi mitä kuivempi pintavalu on sitä suuremman diffuusiovastuksen se omaa. Tämä puolestaan hidastaa kosteuden nousemista liian suurina pitoisuuksina pinnoitteen läpi, jolloin varmistettaisiin pinnoitteen ja yläpuolisen rakenteiden säilyminen turvassa. Tämä ratkaisumalli perustuu hyväksi havaittuihin kokeiluihin ja suulliseen tietoon. Se mikä on riittävä kuivuus pintavalun ollessa kosteuspuskurina ei ole tarkkaa tietoa, mutta betonin suhteellisen kosteuden ollessa huomattavasti alhaisempi kuin pinnoitusmääräysten mukainen on jo hyvä lähtökohta kuivumiselle ja kosteuden mahdolliselle puskuroinnille ilman, että siitä tulee ongelmia.

## 6 YHTEENVETO JA POHDINTAA

Deltapalkkien kosteusmittauksien tuloksien saamisen jälkeen todettiin palkkien sisällä olevan kosteutta jossain määrin. Kosteuden määrän määrittäminen ei onnistunut mittausolosuhteiden oltua epäsuotuisat niin palkin sisällä kuin palkin ympärillä korkean lämpötilan vuoksi. Palkin sisällä oleviin olosuhteisiin oltaisiin pystytty vaikuttaa kytkemällä lämpölangat pois päältä noin kaksi viikkoa ennen mittauksia, mutta ympäröivän ilmanlämpötilan alentaminen olisi hidastanut jo mittauspisteen ympärillä olevia rakennusvaiheita liiaksi. Lisäksi yhden palkkilinjan ympärillä oli suuri aula ja pääsisäänkäynti rakennukseen, jonka olosuhteisiin vaikuttaminen olisi ollut hidasta ja kallista.

Palkkien sisällä olevan kosteuden lisäksi rakenteiden kuivamiseen vaikuttaa merkittävästi ylimääräisten kosteuskuormien vähentäminen koko rakennusurakan aikana. Vaikka ne eivät aiheuttaisi suoraa kosteutta kriittisiin paikkoihin palkkien päällä, ne vaikuttavat koko rakennuksen kokonaiskosteuskuormaan. Näitä asioita ei saisi unohtaa ja keskittyä pelkästään piilossa olevaan ongelmaan. Vettä tarvitsevia työvaiheita varten tulisi rakentaa kunnollinen ja varma käyttövesilinjasto riittävillä vesipisteillä. Puutarhaletkut kynsiliittimin eivät korvaa kunnollista vesilinjastoa laajoissa tai korkeissa kohteissa. Sähköä tarvitaan aina rakentaessa, jolloin riittävän laajan ja kattavan sähköverkon rakentaminen tulisi olla tärkeää ja huolella suunniteltua. Deltapalkkien lämmittämiseen tarvittava sähkömäärä ei ole suuri, mutta riittävä määrän jakokeskuksia ja sähköpistokkeita tulisi taata hyvissä ajoin, jotta palkkien kuivuminen ei jäisi tästä kiinni.

### 6.1 Kosteuspuskuri

Ratkaisuvaihtoehtona Deltapalkkien sisällä olevaan kosteuteen pintavalun kuivattaminen ja käyttäminen puskurina alapuoliselle kosteudelle palkkilinjojen kohdalla yhdistettynä hengittäviin lattian pinnoitusmateriaaleihin voi toimia, mutta valitettavasti lähteiden ja tutkimustulosten puutteellisuus ei tue suoraan ratkaisua. Maalaisjärjellä ajateltuna ratkaisun pitäisi toimia ja luoda edellytykset rakenteiden kuivamiselle ilman niiden vaurioitumista sekä vaurioittamatta muita rakenteita.

Lämpölankojen käyttäminen palkkien sisällä sujuu huomattavasti helpommin, jos langat asennetaan jo palkkeihin tuotantovaiheessa tehtaalla, jolloin niiden sarjoittaminen voisi myös onnistua. Lämpölankojen käyttämiseen voitaisiin myös harkita käytettävän sähköasentajaa, joka voisi rasioittaa palkit alapuolelta. Tällöin sähköjohdot voitaisiin kuljettaa suoraan alakaton sisällä, eivätkä ylimääräiset piuhat häiritsisi muuta työskentelyä. Lisäksi lämpölankojen tai jopa lattialämmityksen sijoittaminen palkkilinjojen yläpuolelle voisi edesauttaa pintavalun toimimista puskurikerroksena. Missä määrin kustannuksia kuitenkin rakennuksen rakentamisen ja käytönaikana syntyy tällaisista ratkaisuista ei opinnäytetyö tullut pitämään sisällään.

### 6.2 Kosteusmittaukset Deltapalkista

Opinnäytetyö on herättänyt ajatuksia kosteusmittauksien toteuttamisesta ja niiden tarpeellisuudesta, sekä oikeellisuudesta. RT -kortin ohjeiden mukaiset maksimi 70 mm:n syvyydeltä mitattavat tulokset

eivät kerro koko totuutta palkin sisällä olevasta kosteudesta tai sen poistumisesta. Lisäksi palkkien tiiviys palkin kannen osalta hidastaa kuivumista ja vaikeuttaa kosteusmittauksia. Mahdollisuus asentaa tai suunnitella mittauksiin tarvittavia mittauspisteitä jo palkin suunnitteluvaiheessa on pyörinyt monen henkilön mielessä opinnäytetyön aikana. Mittauspisteet voisivat sijaita myös palkin pohjassa, jolloin ne eivät häiritse palkin yläpuolisten tilojen käyttöä vaan ne olisivat piilossa alas laskujen takana katseilta.

Palkkien sisällä vallitsevan korkean suhteellisen kosteuden myötä myös antureille ja niiden ominaisuuksille voidaan esittää kysymyksiä, kuinka ne kestäisivät korkeita kosteuksia, jotta niistä saadut mittaustulokset olisivat aitoja. Palkkien kuivumisaikaan tulisi olla helpompi tehdä johtopäätöksiä taulukoiden avulla, jos lämpötilojen vaikutukset olisi huomioita myös lämpötilojen osalta. Valmiit taulukot antavat vain arvioita kuivumisajasta valuajankohdan ja oletettujen kuivumisaikojen perusteella, mutta niiden tulkitseminen kriittisesti kesken rakennusajan on vaikeaa.

## LÄHTEET

Betonin suhteellisen kosteudenmittaus. [online] RT 14-10984. helmikuu 2010 Helsinki: Rakennustieto [viitattu 2017-01-24]

Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/tuotteet/1410984.html.stx>

Lemminkäinen Oyj. [sijoittajauutinen] Lemminkäinen rakentaa elinkaarimallilla kaksi koulua Kuopioon 26.1.2016 [viitattu 2017.02.13]

Saatavissa: <http://www.lemminkainen.fi/Lemminkainen/Sijoittajat/Tiedotteet-ja-julkaisut/Sijoittajauutiset/2016/lemminkainen-rakentaa-elinkaarimallilla-kaksi-koulua-kuopioon/>

Lemminkäinen Oyj. [online] Vahva osaja rakentamisen markkinoilla [viitattu 2017.02.03]

Saatavissa: <http://www.lemminkainen.fi/Lemminkainen/Yritys/>

Peikko Group Oy. [verkkosivu] Peikko Finland – osa Peikko Groupia [viitattu 2017.02.13]

Saatavissa: <http://www.peikko.fi/tietoa-peikosta>

Peikko Group Oy – Tarina peikosta. [video] Tarina Peikosta [viitattu 2017.03.04]

Saatavissa: <http://www.peikko.fi/tietoa-peikosta/historia/peikon-tarina>

SolidRH™ -kosteuden hallintajärjestelmä. [online] Wiiste Oy [viitattu 2017-02-13]

Saatavissa: <http://www.wiiste.com/tuotteet>

SolidRH™ - kosteuden hallintajärjestelmä. [online] Wiiste Oy RT 38796 heinäkuu 2016 [viitattu 2017-02-13]

Saatavissa: [http://www.wiiste.com/media/tiedostot/pdf/wiiste-rt-38796-7\\_2016.pdf](http://www.wiiste.com/media/tiedostot/pdf/wiiste-rt-38796-7_2016.pdf)

Tekninen käyttöohje. [online] PEIKKO GROUP, 2016 [viitattu 2016-10-17]

Saatavissa: <http://materials.crasman.fi/materials/extloader/?fid=9857&org=2&chk=183911f1>

Wiiste Oy. [kotisivut] Wiiste Oy [viitattu 2017-01-11]

Saatavilla: <http://www.wiiste.com/wiiste-oy>

Kuva 1. Deltapalkin osat. [digikuva] PEIKKO GROUP OY Deltapalkki – tekninen käyttöohje [online]  
Sijainti: Peikko Group – Deltapalkki – Tekninen Käyttöohje 2016 (sivu 4/36)  
Saatavissa: <http://materials.crasman.fi/materials/extloader/?fid=9857&org=2&chk=183911f1>

Kuva 2. Reunapalkki. [digikuva] PEIKKO GROUP OY Deltapalkki – tekninen käyttöohje [online] Si-  
jainti: Peikko Group – Deltapalkki – Tekninen Käyttöohje 2016 (sivu 5/36) [viitattu 2017.02.13]  
Saatavissa: <http://materials.crasman.fi/materials/extloader/?fid=9857&org=2&chk=183911f1>

Kuva 3. LSDET3. [digikuva/Detalji piirros] LSDET3, Liikuntasauha, Ontelolaatan ja reunadeltan vä-  
lissä. Lemminkäinen Talo Oy [viitattu 2017.01.05]

Kuva 4. LSDET4. [digikuva/Detalji piirros] LSDET4, Liikuntasauha, Deltapalkin laipan suuntaisesti,  
Lemminkäinen Talo Oy. [viitattu 2017.01.05]

Kuva 5. Deltapalkin tuenta. [digikuva] PEIKKO GROUP OY Deltapalkki – tekninen käyttöohje [online]  
Sijainti: Peikko Group – Deltapalkki – Tekninen Käyttöohje 2016 (sivu 7/36) [viitattu 2017.02.13]  
Saatavissa: <http://materials.crasman.fi/materials/extloader/?fid=9857&org=2&chk=183911f1>

Kuva 6. Deltapalkin betonoiminen. [digikuva] PEIKKO GROUP OY Deltapalkki – tekninen käyttöohje  
[online] Sijainti: Peikko Group – Deltapalkki – Tekninen Käyttöohje 2016 (sivu 30/36) [viitattu  
2017.02.13]  
Saatavissa: <http://materials.crasman.fi/materials/extloader/?fid=9857&org=2&chk=183911f1>

Kuva 7. Betonin suhteellisen kosteudemittaus. [digikuva] BETONIN SUHTEELLISEN KOSTEUDEN-  
MITTAUS RT 14-10984. helmikuu 2010 [online]. Helsinki: Rakennustieto [viitattu 2017-01-24]  
Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/tuotteet/1410984.html.stx>