



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Konsta Hertzberg

# Ontelolaattojen kosteudenhallinnan toimivat menettelyt

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (AMK)

Rakennusalan työnjohto

Mestarityö

22.4.2021

Tekijä Otsikko	Konsta Hertzberg Ontelolaattojen kosteudenhallinnan toimivat menettelyt
Sivumäärä Aika	35 sivua 22.4.2021
Tutkinto	Rakennusalan työnjohto
Tutkinto-ohjelma	Rakennusmestari
Ammatillinen pääaine	Talonrakennus
Ohjaajat	lehtori Joonas Pusila, Metropolian amk työpäällikkö Jari Rautakoski, NCC Suomi Oy
<p>Mestarityön tavoitteena oli kerätä havaintoja eri rakennusalan asiantuntijoilta sen suhteen, millaisia toimenpiteitä tulisi huomioida ontelolaattojen kosteudenhallinnassa. Lisäksi työssä käytettiin internetistä löytyviä lähteitä teoreettisena tukena.</p> <p>Työn alkupuolella esiteltiin ontelolaattarakenne, sen valmistusprosessia ja ontelovesien muodostumisen periaatteita. Tämän tarkoituksena oli hahmottaa lukijalle, millainen on ontelolaattarakenne ja miten vesi saattaa päätyä ontelorakenteeseen.</p> <p>Työn aikana esiteltiin toimenpiteitä ontelolaatatason kosteudenhallintaan ja niiden tueksi haettiin tietoa eri asiantuntijoilta ja alan toimijoilta. Toimenpiteitä keräämällä yritettiin muodostaa hyvä yleisnäkemys siitä, miten kosteudenhallinnasta tulisi huolehtia rakennusaikana.</p> <p>Työn lopussa kerätyt havainnot nivottiin yhteen ja niistä laadittiin yhteenveto sekä poimintoja hyvistä toimintatavoista, joita työmaille toivottiin otettavaksi käyttöön.</p>	
Avainsanat	ontelolaatta, kosteudenhallinta, laadunhallinta

Author Title	Konsta Hertzberg Water and Moisture Control Methods for Hollow Core Slabs
Number of Pages Date	35 pages 22 April 2021
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Construction Site Management
Professional Major	
Instructors	Joonas Pusila, Lecturer, Metropolia Jari Rautakoski, Construction Manager, NCC Suomi Oy
<p>This thesis studies methods on how water could enter the hollow parts of hollow core slabs and suggests different methods and procedures on how to prevent water from getting inside the hollow sections of the slabs. The main focus of this thesis is on the different quality control methods on how to prevent water from getting inside the hollow sections and what proper methods work sites should utilize in order to make sure that the hollow sections are properly drought in case water has entered the hollow parts of the core slabs.</p> <p>The research methods in this thesis included mainly interviewing experts and professionals of the construction business field and studying the existing theory around this subject.</p> <p>Key findings were that to ensure proper drying of the hollow core slabs work site managers must take precautionary methods and ensure proper quality control over the assembly part of frameworks and use proper documenting and methods of monitoring the hollow core slabs in case of signs of water inside the hollow sections.</p>	
Keywords	hollow core slab, water control, quality control

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Ontelolaattarakenne	2
2.1	Ontelolaatasta yleisesti	2
2.2	Ontelolaatan valmistuksesta	4
3	Ontelolaattojen kosteudenhallinta	5
3.1	Ontelovesien syntyminen	5
3.2	Yleisiä haasteita kosteudenhallinnassa	7
4	Ontelovesivaurioiden ennaltaehkäisy	10
4.1	Onteloiden kosteudenpoisto	10
4.1.1	Onteloiden vedenpoistoreikien avaaminen työmaalla	11
4.1.2	Onteloiden kuivattaminen työmaalla	12
4.2	Rakennusaikainen lämmitys	15
4.2.1	Lämmittämiseen käytettävissä oleva kalusto ja menetelmät	16
4.3	Yleisiä toimenpiteitä kosteudenhallintaan	18
4.4	Kosteudenhallinnan toimenpiteitä työmailla	19
4.4.1	Työmaahaastatteluiden analyysi ja työmaatoimenpiteiden dokumentointi	21
4.4.2	Käytetyt toimenpiteet ja niiden toteutuksesta	24
5	Laadunvarmistustoimenpiteet	25
5.1	NCC:n laadunvarmistuksesta	25
5.2	Ontelolaattojen kosteudenhallinta liitteen käyttö	26
5.3	Kosteudenhallinnan toimenpiteitä kosteudenhallinta-asiantuntijan näkökulmasta	27
6	Toimivat menettelyt	30
6.1	Ontelolaattojen kosteudenhallinnan laadunvarmistus	30

6.2	Jatkotutkimukset työn hyödyntämisen ja yleisen tason näkökulmista	32
7	Yhteenveto ja loppusanat	34
	Lähteet	36

## Lyhenteet

AR	NCC Asuntorakentamisen yksikkö
FISE	Rakennus-, kiinteistö- ja lvi-alalla toimiva henkilöpätevyksiä toteava yksikkö
KR	NCC Korjausrakentamisen yksikkö
NCC	Nordic Construction Company
TR	NCC Toimitilarakentamisen yksikkö

## 1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on kehittää laadunvarmistustoimenpiteitä ja laadunhallintaa ontelolaattojen ontelovesien muodostumisen ehkäisyssä, onteloiden kuivatuksessa ja osittain myös toimenpiteissä mahdollisten kosteusvaurioiden ilmentyessä. Myöhemmin työtä ja työn aikana tehtyjä havaintoja voidaan hyödyntää NCC:n oman laadunvarmistukseen ja mahdollisesti laadunhallinta-asiakirjan, kuten tarkastuslistan, laatimiseksi.

Opinnäytetyö toteutetaan NCC Suomi Oy:lle, ja näkökulmana käytetään työmaan tuotannon perspektiiviä, vielä tarkemmin asuntorakentamisyksikön (AR) perspektiiviä. NCC:n historiasta kerrottakoon, että kyseessä on pohjoismainen yritys, alkujaan Ruotsista lähtöisin. Yrityksen juuret ovat kaukaa 1800-luvun laivavarustamoista, mutta itse NCC -nimellä tunnettu yritys muodostettiin vuonna 1988, kun Johnson Construction Company AB ja Armerad Betong Vägföbättrigär AB yhdistyivät NCC Nordic Construction Company AB -nimen alle. Suomessa yhtiön toiminta alkoi toden teolla, kun NCC:hen ostettiin Puolimatka -niminen rakennusliike vuonna 1996. [1.]

Työ tullaan toteuttamaan haastatteleamalla alan asiantuntijoita, kuten kosteudenhallinnan asiantuntijoita, vastaavia työnjohtajia ja työnjohtajia ja NCC:n eri tukitoimintojen toimihenkilöitä tai asiantuntijoita. Haastatteludata tulee muodostamaan valtaosan työn sisällöstä. Työtä varten kerätään myös tietoa lähteistä, kuten aiemmin tehdyistä tutkimuksista (poistettu yksi sana), mutta myös alan julkaisuista, esimerkiksi Ratu-kortistosta ja kosteudenhallintaan keskittyneistä lähteistä. Myös elementtitehtaiden tarjoamia lähteitä hyödynnetään työtä laadittaessa.

Työn tavoitteena on koota hyviä toimintatapoja ja menettelyjä, joita mahdollisesti voidaan hyödyntää työn tilanteen yrityksen laadunvarmistuksen ja laadukkaamman rakentamisen kehittämiseksi. Työn tuloksia hyödynnetään NCC AR:n yksikön laadunvarmistustoimintaan, tavoitteena kehittää erillinen tarkastuskortti, joka mahdollisesti liitetään yhdeksi liitteeksi Congrid-järjestelmään, joka on yksi NCC:n käytössä olevista laadunvarmistustyökaluista.

## 2 Ontelolaattarakenne

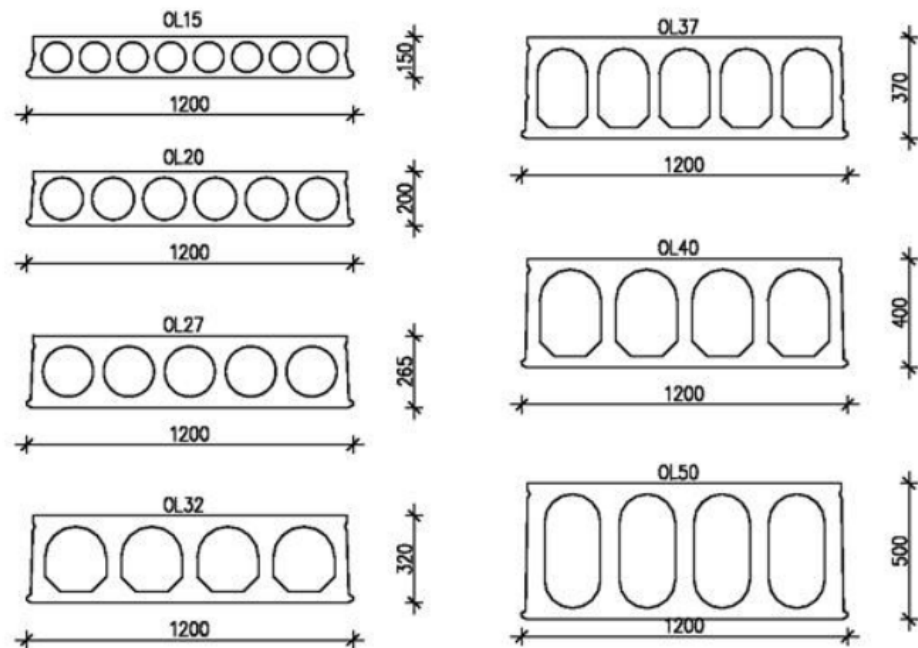
### 2.1 Ontelolaatasta yleisesti

Tyypillinen ontelolaatta on esijännitetty laattarakenne, joka on helppo hahmottaa siten, että itse laatta on suorakulmion mallinen rakenne, jonka läpi kulkee pitkittäissuunnassa pillimäisiä rakenteita, eli onteloita. Onteloilla tavoitellaan rakenteen keventämistä, säilyttäen silti rakenteellinen lujuus. Teoriassa voidaan valmistaa jopa 20 metriä pitkiä laattoja, mutta näin pitkiä rakenteita harvoin nähdään tuotettavan ainakaan asuntorakentamisen tarpeisiin. Ontelolaatan vakioleveys on 1200 mm, ja niiden korkeus vaihtelee 150 mm jopa 500 mm asti. Ontelolaattoja voidaan sahata myös erikoismuotoihin valun jälkeen. [2.]

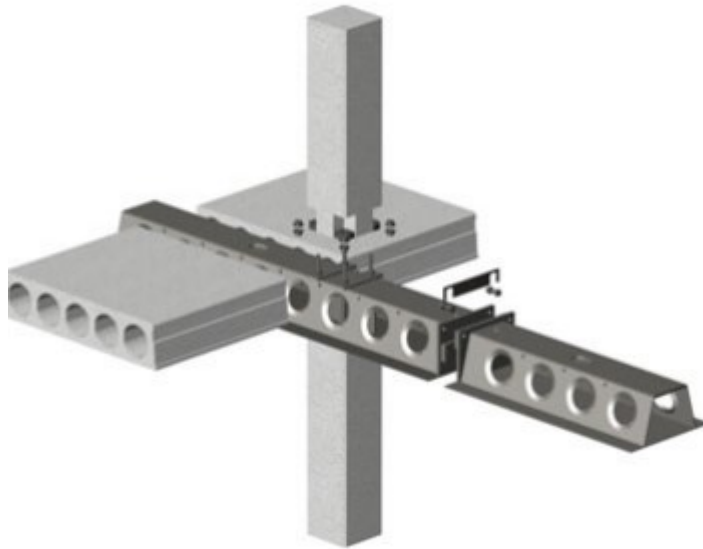
Tyypillinen käyttökohteita ontelolaatoille on asuinkerrostaloissa välipohjarakenteet. Ontelolaatta on yksi parhaista tavoista pitkien aukkojen ylittämiseksi, mihin juuri mikään muu rakenne ei pysty ilman, että sitä joudutaan tukemaan pilarein, palkein tai kantavien väliseinärakenteiden muodossa, jotka puolestaan vievät huonetilaa. Ontelolaatoilla voidaankin rakentaa asuntorakentamisen näkökulmasta avarampia tiloja ilman tarvetta lisätä kantavia tukirakenteita. Ontelolaatta on erityisesti isommissa betonirunkoisissa kerrostaloissa hyvin suosittu rakenne, sillä siitä on paljon käyttökokemusta, se on edullinen valmistaa ja se on pitkän historiansa vuoksi ominaisuuksiltaan hyvin tunnettu rakenne.

Ontelolaattarakenteita voidaan myös pidentää esimerkiksi delta-palkkien avulla. Asuntorakentamisen näkökulmasta ratkaisu on hyvä, sillä tällä tavoin voidaan laajentaa tiloja yhä avarammiksi. [3.]

NCC:n asuntorakennustuotannossa käytetyt ontelolaatta koot ovat tyypillisesti O27, O32 ja O37. Laatat ovat siis 265, 320 tai 370 mm korkeita, joten nämä mitat tulisi huomioida myöhemmässä vaiheessa ontelolaattojen vedenpoistoreikien porausta suunniteltaessa.



Kuva 1 Ontelolaatan kuva laatan päästä katsottuna  
Betoniteollisuus ry:n sivusto,  
<https://www.elementtisuunnittelu.fi/runkorakenteet/laatat/ontelolaatat>,  
luettu 2.3.2021



Kuva 2 Delta palkki ja sen liittyminen ontelolaattarakenteeseen  
Peikko Group:in ohje

[https://www.rttuotetieto.fi/pub/media/resources/20118\\_20118\\_Tekninen\\_kayttoohje\\_Deltapalkk.pdf](https://www.rttuotetieto.fi/pub/media/resources/20118_20118_Tekninen_kayttoohje_Deltapalkk.pdf), luettu 15.3.2021

## 2.2 Ontelolaatan valmistuksesta

Ontelolaatta valmistetaan usein C40-C70 lujuusluokituksen betonista, eli huomattavasti lujemmasta massasta, millä esimerkiksi ontelokentän juotosvalut tehdään tyypillisissä kerrostalokohteissa (näihin käytetään yleensä C30 lujuuden betonimassaa), ja valmistusprosessi toteutetaan joko liukuvaluna tai pursottamalla, molemmat tehdään teräksisen valupedin päälle. Tyypillisemmin käytetään pursotustekniikkaa, jota varten on olemassa valukone, jossa käytettävä massa on niin jäykkää, ettei esimerkiksi erillisiä muottilaitoja tarvita laatan tuentaan. [2.]



Kuva 3 Elematic E9 -ontelovalukone, Muodonmuutos Oy:n verkkosivusto, <https://www.muodonmuutos.com/referenssi/refekuvaus-elematic-e9-ontelolaatan-valukone/>, luettu 23.3.2021

Valmistus aloitetaan puhdistamalla valualusta ja asettamalla jännityskaapelit. Tämän jälkeen valukoneella valetaan ontelolaatan massa valmiiksi oikeaan muotoon. Valun jälkeen suojataan valettu laatta muovilla ja annetaan valun kovettua ja kuivua haluttuun lujuteen. Jännityskaapelit vapautetaan ja katkaistaan, jonka jälkeen valettu laatta katkotaan oikean mittaisiin paloihin. Tämän jälkeen valettujen ontelolaattojen annetaan vielä jatkaa kuivumista ja kovettumista oikeaan lujuteen, ennen kuin ne toimitetaan työmaalle asennusta varten. Elementtitehtaalla ennen toimitusta suoritetaan myös vedenpoistoreikien poraus 12-14 mm terällä, mutta suurimmillaan 20 mm terällä ontelolaattojen asennuskohteesta riippuen.

### 3 Ontelolaattojen kosteudenhallinta

#### 3.1 Ontelovesien syntyminen

Ontelovesiä päätyy ontelolaattarakenteisiin tyypillisimmin saumojen ja läpivientien kautta, mutta vettä pääsee rakenteen sisään myös tilanteissa, kun onteloiden tulpat eivät ole kunnolla paikallaan. Saumat ovat erityisesti alttiita kosteusvahingoille, kun ne ovat vielä juottamatta, eli ontelokentän saumavalua ei ole tehty. Betonimassa tekee valun jälkeen rakenteesta tiiviimmän, jolloin vesi ja yleensä nimenomaisesti sadevesi tai

onteloille tippuva tai valuva vesi ei pääse yhtä helposti suoraan ontelolaattarakenteisiin sisälle. Saumavalun jälkeenkin työmaan tulee huolehtia toimenpiteistä veden poistamiseksi ontelokentältä. [4.]

Läpiviennit ja onteloiden valutäytöt ovat ongelmallisia, etenkin siinä vaiheessa, kun niitä ei ole vielä juotettu umpeen, juuri samasta syystä, kuin myös ontelosaumojen kohdalla, eli betonivalu tai läpivienteihin tehtävät tiivistykset vasta myöhemmässä vaiheessa tekevät rakenteesta tiiviimmän ja ehkäisevät vesien päätymistä suoraan ontelarakenteisiin. Mahdollinen sadevesi tai muu vesi pääsee siirtymään runkorakenteisiin valamattomista ja tiivistämättömistä tai tulppaamattomista aukoista ja voi päätyä myös onteloon. Jotta tämä tilanne voidaan välttää, tulisi läpivientien valaminen ja mahdolliset muut tiivistystoimenpiteet, jotka voivat riippua myös kohteen rakennesuunnitelmista, toteuttaa työmaalla niin pian, kuin mahdollista. [4.]

Puutteellinen onteloiden tulppaus tai tulppien irtoaminen valun tai asennustyön eri vaiheiden aikana on myös tyypillinen riski juotosbetonin ja veden päätymiselle onteloon ja ontelarakenteisiin. Tulppaukset voivat irrota asennustöissä nostojen valmisteluiden tai asennusvaiheen aikana, jotka ovat tilanteita, jolloin onteloasentajat joutuvat fyysisesti koskemaan onteloon ja tekemään sille toimenpiteitä noston mahdollistamiseksi ja asentamista varten. Tulpat eivät välttämättä irtoa tässä vaiheessa, mutta ne saattavat löystyä ja irrota myöhemmässä vaiheessa itsestään tai valussa, jos niitä ei tarkasteta enää uudestaan ja massa valetaan, jolloin massan tuoma paino ja paine voivat aiheuttaa tulppien irtoamisen. Lisäksi nostot itsessään aiheuttavat hieman jännityksiä rakenteeseen, ja se saattaa johtaa huonosti kiinnitetyn tai muuten irrallaan olevan tulpan irtoamisen.

Talven ja lumen sekä jään aiheuttamat ongelmat tuottavat lisähaasteita ontelovesien hallintaan. Lumi ja jää saattavat päätyä onteloihin sellaisenaan, jolloin niitä on todella hankala poistaa etenkin talviolosuhteissa. Kosteudenhallinnan kannalta tärkeintä on toteuttaa huolellisia toimenpiteitä lumen poistamiseksi holvilta. Pelkkä sulattaminen ei yleensä riitä, sillä sulanut vesi jäätyy nopeasti uudelleen etenkin, jos runkoa ei ole muulla tavoin lämmitetty. Vesi myös itsessään on aina riski ja sulanut vesi voi myös päätyä onteloon. Tärkeintä onkin poistaa niin paljon lumesta ja jäädystä, kuin mahdollista, ja seuraavan kerroksen noustessa suojaksi, poistaa loput lumesta ja jäädystä sekä aloittaa

tai jatkaa lämmitystoimenpiteitä rungolla. Sulanut vesi on myös uudelleen jäätyessään ongelma siksi, että vesi laajenee jäätyessään ja voi aiheuttaa rakenteellisia vaurioita. Ilman kunnollista lämmitystä vesi jäätyy joka tapauksessa uudestaan talviolosuhteissa, riippumatta siitä minne se päätyy, joten sen vuoksi holvilta tulisi aina poistaa lumi ja jää sulattamisen sijaan.

Aiemmin mainitut saumavalut ja ontelokentän valut ovat myös ongelmallisia ja kytkettyvät vahvasti kaikkiin aiempiin ongelmiin. Betonia voi päästä erinäisistä syistä onteloihin sisälle, jonne se kuivuu hitaasti, kun ontelon päädyt ja muut kolot peittyvät valun alle muodostaen lähes ilmatiiviin kuoren ontelon ympärille. Tällöin betoni kuivuu hitaasti ja valumassasta haihtuva kosteus jää loukkoon ontelon sisään. Esimerkiksi tällainen tilanne voi tapahtua, kun ontelon päässä olevat valutulpat peittyvät tai eivät ole alun perinkään olleet kunnolla paikoillaan, ja betonimassa pääsee ontelon sisään tätä kautta. Lisäongelman voi aiheuttaa tilanne, kun ontelokenttää ei olla siistitty asianmukaisesti roskista, ja valujen yhteydessä saumoihin tai ontelokenttään jää roskaa, mikä on jo sellaisenaan ongelma laadukkaan valun toteuttamiselle, ja saattaa edesauttaa veden kertymistä.

Myös tilanteet, joissa ontelot halutaan valaa täyteen, aiheuttavat riskin ontelovesien hallinnalle. Näissä tapauksissa massa pääsee luonnollisesti täyttämään ontelorakenteen ja jää ontelon sisälle, mutta yleensä tarvittavia toimenpiteitä voidaan näissä tilanteissa tehdä kuivumisen varmistamiseksi ja muihin betonin laadunhallintatoimenpiteisiin liittyen. Umpivaletut ontelot eivät itsessään ole riski ontelovesille, mutta se, miten hyvin umpivalu onnistuu, voi muodostua riskiksi. Tärkeintä on täryttää valumassa tarpeeksi hyvin, jotta ilmataskuja ei synny onteloon, minne vesi saattaa kertyä ja muodostaa vesitaskuja.

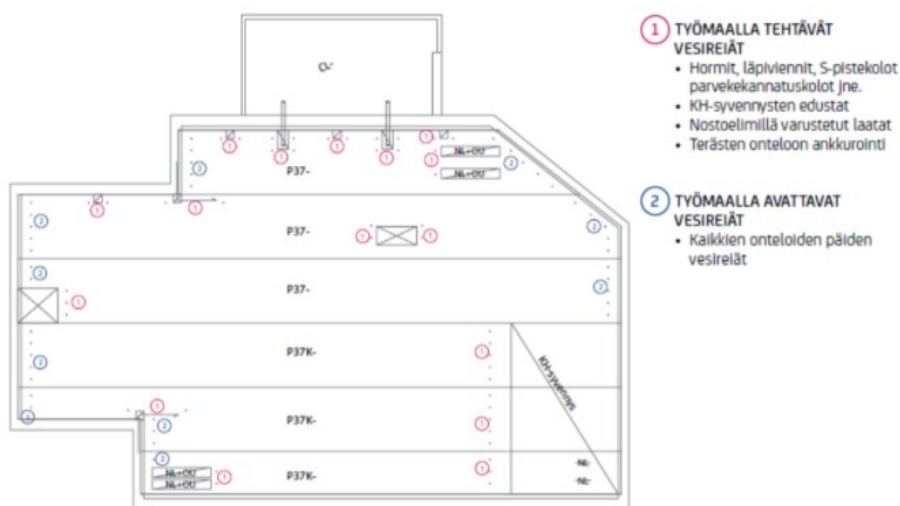
### 3.2 Yleisiä haasteita kosteudenhallinnassa

Vesi aiheuttaa ongelman yleensä vasta pidemmän ajan kuluessa ontelolaattarakenteeseen jäädessään. Ontelovesien aiheuttamat vauriot ovat aina haastavampia korjata, kun pahimmassa tapauksessa vahinko saatetaan huomata vasta asukkaiden tai tilan käyttäjien muuttaessa tiloihin. Tuotantovaiheessa näiden ongelmien

ehkäisemiseksi on vielä helppo tehdä toimenpiteitä, mutta tuotannon näkökulmasta on luonnollisesti edullisempaa, mitä aikaisemmassa vaiheessa havainnot ontelovesistä ja toimenpiteet niiden poistamiseksi tehdään, koska pintojen valmistuttua niiden korjaaminen uudelleen on työläämpi ja kustannuksiltaan kalliimpi prosessi. Tietyillä toimenpiteillä voidaan toteuttaa valmiissakin kohteessa tarvittavat kuivatustoimenpiteet edullisemmin, mutta ne vaativat hieman tietoa ja kokemusta aiheesta, kuten myöhemmistä haastatteluistamme käy ilmi.

Onteloiden vedenpoistoreiät porataan elementtitehtaalla onteloiden molempiin päihin 12-14 mm terällä 500-1500 mm päähän ontelon päädyistä, paitsi kylpyhuoneiden kololaatoissa, joissa on varaus laatan toisessa päässä, jolloin elementtitehtaalla tehdään esireiät vain toiseen päähän. Näiden tehtaalla porattavien reikien osalta huomioitavaa on, että valun jälkeen ne on syytä porata uudelleen auki, mieluummin hieman alkuperäistä suuremmalla, esimerkiksi 16 mm terällä. Lisäksi kylmät ja kosteat tilat, kuten pysäköintihallit, porataan vielä isommalla, 20 mm terällä. Uudelleen poraaminen on tärkeää siksi, että esiporatut vedenpoistoreiät saattavat tukkeutua valussa tai rakennustöiden aikana, minkä vuoksi reikien poraaminen auki on hyvä tapa varmistua siitä, että reiät ovat todella auki, ja ylipäättään tukkeutuneiden reikien poraaminen jää lopuksi työmaan vastuulle. Nämä tehtaan vedenpoistoreiät ja työmaalla porattavat lisäreiät aukiporataan ontelokentän valun jälkeen. [10.]

Vinon asennettujen laattojen vesireiätytys on suunniteltava erikseen.



Kuva 4 Esimerkki vedenpoistoreikien poraussuunnitelmasta, vinossa oleviin onteloihin vaaditaan lisäsuunnittelua [11, s. 52.]

Poraaminen on myös ontelovesien poistamisen kannalta yksi kriittisimpiä vaiheita, jossa voidaan tehdä virheitä. Tärkeätä on tunnistaa onteloista paikat, joista valumassa tai jokin muu seikka estää ontelovesien pääsemisen esiporattujen reikien kautta pois ontelosta. Mikäli tilannetta ei ole mietitty etukäteen eikä suunnitelmia tehty lisäporauksien suhteen, voi niitä olla hankala enää jälkikäteen tunnistaa ontelolaatasta, kuin vasta siinä vaiheessa, kun vesivahinko alkaa muodostua. Lisäporausten huolellinen suunnittelu onkin tärkeää, jotta vältetään tilanne, että todellisia riskikohtia ei ole porattu auki. Myös porauksen toteutukseen on syytä kiinnittää huomiota, sillä liian lyhyeksi jäävät reiät tai huolimattomasti toteutettu poraus voivat johtaa siihen, ettei vesitaskuja saada porauksesta huolimatta auki. Tällöin poraus on helposti tehtävissä väärään paikkaan, jos sitä ei suunnitella huolella tai sitä ei tehdä tarpeeksi syväälle, jos ontelolaatan ontelon kokoa ei huomioida.

Poraamisen jälkeen puhaltamisen toteutus on työmaan kannalta suunniteltava hyvin, sillä puhaltimien asettelu, puhallusletkujen asennus ja toteutuksen valvonta ovat kaikki resursseja vaativia prosesseja. Puhallusletkut ovat alttiita irtoamaan vedenpoistorei'istä, kun muita työvaiheita suoritetaan puhalluksen ohella ja mestalla toimivat työntekijät saattavat epähuomiossa aiheuttaa puhallusletkun tipahtamisen. Lisäksi vedenpoistoreikiin on hankala kiinnittää puhallusletkuja tukevasti ja siten, että ne olisivat kuitenkin vielä helposti otettavissa pois ja asennettavissa seuraavaan onteloon. Tämän vuoksi puhallusta olisi syytä valvoa, ja mikäli puhallusletkun havaitaan pudonneen, tulisi puhallusta jatkaa vielä pidemmän aikaa, kun letku asennetaan takaisin vedenpoistoreikään. Inhimilliset tekijät, kuten kiire ja aikataulupaineet yleensä hankaloittavat tässä kohtaa asioita, ja on vaikea arvioida, kauan puhallus on jatkunut ennen letkun putoamista vedenpoistorei'ästä ja onko puhallusta tarpeen enää jatkaa kyseisen ontelon kohdalla. Sen vuoksi puhallusaika on hyvä uusissa näissä tilanteissa kuivumisen varmistamiseksi.

NCC asuntorakentamisen periaatteena on, että jokainen ontelo porataan auki ja puhalletaan kertaalleen. Tällä tavoin pyritään varmistamaan, että valtaosa mahdollisista

ontelovesivaurioista voidaan välttää jo tuotantovaiheessa ja parhaassa tapauksessa mahdolliset ongelmat myöhemmissä vaiheissa voidaan välttää kokonaan.

Asuntorakentamisen jälkimarkkinoinnille ontelovesien aiheuttamat kosteusvauriot aiheuttavat hyvin vakioidut toimenpiteet ilmetessään myöhemmin käytön aikana. Tyypillisesti koko palvelu hankintaan alihankkijalta, joka suorittaa siten reiän poraamisen, kuvauksen ja kosteusmittauksen, puhalluksen (tarvittaessa) ja työn dokumentoinnin. NCC:n periaatteena jälkimarkkinoinnin tapauksissa on porata vedenpoisto- ja ilmankuivausreiät onteloihin, jolloin veden annetaan kuivua sekä valua ontelosta vapaasti (toki valuva vesi kerätään talteen) ja suorittaa puhallus tai sitten, mikäli asukas ei halua puhallusta, antaa veden kuivua luonnollisesti jättämällä reiät auki. Ilman puhallusta tosin reikien on annettava olla auki useiden kuukausien ajan, minkä vuoksi puhallusta suositellaan, sillä puhallettaessa koko työ valmisteluista viimeistelyyn kestää pari viikkoa, ellei ongelmakohta osoittaudu haasteelliseksi.

Pelkästään ontelolaattojen kosteusvaurioihin liittyvää dataa ei sellaisenaan löydy AR:n jälkimarkkinoinnin tietokannasta, koska dokumentaatio sisällytetään yleensä koko kohteen muiden korjaustoimenpiteiden mukaan, jolloin erillistä laatudokumentaatiota pitää etsiä koko kohteen tehtyjen töiden joukosta. Dokumentoitujen tapausten osalta kuitenkin aiemmin mainittu vajaan jäänyt poraus korostuu etenkin näissä vesivahinkokorjauksissa, sillä se on hyvin tyypillinen ongelman aiheuttaja. Tuotannossa tulisikin ehdottomasti kiinnittää huomiota siihen, että porauksen suorittajalla on käytössään asianmukainen terä kyseistä onteloa varten ja että hän suorittaa porauksen kunnolla loppuun asti.

## **4 Ontelovesivaurioiden ennaltaehkäisy**

### **4.1 Onteloiden kosteudenpoisto**

Tyypillinen toimenpide ontelolaattojen ontelovesien poistamisen varmistamisena on porata tehtaalla esiporatut reiät sekä suunnitellut lisäreiät auki ontelokentän valun jälkeen tai myöhemmässä vaiheessa, esimerkiksi höyrynsulun asentamisen jälkeen. Vaikka reiät olisivatkin jo porattu tehtaalla, niin ne porataan uudestaan isommalla terällä,

sillä tehtaalla poratut reiät ovat tyypillisesti 12 mm kokoisia, eivätkä välttämättä sellaisenaan sovellu onteloiden puhallukseen. Yleensä reiät avataan vähintään 16 mm terällä, jotta niihin voidaan asettaa puhalluskaluston letkuja tai kosteudenmittausantureita, jotka molemmat vaativat usein vähintään 16 mm reiän. [10, 11.]

Poraamalla vedenpoistoreiät uudelleen auki saadaan monesti jo suurin osa vesistä hävitettyä onteloista näitä vesireikiä pitkin. Elementtitehtailla poratut reiät toki auttavat ja saattavat ehkäistä vesien kertymistä, mutta ne usein peittyvät valussa ja tällöin valun aikana onteloon kertyvä vesi ei pääse enää poistumaan näitä reikiä pitkin ulos. AR:n linjaus ontelon vedenpoistoreikien poraamisen suhteen onkin, että porataan vähintään kaikki tehtaalla esiporaamat reiät auki ja tarvittaessa laattoihin porataan vielä lisää vedenpoistoreikiä, jotta vedenpoistosta ja kuivatuksesta saataisiin mahdollisimman tehokasta. Ontelot avataan kuitenkin aina vähintäänkin yksittäisillä rei'illä molemmista päistä, jotta vesien poisto ja kuivattaminen olisi mahdollisimman tehokasta. [11.]

#### 4.1.1 Onteloiden vedenpoistoreikien avaaminen työmaalla

Työmaalla elementtitehtaalla esiporatut vesireiät avataan viimeistään auki esilaaditun poraussuunnitelman määrittämässä ajankohdassa, ellei jokin seikka estä tekemästä näin tai ilmene tarve tehdä porausta aiemmin, kuten vaikka epäily suuremmasta vesitaskusta ontelossa. Poraus voidaan aloittaa jo runkovaiheessa, mutta se voidaan toteuttaa myöhemmissäkin vaiheissa, esimerkiksi sitten, kun rungon asennusvaihe on päättynyt ja höyrynsulku asennettu, kunhan riittävät onteloiden kuivatusajat on varmistettu. Käytännössä reiät voi porata samankokoisella terällä, kuin millä ne on elementtitehtaalla toteutettu, mutta hieman isompaa terää käyttämällä reiän saa ainakin varmasti avatuksi. 16 mm pora tai suurempi on hyvä valinta sikäli, että ontelovesien havaitsemiseen ja puhallukseen käytetyt laitteet tarvitsevat usein juuri 16 mm reiän, jotta puhallusputket ja anturit saadaan ontelon sisään.

Poraus toteutetaan yleensä timanttiporaukseen soveltuvalla poravasaralla, ja itse poraus suoritetaan työvaiheen toteutuksesta vastaavan työnohtajan määrittämän kokoisella terällä. Käytettävä kalusto riippuu pitkälti siitä, kuka porauksen suorittaa (alihankkija, oma työntekijä) ja minkä valmistajan työkalut hänellä on käytössään. Reiät tehdään

kuitenkin poraamalla, eikä esimerkiksi ontelolaattaa sahata tai avata piikkauskoneella. Poraus on käytännössä aina, koska ontelolaatat avataan niiden alapuolelta, eli mestalta tarkasteltaessa katonrajasta, toteutettava joko asianmukaisilta työtelineiltä, tai hyödyntäen poraustelinettä, joka tukee itse poran. Porausteline on siinä mielessä parempi vaihtoehto, että porauksen suorittaja voi operoida porakonetta lattiatasossa, mutta itse pora nostetaan telineen avulla ontelolaataston tasoon, ja tällä tavoin voidaan porata kuivatusreiät rasittamatta porakoneen käyttäjää tai tarvitsematta toteuttaa yleensä työlaita ja enemmän työaika vieviä telineratkaisuja.

Porauksen tavoitesyvyys on käytännössä ontelon halkaisija yhdistettynä ontelon alapuolisen osan paksuuteen. Tavoite on siis porata aivan ontelon yläreunaan asti, ja tällä tavoin varmistetaan siitä, että yksittäisiä vesitaskuja ei jää vain sen takia tyhjentämättä, ettei porausta suoritettu tarpeeksi pitkälle. Tämän vuoksi on syytä muistaa, että porauksessa käytetään ontelon halkaisijan mittaa pidempää terää. Myös porauksen suorittajan on luotettava tässä kohtaa itseensä, eli kokemus auttaa luomaan uskoa siihen, että miten pitkälle poraus tulee suorittaa. Tieto ontelon paksuudesta on hyvä antaa myös etukäteen ontelon porauksen suorittajalle, jotta hänellä on mahdollisuus käyttää sopivaa porauskalustoa.

#### 4.1.2 Onteloiden kuivattaminen työmaalla

Puhalluskalustoa on käytössä laajalti ja työmaakäytössä näkee useiden eri valmistajien kalustoa. Tyypillisin käytössä oleva puhalluslaitteisto on toimintaperiaatteeltaan puhallinkone, jossa on ilmaa tuottava turbiini ja letku, joka haarautuu useampaan pienempään sivuhaaraan, ja nämä sivuhaarojen letkut asennetaan onteloiden vedenpoistoreikiin. Poraamalla ontelo molemmasta päästä auki, saadaan luotua läpipuhallus ontelon sisäpuolelle, ja vesi saadaan tällä tavoin poistettua ontelosta.

NCC AR:n työmailla käytetty yhtenä vaihtoehtona ratkaisua, jossa kuivauslaitteena on esimerkiksi kombikuivain, josta säädetään aiemman kappaleen mukaisesti puhallusletku, joka haarautuu pienempiin sivuletkuihin onteloiden puhalluksen toteuttamiseksi. Esitetyn kaltainen ratkaisu vaatii kuitenkin raskaan kuivaimen, jolloin ongelmaksi muodostuu kaluston siirrot, etenkin kerrosten välissä, kun kohteella ei välttämättä ole vielä hissiä tai kulkureittejä, joilla tällaista kalustoa olisi helppoa siirrellä.

Siirtojen lisäksi pääkanavasta haarautuvat puhallusletkut on asennettava huolella vedenpoistoreikiin, jotta ne eivät pääse putoamaan puhalluksen aikana.



Kuva 5 Ontelopuhallusta, käytössä oleva puhallin etualalla alaoikeassa reunassa

Toinen vaihtoehto on ollut ottaa käyttöön kevyemmin siirreltävä simpukkapuhallin ja yhdistää sen puhalluspää pitkään muovisukkaan. Tästä sukasta vedetään sivuhaarat ylös onteloiden vedenpoistoreikiin, joita pitkin ilma saadaan puhallettua onteloihin. Tämän menetelmän hyviä puolia on ainakin käytettävän kaluston keveys verrattuna tavanomaisemmin käytettyihin kuivaimiin, joissa on toki yleensä vähintään pyörät helpottamassa siirtämistä, sekä se, että yhtäaikaisessa puhalluksessa on suurempi määrä onteloita. Simpukkapuhaltimen heikkoutena on matalampi puhallusteho (noin viidennes varsinaiseen kosteudenpoistopuhaltimeen verrattuna), mutta sen on todettu silti riittäneen ainakin työmailla, joissa menetelmää on kokeiltu.



Kuva 6 Esimerkki Cramolta vuokrattavasta simpukkapuhaltimesta, Cramo Oyj:n verkkosivusto, [https://www.cramo.fi/fi/category/rakennuskoneet\\_kuivaus--ja-ilmanpuhdistus-kanavapuhaltimet/product/simpukkapuhallin--2500-m3-h-heylo2200](https://www.cramo.fi/fi/category/rakennuskoneet_kuivaus--ja-ilmanpuhdistus-kanavapuhaltimet/product/simpukkapuhallin--2500-m3-h-heylo2200), luettu 31.3.2021



Kuva 7 Esimerkki Cramolta vuokrattavasta kombikuivaimesta, Cramo Oyj:n verkkosivusto,

[https://www.cramo.fi/fi/category/rakennuskoneet\\_kuivaus--ja-ilmanpuhdistus-ilmankuivaimet/product/kombikuivain--100m3-h---35l--corroventactrk150xt](https://www.cramo.fi/fi/category/rakennuskoneet_kuivaus--ja-ilmanpuhdistus-ilmankuivaimet/product/kombikuivain--100m3-h---35l--corroventactrk150xt),

luettu 31.3.2021

#### 4.2 Rakennusaikainen lämmitys

Valettavaa ontelokenttää lämmitetään lähinnä talviolosuhteissa, jolloin pakkasen voi jäädyttää ontelossa olevan veden tai mahdollisesti lunta ja jäätä voi kertyä onteloiden sisään ja saumoihin ennen juotosvalua. Näissä tilanteissa jää ja lumi eivät sula onteloista ja saumoista ilman erillistä lämmitystä, sillä ontelokenttää on lähes mahdotonta pelkästään suojata tai peittää niin hyvin, että se ilman erillistä lämmitystä lämpötila pysyisi nollan yläpuolella. Tämä johtuu siitä, ettei runkovaiheessa rakennusta ole lämmitetty tai edes välttämättä vielä julkisivun puolelta eristetty millään tavalla, riippuen hieman kohteesta ja käytettävistä rakenneratkaisuista.

Tyypillinen ratkaisu talviolosuhteiden hallintaan on käyttää erillistä lämmityskalustoa, esimerkiksi kaasulämmittimiä, joiden annetaan lämmittää yläpuolella olevaa väli- tai yläpohjarakenteen onteloita ja toisaalta koko tilaa, jotta myös saumavalut voidaan toteuttaa ulkoilman pakkasesta huolimatta. Tärkeintä on peittää ontelokenttä mahdollisimman hyvin lämmön karkaamista estävällä materiaalilla, kuten lämpöpressuilla ja pakkasmatolla, sekä peittää kaikki mahdolliset luukut ja kolot, mistä lämpöä voisi päästä karkuun, isoimpina yleensä ikkuna-aukot ja parvekkeiden oviaukot. Pelkkä pehmeällä muovimatolla tehty eristyskin riittää jo yleensä estämään suurimman lämpöhukan (kunhan se on hieman paksumpaa, esimerkiksi valun jälkihoidossa käytettävää muovia), sillä tavoite on pitää valettavat rakenteet ja pinnat sulina ja riittävän lämpöisenä.

Onteloiden vesien kuivatuksen kannalta tilanne ei ole täysin ideaali, sillä lämpötilan olisi oltava niin korkea ennen ontelokentän valua, että valettava betonimassa ei ensinnäkään jäädy (siihen voidaan vaikuttaa myös betonimassan valinnalla), ja toisekseen lumen ja jään tulisi olla sulanut, jos sellaista on kertynyt ontelon sisään, sillä muussa olomuodossa, kuin nestemäisessä, ontelovesi ei pääse pois ontelorei'istä, kun mietitään tuotannon kannalta vaihtoehtoja kuivatukselle ja vedenpoistolle. Toki myöhemmissä tuotannon vaiheissa jäänyt vesi sulaa ontelon sisällä viimeistään pakkasolosuhteiden

hellittäessä, mutta hyvän rakennustavan kannalta on kyseenalaista, että onko sellaisessa tilanteessa itse ontelokentän valun olosuhteet olleet sopivat, jos onteloissa on yhä jäätä ja lunta, jotka alkavat sulamaan vasta myöhemmin.

#### 4.2.1 Lämmittämiseen käytettävissä oleva kalusto ja menetelmät

Ontelokenttää voidaan lämmittää alapuolelta käyttämällä esimerkiksi kaasulämmittimiä. Nämä kaasulämmittimet toimivat nestekaasulla ja ne ovat sähkölämmittimiä tehokkaampia pakkasolosuhteissa, mutta eivät täysin toimintavarmoja esimerkiksi Suomen olosuhteisiin, kun alle  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ :n pakkaslukemat ovat lähellä rajaa, jolloin kaasu ei enää pysy nestemäisessä muodossa ja lakkaavat toimimasta. Kaasun käyttölämpötilat tulee kuitenkin aina tarkastaa erikseen, sillä niiden ominaisuudet voivat olla hyvinkin erilaiset käytetystä aineesta tai seoksesta riippuen.



Kuva 8 Nestekaasukuivain, esimerkki Cramolta, Cramo Oyj:n verkkosivusto, [https://www.cramo.fi/fi/category/rakennuskoneet\\_lammityskalusto\\_nestekaasulammitimet/product/rakennuskuivain-nestekaasu-35kw-remkopgm30](https://www.cramo.fi/fi/category/rakennuskoneet_lammityskalusto_nestekaasulammitimet/product/rakennuskuivain-nestekaasu-35kw-remkopgm30), luettu 31.3.2021

Lämmittämisen tarkoitus on ensisijaisesti estää yläpuolista ontelokenttää jäätymästä tai ainakin nostaa lämpötilaa sen verran ylöspäin, että talvibetonointi voidaan suorittaa turvallisesti ja laadukkaasti. Ontelovesien hallinnan kannalta paras tilanne on, jos onteloissa ei olisi jäätä, mutta kovissa pakkasolosuhteissa tavoitteeksi voidaan asettaa se, että päästään riittävään lämpötilaan, seurataan valun olosuhteita ja lujuudenkehitystä lämpömittareilla (dataloggerit), suojataan ontelokenttää pakkaselta paksuilla pressuilla ja jatketaan lämmittämistä ainakin niin kauan, että voidaan todeta betonin lujuuden kehityksen olleen riittävä.

Lämmittämiseen voidaan hyödyntää myös lämmityskaapelia. Lämmityskaapeli (tai voidaan sanoa myös lämmityslanka) lämmittää tosin vain valua ja pitää betonin olosuhteet sopivina, tämän takia se ei yksin ole riittävä ehkäisemään lumen tai jään kertymistä onteloihin, mutta on toki lähes välttämätön ontelokentän valuun. Lämmityskaapeleita käytettäessä on muistettava sähkötöihin liittyvät erityistoimenpiteet, ja ennen asentamista on hyvä perehtyä kyseisen lämmityskaapelin asennusohjeisiin. [12, s. 5, kuvan 8 lämmityskaapelin asennusohje.]



Kuva 9 Lämmityslanka, Finnparttia Oy:n verkkosivusto  
<https://www.finnparttia.fi/BETLANKA>, luettu 29.3.2021

Ontelokenttää ja muita välipohjien valuja voidaan lämmittää runkovaiheen jälkeen vielä sähkövarauksilla toimivin lämmittimin tai matalalämpölevyillä (tai voidaan kutsua levylämmittimiksi), jotka asetetaan lattialle ja ne lämmittävät valua tai haluttua rakennetta sen yläpuolelta. Tällaisilla levylämmittimillä voidaan tosin vain hyvin rajallisesti vaikuttaa

ontelovesien kuivaamiseen ja tyypillisemmin niitä käytetäänkin betonivalujen kuivattamiseen, jotta päästään sopivaan suhteellisen kosteuden prosenttiin. Suurin hyöty levylämmittimillä ontelovesien haihduttamisen näkökulmasta on lämmitettäessä ontelokentän reunojen, läpivientien tai ontelon täyttövalujen kohtia, jolloin lämpö voi nopeuttaa tai käynnistää veden haihtumisprosessin ontelossa. Sähkövarauksella toimivia puhalluslämmittimiä käytetään joissain tilanteissa kaasulämmittimien ohella talviolosuhteissa, sillä niiden teho on yleensä rajallisempi, mutta pienemmissä tiloissa ne ovat hyvä valinta tehokkaaseen lämmitykseen, ja toisaalta nostavat hieman kokonaislämmitystehoa kaasulämmittimen rinnalla.



Kuva 10 Esimerkki matalalämpölevystä, <850W, Cramo Oyj:n verkkosivusto, [https://www.cramo.fi/fi/category/rakennuskoneet\\_lammityskalusto\\_sahkolammitti\\_met/product/matalalampolevy-600x1200--850w-strongstr600](https://www.cramo.fi/fi/category/rakennuskoneet_lammityskalusto_sahkolammitti_met/product/matalalampolevy-600x1200--850w-strongstr600), luettu 29.3.2021

#### 4.3 Yleisiä toimenpiteitä kosteudenhallintaan

Onteloiden veden hallinnan kannalta työmaan olisi panostettava ensisijaisesti mahdollisimman hyvien valuolosuhteiden toteuttamiseksi ja huomioitava sekä dokumentoitava olosuhteet valun aikana, jotta saadaan mahdollisimman tarkka kokonaiskuva siitä, millaisissa olosuhteissa valu on tehty ja miten kyseiset olosuhteet

olisivat voineet vaikuttaa ontelovesien kertymiseen. Sade, lumi ja jää, mutta kova tuuli, jos ontelokentälle on kertynyt seisovaa vettä, voi edistää veden kertymistä onteloihin. [11.]

Jälkitoimenpiteet ja vastuiden jakaminen, eli kosteudenhallinnasta vastaava työnjohtaja ja mieluusti toteutuksen suorittava vastuutyöntekijä tulisi nimetä jo ennalta. Lisäksi itse toimenpiteiden laadukkaasta suorittamisesta vastaaminen ja toteutus, eli mietitään, miten poraus suoritetaan, minne suoritetaan, miten toteutetaan puhallus ja kuivaus, sekä näiden jälkeinen seuranta.

Lisätoimenpiteitä on ontelokentän suojaaminen pressuin tai runkovaiheessa säänsuojan käyttäminen. Talvisin pressut ovat kovilla pakkasilla lähes välttämättömät, jotta voidaan luoda sopivat valuolosuhteet, mutta käyttämällä edes tyypillisempiä ohuita pressuja suojaukseen muunlaisten, kuin talviolosuhteiden vallitessa, voidaan ehkäistä esimerkiksi sadeveden päätyminen suoraan onteloihin. Niissä tilanteissa, kun valua ei voida toteuttaa välittömästi tai samana päivänä onteloasennuksen jälkeen, voi tällaisesta suojauksesta olla apua, mutta siinäkin tilanteessa pressut suojaavat vain niin hyvin, kuin ne on asetettu ja saumakohtat limitetty. Lisäksi vesi saattaa virrata hyvinkin suojatulla ontelokentällä limittyvien suojapeitteiden väliin ja löytää tiensä rakenteisiin tai onteloihin.

Koko rakennuksen sääsuojaus olisi ihanteellinen ratkaisu sadevesien hallinnan kannalta, mutta se on hankala toteuttaa elementtiasennustöiden aikana siten, ettei se häiritsisi nosto- ja asennustöitä. Lisäksi, vaikka sääsuojaus onnistuttaisiin ottamaan käyttöön asennustöiden yhteydessä, muodostaa se ylimääräisen turvallisuusriskin, kun katetta joudutaan purkamaan ja asentamaan takaisin korkealla holvilla työskennellessä, jotta elementtiasennustyöt onnistuvat. Käytännössä tällainen ratkaisu olisi hyvin hankala toteuttaa, eli ontelokentän suojaaminen peittein olisi parempi ratkaisu, mutta ei sekään täysin ongelmaton. [5.]

#### 4.4 Kosteudenhallinnan toimenpiteitä työmailla

AR:n yksikössä kosteudenhallinnan toimenpiteet keskittyvät yleensä ehkäiseviin toimenpiteisiin ja niiden jälkeen kuivatukseen ja eri kuivatusmenetelmiin.

Tuotantovaiheessa ei enää rakenteellisiin ratkaisuihin pystytä merkittävästi vaikuttamaan, ja tässä vaiheessa myös onteloporaussuunnitelma tulisi olla laadittuna. Työmaan näkökulmasta on ensin oleellista päättää, kenelle työnjohtajalle tämä työvaihe annetaan valvottavaksi. Vastuullinen työnjohtaja tulisi nimittää mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, jotta tämä ehtii tutustumaan poraussuunnitelmaan ja hän pystyy reagoimaan jo runkovaiheessa tilanteisiin, esimerkiksi osallistumalla onteloalujen toteutuksen tarkkailuun ja suorittamaan jälkikäteen tarkastuksia, joiden avulla hän pystyy päivittämään poraussuunnitelmaa. Yleensä toteutusvaiheessa tulee eteen vielä tilanteita ja ulkoisia tekijöitä (esimerkiksi sääolosuhteet), joiden vuoksi alkuperäistä poraussuunnitelmaa on muokattava tilanteen mukaan.

Toinen toimenpide on suorittaa onteloasennus siten, että ontelot eivät vaurioidu tai ontelotulpat irtoa asennuksen aikana. Mahdolliset vauriot ja asennuksen yhteydessä esimerkiksi irronneet tulpat on korjattava heti, mutta ainakin raportoitava runkomestarille ja tässä kohtaa tiedon olisi hyvä siirtyä myös onteloiden kuivatuksesta vastuulliselle työnjohtajalle, jos kyseessä ei ole runkomestari.

Kolmas toimenpide on suorittaa valu laatukriteerien mukaan. Onteloiden saumat valetaan vasta, kun raudoitus on toteutettu ja saumat siistitty jätteistä ja muusta roskasta, sekä tulpat ovat varmasti paikallaan. Mahdolliset täytöt tehdään huolella ja valumassan tärytys toteutetaan siten, ettei taskuja pääse muodostumaan onteloon, eli ontelo on kauttaaltaan täynnä valumassaa niiltä osin, kuin sitä tavoitellaan.

Neljäs toimenpide on porata onteloiden vesireiät auki laaditun suunnitelman mukaisesti. Toimenpide voidaan suorittaa joko riskionteloille ja onteloille, joissa havaitaan tai epäillään olevan vettä (voidaan toteuttaa esimerkiksi lämpökamerakuvaus, jolla ontelovesiä on mahdollista havaita), tämä on aivan vähimmäisvaatimus. AR:n linjauksen mukaisesti kuitenkin jokainen ontelo porataan auki ja kuivatetaan puhaltamalla, ja tällä tavoin saadaan suurempi varmuus siitä, että ontelot ovat pääosin kuivia.

Viides toimenpide on puhallus, ontelot avataan siis molemmista päistä ja niitä puhalletaan noin kahden päivän ajan. Mahdollinen vesi on kerättävä talteen, jotta se ei pääse valumaan alemman kerroksen rakenteisiin mitään reittiä. Puhalluskaluston siirroista, puhalluksen kestoista ja mahdollisista poikkeamista tai keskeytyksistä on hyvä

laatia laadunvarmistusdokumentaatiota, jotta saadaan kuva siitä, kuinka hyvin puhallus on onnistunut. NCC:llä ei ole käytössä vielä yhtenäistä laadunvarmistusdokumentaatiota ainakaan AR:n yksikön puolella. Tämän opinnäytetyön tavoitteena onkin auttaa kehittämään juuri laadunvarmistusta ja suoritettavien toimenpiteiden dokumentaatiota.

Viimeisenä toimenpiteenä on tarkkailu ja seuranta. Puhalluksen jälkeen viimeistään tasoitetöiden yhteydessä onteloiden vedenpoistoreiät ummistetaan. Tämän jälkeen on aloitettava tarkkailu, mikäli kosteusvaurioita ilmestyy, ja toteutettava tarkkailua säännöllisen seurannan muodossa. Tässä vaiheessa myös laatudokumentaatiosta saattaa olla hyötyä siten, että kuvaamalla voidaan havaita kohtia, jotka tarkastuskierröksellä menee mahdollisesti ohi, kun ei pystytä työmaan hektisen luonteen takia aina täysin keskittymään tehtävään työhön. Valokuvaamalla voidaan myös todentaa, että seurantaa on tehty, vaikkei se toki vapauta vastuusta mahdollisen vesivaurion ilmetessä, mutta siitä voi olla apua vaurion aiheuttajaa selvittäessä.

#### 4.4.1 Työmaahaastatteluiden analyysi ja työmaatoimenpiteiden dokumentointi

Tyypillisesti onteloiden kuivatus oli pyritty hoitamaan kohteesta riippumatta noin 1 viikko per kerros tahdilla, ja yksittäinen ontelo oli ollut puhalluksessa keskimäärin yhdestä kahteen päivää. Puhallus oli suoritettu lähes samaan tapaan kullakin työmaalla, eli ontelokuivatukseen käytettävät puhaltimet oli siirretty joko yhden työntekijän tai työntekijäparin toimesta työmaalle sen jälkeen, kun onteloiden vedenpoistoreiät oli porattu auki. Puhaltimet viritettiin mestalla käyttövalmiiksi ja niiden letkut asennettiin onteloihin. Erillistä dokumentaatiota ei yleensä kohteista löytynyt puhallukseen liittyen, vaan vastuussa ollut työnjohtaja ja puhalluksen käytännön toteutuksesta vastanneet työntekijät yhdessä olivat pitäneet huolen siitä, että jokainen ontelo puhalletaan ja puhallus suoritetaan tarpeeksi pitkän aikaa.

Haastatteluissa kävi ilmi, että NCC:n ohjeistuksen mukainen kaikkien onteloiden puhallus oli toteutunut sen jälkeen, kun ohjeistus oli annettu, mutta vielä siinä vaiheessa, kun ohjeistusta ei ollut asetettu, ei kaikkia onteloita ollut tapana kuivattaa puhaltamalla. Ohjeistus kuitenkin yleisesti koettiin hyväksi ja kannattavaksi ratkaisuksi, sillä sen katsottiin vähentäneen myöhemmin ilmenneiden kosteusvaurioiden määrää selvästi.

Ratkaisua ei kuitenkaan kenenkään haastateltavan mielestä pidetty täysin varmana tapana päästä eroon ontelovesistä, sillä pieniä taskuja saattoi kaikesta huolimatta jäädä onteloihin, joihin vesi jäi piiloon ja ilmaantui vasta myöhemmin. Ratkaisun todettiin olevan kuitenkin kustannustehokkaampi vaihtoehto, sillä myöhemmissä vaiheissa kosteusvaurioita ilmeni vähemmän, eikä niiden korjaamiseen tarvinnut kuluttaa aikaa ja resursseja yhtä paljon, kuin tilanteessa, jossa olisi keskitytty pelkästään riskionteloihin tai onteloita ei olisi avattu ollenkaan.

Dokumentaatiosta haastateltavilla oli hieman kahtia jakautuneet näkemykset. Osittain erään ARn kohteen työmaalla käytettyä dokumentaatiota pidettiin mielenkiintoisena ja mahdollisesti käyttöön otettavana ratkaisuna tulevissa kohteissa, mutta toisaalta sen ajateltiin olevan jossain määrin liiallista ja lähinnä ylimääräistä työtä. Tätä perusteltiin sillä, että työvaiheen vastuullinen työnjohtaja pystyy usein itsekin hoitamaan tarvittavan dokumentoinnin haluamallaan tavalla, eikä siihen tarvita yhtenäistä laadunvarmistusdokumenttia. Kantaa ei oikeastaan otettu siihen, tulisiko dokumentaation olla sähköinen vai paperinen, mutta esimerkin mukaista dokumentaatiota yleisesti pidettiin selkeänä, riippumatta muuten haastateltavan näkemyksestä dokumentaation tarpeellisuudesta.

Kuivatuksen ja porausten järjestämisestä vastuu nähtiin olevan runkomestarilla, sisätyönjohtajalla tai molemmilla osittain. Onteloiden poraaminen saatettiin asettaa runkotyönjohtajan vastuulle ja sisätyönjohtajille annettiin vastuulle kuivatuskaluston järjestäminen ja puhalluksen suorittaminen. Haastateltavilla oli kuitenkin erilaisia näkemyksiä, ja osa haastateltavista oli sitä mieltä, että runkotyönjohtajalla oli paras ja totuudenmukaisin käsitys siitä, millainen tilanne rungolla oli ollut valujen jälkeen ja täten tämä osaisi parhaiten järjestää kuivatuksen. Toisaalta esitettiin näkemys, että sisätyönjohtajilla olisi yleensä riittävä kokemus ja osaaminen vastaamaan porauksen toteuttamisesta ja kuivatuksen järjestämisestä, minkä lisäksi sisätyönjohtaja oli yleensä pidempään työmaalla ja pystyi siksi kantamaan vastuun työvaiheesta käytännössä sen alusta loppuun saakka.

Erillisen yhteistyön suhteen, mikä osin liittyy myös ehdotukseen yhtenäisestä laadunvarmistus dokumentaatiosta, nähtiin asia siten, ettei tiedon välittämisessä sisätyönjohtajalle runkotyönjohtajalta esimerkiksi ontelokentän valuissa tapahtuneiden

kosteusriskipaikkojen muodostumisen suhteen ole ollut ongelmaa. Tämän takia erillistä kuivatusdokumentaatiota ei koettu tarpeelliseksi, että tieto ei välittyisi tarpeeksi hyvin, vaan tieto on siirtynyt tyypillisesti tarpeeksi hyvin runkotyönjohtajilta sisätyönjohtajille, jos erillistä lisätietoa on tarvittu.

Erilaisia näkemyksiä ontelovesien hallitsemisen suhteen taas esitettiin paljon ja kattavasti. Osa haastateltavista näki, että ontelovesien hallintaan tulisi puuttua jo suunnitteluvaiheessa siten, että esimerkiksi mahdolliset riskiontelot pyritään tunnistamaan rakenteista ja mahdollisuuksien mukaan korvata tällaiset ontelot vaikkapa kuorilaattarakenteilla. Mikäli tällaista ratkaisua ei voida tehdä, tulisi onteloiden poraussuunnitelmassa huomioida jo suunnitteluvaiheessa nämä riskiontelot ja miettiä tarkkaan, kuinka niiden poraus ja puhallus suoritetaan.

Työmaavaiheessa tärkeitä havaintoja oli haastateltavien näkemyksen mukaan keskittyä laadunvarmistukseen ennen ontelokentän valua. Esimerkiksi varmistetaan, että onteloiden tulpat ovat paikoillaan, huomioidaan, onko onteloiden yläpuolella, eli holvin päälle jäävällä puolella reikiä tai läpivientiaukkoja, joista esimerkiksi vesi voisi päästä onteloihin, valusaumojen puhdistaminen ja valun suorittamisessa pyritään toteuttamaan mahdollisimman laadukkaasti, ettei betonimassaa pääsisi paikkoihin, minne sitä ei toivota. Myös tärytys, jos betonia joudutaan valamaan onteloon, on suoritettava huolella, jotta massa täyttää tasaisesti koko ontelon halutuilla osin.

Valun jälkeen toimenpiteitä olivat ontelokentän onteloiden kuivatusreikien auki poraaminen. Kuitenkin näkemykset poikkesivat hieman siinä, milloin poraus olisi aloitettava, sillä osa haastateltavista esitti näkemyksen, että poraaminen pitäisi aloittaa jo runkovaiheessa, kun taas yleisempi tapa on ollut avata reiät siinä vaiheessa, kun veden pääsemistä rakenteisiin ehkäistään höyrynsululla. Yleisesti poraamista suositeltiin aloitettavaksi mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Tässä vaiheessa myös, kun runko valmistui tai oli valmistumassa, nähtiin yleisesti olevan paras paikka joko päivittää tai laatia lopullinen onteloporaussuunnitelma, mitä pidettiin pääsääntöisesti tarpeellisena. Osa haastateltavista tosin ei nähnyt tarvetta erilliselle suunnitelmalle, vaan luottivat enneminkin vastuussa olevan työnjohtajan kykyyn järjestää ja hoitaa poraukset ja kuivatus. Kuivatuksessa painotettiin myös, että vesi tulisi kerätä huolella talteen

porauksen jälkeen ja kuivatuksen aikana, jotta se ei enää edes teoriassa voisi päätyä alemman ontelokentän onteloihin.

Osa haastateltavista painotti erikseen vielä dokumentaation tärkeyttä, mitä tässä opinnäytetyössä pyritään myös arvioimaan. Laadunvarmistusdokumentin nähtiin tuovan hyötyä tilanteissa, kun sellaista käytettiin ja toisaalta sitä ei myöskään vastustettu niiden haastateltavien osalta, jotka eivät kokeneet sitä tarpeelliseksi. Yleisin syy dokumentaation vastustukseen oli sen tuottama lisätyön määrä ja toisaalta osa haastateltavista ennemmin luotti dokumentoinnin ja laadunvalvonnan vastuulliselle työnjohtajalle, joka saisi toteuttaa sen parhaaksi näkemällään tavalla.

Porauksien ja kuivatuksen jälkeen kaikissa haastatteluissa painotettiin myös jälkiseurannan tärkeyttä. Ontelovesiä on hankala saada täysin kuivatettua edes niissä tilanteissa, kun poraus toteutetaan kunnolla ja kuivatus tehdään järjestelmällisesti ja todennettavasti oikein. Siksi painotettiin jälkiseurannan tärkeyttä, jotta mahdollisimman aikaisessa vaiheessa voidaan vielä puuttua ja suorittaa lisäporauksia, mikäli ontelovedestä ilmenee jälkiä varsinaisen poraus- ja kuivatuskierroksen jälkeen. Haastatteluissa ei otettu suoraan kantaa, kuka seurantaa suorittaisi tai tulisiko siihen edes nimetä varsinaisesti ketään erillistä vastuuhenkilöä, mutta yleisesti porauksesta ja kuivatuksista vastuullinen työnjohtaja tai sisätyönjohtaja ajateltiin olevan parhaassa asemassa seurantaa varten ja tekemään tarvittavia toimenpiteitä. Toki tarkkailua voi tehdä ja havainnoista saattoi ilmoittaa yksittäinen työntekijä ja miksei vaikka kokonaan tähän työvaiheeseen liittymätöntä työtä tekevä aliurakoitsijakin, jos tämä sattuu havaitsemaan kosteuden aiheuttamia jälkiä ontelolaatoissa.

#### 4.4.2 Käytetyt toimenpiteet ja niiden toteutuksesta

Yleisimmin käytössä olleet toimenpiteet ontelovesien kuivatuksessa ovat olleet perinteinen poraus ja kuivatuskaluston käyttö. Onteloita on puhallettu ja vähintään näin on tehty riskionteloille jokaisella työmaalla. AR:n linjan tarkennettua, on puhaltaminen suoritettu kaikille onteloille niillä työmailla, joihin linjaus on ehtinyt vaikuttaa.

Erillistä ontelopuhalluksen seurantadokumentaatiota ei ole muuten yleensä toteutettu, yhtä kohdetta lukuun ottamatta, vaan porauksen suorittaminen ja puhalluksen valvonta

on valtuutettu yleensä sisämestarin tai runkomestarin vastuulle. Tässä yhdessä poikkeuskohteessa käytettiin erillistä laadunvarmistusdokumentaatiota, jossa ontelot olivat nimetty yksitellen ja dokumentaation suorittamiseen oli nimetty työntekijä, joka toteutti, valvoi työn toteuttamista ja vastasi dokumentaatiosta. Tämä toimintamalli nähtiin yleisesti hyväksi vaihtoehdoksi haastatteluissa, tai sitä ei ainakaan vastustettu, jos sitä ei pidetty välttämättä tarpeellisena.

## 5 Laadunvarmistustoimenpiteet

### 5.1 NCC:n laadunvarmistuksesta

NCC:n asuntorakentamisen työmailla noudatetaan yhteisiä laadunvarmistuksen toimenpiteitä. Eri työvaiheiden laadulliseen ohjaamiseen käytetään toistuvan tehtävänohjauksen työkaluja, jotka lähes järjestään ovat Congrid-nimisessä järjestelmässä. Congrid-järjestelmään syötetyt listat laaditaan yleensä laatukriteereiltään vähintään viranomaisvaatimuksien mukaisiksi, mutta ne kuitenkin aina laaditaan työmaakohtaisesti ja työmaan vastuulle jää lopulta päättää, miten ja missä määrin Congrid-järjestelmää hyödynnetään.

Laadunvarmistuksen tiettyihin vaiheisiin on olemassa myös erillinen NCC työmaapalveluiden yksikkö, joka suorittaa laadunvalvonnan näkökulmasta ainakin kosteus- ja tiiveysmittauksia, sekä viemärikuvausta. Yksikön palvelut ovat työmaalle hyödyllisiä siksi, että niiden avulla voidaan tehdä seurantaa, ovatko esimerkiksi kosteudenhallintatoimenpiteet olleet riittäviä. Toisaalta ne tarjoavat dokumentaatiota siitä, että NCC pääurakoitsijan toimessa on toiminut oikein ja suorittanut riittävää laadunvalvontaa, mikäli myöhemmässä vaiheessa havaitaan laatupuutteita tai laiminlyöntejä, mitkä voidaan dokumentaation kautta osoittaa johtuvan esimerkiksi aliurakoitsijan toiminnasta. Laadunvalvonnalla on siis tavoite varmistaa, että laatustandardit täyttyvät ja samalla huolehtia siitä, että rakennuksen käyttäjä on tyytyväinen lopputuotteeseen.

Työmaapalvelut tarjoavat myös lämpökamerakuvausta, mikä on yksi keino havainnoida ontelovedet. Tämä edellyttää kuitenkin sitä, että saadaan aikaiseksi lämpötilaero.

Lämpötilaeron synnyttämiseksi tarvitaan yleensä rungon lämmitystä sisäpuolelta ja lämpötilan noustessa nopeaa kuvausta. Ero ei ole näkyvissä kauaa, ja sitä on hankala saada uudelleen näkyviin, kun lämpötilaero lopulta tasaantuu. Kuvausta tulisi käyttää pian ontelokentän valujen jälkeen siinä vaiheessa, kun runko on alkanut lämmitä tai vielä lämpenee sisäpuolelta, jolloin ontelossa oleva vesi reagoi nousevaan lämpöön vasta hieman myöhemmin, tarjoten otollisen mahdollisuuden lämpökamerakuvaukselle.

Yleensä laadunvarmistus työmaalla suoritetaan työnjohtajan ja työn suorittaneen asentajan toimesta. Osalla aliurakoitsijoista on omat valmiit tarkastuslistansa ja laadukriteeristö, jonka mukaan myös NCC toimii, mutta mikäli tällaista kriteeristöä ei ole, laadunvarmistus toteutetaan siinä tapauksessa Congrid-järjestelmään. Congridiin laaditaan yhdessä rakennusvalvojan, aliurakoitsijan työnjohdon ja NCC:n oman työnjohdon sekä vastaavan työnjohtajan kanssa kriteeristö suoritettavan työvaiheen laadulle. Congridiin voidaan laatia mallitarkastuslista, joka toimii pohjana kohteen erillisille tarkastuslistoille. Tarkastus saatetaan tehdä koko työvaiheelle, jos se on sopivan kokoinen työsuorite, mutta työvaihe voidaan pilkkoa myös pienempiin palasiin tarkastuksen kannalta, ja esimerkiksi yksi tarkastus voidaan laatia siten, että se suoritetaan yhdelle kerrokselle, jos työvaihe muuten kattaa koko rakennuksen.

## 5.2 Ontelolaattojen kosteudenhallinta liitteen käyttö

Tämän työn havaintoja pyritään hyödyntämään NCC:llä siten, että työn pohjalta voitaisiin kehittää ontelolaatan ontelovesien kosteudenhallintatoimenpiteiden tarkastuslistaa. Tarkastuslistassa tavoitteena on nostaa esille toimenpiteitä ontelovesien ehkäisyn, kuin poistamisen, näkökulmasta. Tarkastuslista on suunniteltu laadittavaksi Congrid-järjestelmään liitteeksi, joka sisältäisi tehtävätasolla toimenpiteitä ja suosituksia siitä, mitä asioita tulisi huomioida ontelovesien kosteudenhallintaan liittyen. Congrid on mobiililaitteilla ja pöytäkoneilla käytettävä järjestelmä, jonka avulla voidaan suorittaa laadun dokumentaatiota, turvallisuusmittauksia ja sitä voidaan käyttää esimerkiksi myös kuvapankkina. Tähän järjestelmään listaa toivotaan siirrettävän siksi, että se on käytössä NCC:n työmailla hyvin laajalti ja järjestelmän käyttöön perehdytetään uudet työnjohtajat jo aikaisessa vaiheessa. [13, 14.]

Lopullinen tarkastuslista tulee NCC:n AR yksikön käyttöön, mutta sitä voidaan käyttää myös muiden yksiköiden toiminnassa, jos se nähdään hyödylliseksi. Ajatuksena on kehittää ontelovesien kosteudenhallinnan toimenpiteitä kokonaisuudessaan ja erillisen tarkastuslistan myötä ottaa käyttöön myös laadunvarmistusdokumentaatio, jonka avulla voitaisiin yhtenäistää kosteudenhallinta toimenpiteitä eri työmaiden välillä ja muodostaa tietty yhteinen toimintatapa AR:n työmaille.

### 5.3 Kosteudenhallinnan toimenpiteitä kosteudenhallinta-asiantuntijan näkökulmasta

Ontelolaattojen ontelovesien poistaminen ja mittaukset suoritetaan yleensä alihankkijan toimesta NCC:llä jälkimarkkinointiyksikössä. Kosteudenhallinnan asiantuntijaksi mittauksia suorittamaan takuvaiheessa pyritään ottamaan kosteudenhallintakoordinaattori FISE-pätevyysin. Tällaisia koordinaattoreita ei kuitenkaan Suomessa ole, kuin muutama kymmenen. Haastattelemamme asiantuntija oli takuu- ja korjausrakentamisen parissa toiminut, eikä suoraan osannut esittää ehdotuksia tuotannon toiminnan kehittämisen näkökulmasta, mutta pystyi jakamaan hyödyllistä tietoa kokemustensa perusteella.

Käytännössä siinä vaiheessa, kun todetaan tilan käyttäjien muutettua jo kohteeseen, että onteloissa havaitaan kosteutta, on toimenpiteet hieman eroavaisia takuuajana tuotantopuoleen verrattuna. Ensinnäkin joudutaan toimimaan mahdollisesti kohteen asukkaiden kotiloissa, minkä vuoksi osastoinnin ja melun sekä kaiken mahdollisen muun haitan tai vaurion aiheuttaminen on minimoitava mahdollisimman tehokkaasti. Ensimmäinen mielenkiintoinen havainto haastattelussa liittyikin tapaamaan porata ontelot auki tällaisessa tilanteessa. Asiantuntijamme mukaan hän suosittelee poraamista tilanteessa, jossa ruiskukatto on jo valmis, pienellä, korkeintaan 6 mm terällä. Tippuva vesi ohjataan teräsvaijeria pitkin keräysastiaan, jos vettä alkaa valumaan enemmän. Tämän menetelmän ajatuksena on säästää ruiskukattoa, sillä isommalla terällä (vaikkapa 16 mm terällä) porattaessa terä imaisee veden ja helposti vie mukanaan ison palasen ruiskukatosta sekä mahdollisesti lohkaisee palan ontelosta. Johdattamalla pientä vaijeria pitkin vedet talteen saadaan onteloa kuivatettua ja todennäköisesti pystytään välttämään tilanne, jossa katto tai pinnoite vaurioituisi.

Toinen mielenkiintoinen menetelmä on käyttää levykuivaimia etenkin onteloiden reunojen ja mahdollisten täyttökohtien tai läpivientien valujen kuivatuksessa, mitä ei välttämättä näe työmailla toteutettavan. Lämmityslevyt edesauttavat kosteuden haihtumista rakenteesta ja ikään kuin imevät myös ontelosta vettä tämän haihdutuksen myötä. Lämmitys tulisi kuitenkin yhdistää aina puhallukseen ja onteloiden poraukseen, sillä yksinään pelkkä ontelon lämmittäminen ei riitä, mutta auttaa mahdollisissa riskipaikoissa.

Puhalluksessa tulisi huomioida aina ympäröivät olosuhteet, ideaali olosuhde olisi alipaineistettu tila yhdistettynä puhallukseen, jolloin saadaan aikaiseksi ontelon sisään niin puhallusta, kuin imua. Tällaisen toteuttaminen on kuitenkin haasteellista työmaaoiloissa, eikä siksi käytännöllinen vaihtoehto. Mikäli alipainetta ei saada luotua aikaiseksi, tulee ilmankierto saada toteutettua ontelon läpi ylipaineistetulla puhalluksella. Tässä tilanteessa kannattaa kiinnittää huomiota käytössä olevaan kalustoon, sillä etenkin uudemmissa puhalluskalustoissa on säätömahdollisuuksia, ja ne hyödyntävät koneen tuottamaa lämpöä puhalluksessa, jota vanhempi puhalluslaitteisto ei välttämättä tee. Tosin, näissä tapauksissa puhutaan vanhemmasta laitteistosta, sillä koneen itsensä tuottamaa lämpöä on käytetty hyväksi puhaltamisessa jo hyvän aikaa.

Simpukkapuhallin ratkaisu, jonka esittelimme aiemmin puhallusta käsittelevän otsikon alla, asiantuntijamme totesi käyttökelpoiseksi ratkaisuksi. Hän kuitenkin lisäsi, että vaikka kustannukset tässä ratkaisussa ovat matalammat, simpukkapuhaltimissa laakerit kuluvat nopeasti ja paineentuottokyky on todennäköisesti heikompi, puhallustehon ollessa noin viidesosan siitä, mitä se on varsinaisella puhalluskalustolla. Vaihtoehtona hän mainitsi, että varsinaisen puhalluslaitteiston turbiineja on hankittavissa edullisempaan hintaan, ja niistä voidaan valmistaa T-haara mallinen ratkaisu, jossa yhdistetään puhallusletku harmaaseen viemäriputkeen, jonka päät tiivistetään ja putkesta vedetään sähkökaapelien suoja-putkia, joita voidaan vetää jopa 20 vedenpoistoreikä kerralla. Asiantuntijamme suositteli tätä ratkaisua siksi, että hänen mielestään turbiini on simpukkapuhallinta tehokkaampi, ja tällä menetelmällä saadaan muovisukkaa tehokkaampi paineistus.

Yleisesti tuotantovaiheen jälkeistä aikaa silmällä pitäen on hyvä huomata, että ontelovedet saattavat joissakin harvinaisissa tapauksissa ilmetä vasta jopa kymmenen

vuoden kuluttua kohteen luovutuksen jälkeen. Tämä voi johtua siitä, että vesi on jäänyt ontelon sisään sillä tavoin, että se ei pääse syömään tietään ontelosta pois (välipohjan katossa on mahdollisesti käytetty eristettä, joka estää veden puhkaisemasta reikää ontelon läpi), mutta jokin syy voi aiheuttaa olosuhteiden muutoksen tai prosessi voi olla vain todella hidas, ennen kuin vesi lopulta syö tiensä betonimassan ja suojaavan kerroksen läpi.

Toimenpiteissä olisi tuotantovaiheessakin hyvä aina etukäteen harkita, mitä vahinkoa voidaan aiheuttaa pienissäkin töissä, jos tarvittavia toimenpiteitä vahinkojen ehkäisyyn ei tehdä. Siinä vaiheessa, kun asunnot ovat luovutuskunnossa ja kattoon ilmestyykin vielä onteloveden vauriolta vaikuttava reikä, on hyvä muistaa, ettei pelkkä alapuolen, eli lattian pintarakenteiden suojaus välttämättä riitä. Suositeltavaa on tässä tapauksessa niin sanotusti puhkaista ontelo pienellä 5-6 mm terällä, ja johtaa vesi saaviin teräslankaa pitkin. Kuitenkin vettä voi olla paljon ja se saattaa varotoimenpiteistäkin huolimatta purskahtaa paineella ontelosta. Tällöin vesi ei välttämättä valu suoraan alas, vaan paineen vuoksi saattaa levitä ympäri huonetta. Pitkään tyhjiössä, eli ontelotaskussa, ollut vesi muuttuu tyypillisesti emäksiseksi, ja aiheuttaa herkästi vaurioita seinien maalipinnoille, jos se pääsee niihin. Myös seinien suojaaminen on siksi tärkeää, eli suojauksen miettiminen tällaisessa yksinkertaiseltakin tuntuvassa työsuoritteessa korostuu poistettavan aineen (onteloveden) haitallisuuden takia.

Mikäli tilaa päädytään lämmittämään, etenkin siinä vaiheessa, kun kohde on jo luovutusvalmis, tulee aina huomioida, minne mahdollisesti haihtuva vesi päättyy. Lämmin ilma pyrkii kohoamaan ylöspäin ja tällä tavoin saatetaan aiheuttaa lisävaurioita, kun yritetään korjata toista vauriota. Tästä päästäänkin asiantuntijamme viimeiseen huomioon, eli työstä vastaavan työnjohtajan ja myös työntekijän ammattimaisuuteen. Ontelovesien kosteudenhallinnassakin voidaan edistyä työmailla paljon pelkästään sillä, jos työnjohtaja ja työntekijä ovat omilta osin perehtyneet aiheeseen ja pyrkivät aktiivisesti kehittämään omaa ammattitaitoaan. Kosteudenhallinnassa asiantuntijamme näkemyksen mukaan paljon on kiinni motivaatiosta ja halusta, että miten onnistuneita toimenpiteet lopulta ovat.

Muita yleisiä ohjeita haastattelumme aikana oli suorittaa dokumentointia etenkin riskikohdista, eli lähinnä onteloiden reunoista ja mahdollisten täyttöjen ja

läpivientkohtien osalta. Dokumentoinnin osalta myös valvonta ja suositeltavaa oli myös erityistoimenpitein pyrkiä varmistamaan, että vettä ei jää näihin onteloihin, esimerkiksi poraamalla useampia vedenpoistoreikiä ja tarvittaessa vaikka hyvin tiheästi, jotta veden poistaminen onnistuisi mahdollisimman hyvin. Lisäksi vesi tulee kerätä talteen, etenkin lähes valmiilla tai valmiilla mestalla, sillä pahimmassa tapauksessa ontelosta vesi valahtaa alemman kerroksen valmiiden pintarakenteiden päälle ja tuhoaa nämä valmiit pinnat, mutta saattaa myös edelleen löytää jotain reittiä alemman kerroksen ontelorakenteisiin. Lisäksi huomiota tulisi kiinnittää tilanteisiin, kun onteloita lähetään valamaan umpeen tai täyttämään, eli tässä tapauksessa valetun massan huolellinen täryttäminen, jotta veden säilymiselle otollisia taskuja ei pääse syntymään.

Yleisesti seuranta tulisi tehdä säännöllisesti etenkin riskipaikkojen suhteen, mutta myös kosteusmittauksin, jotka tosin eivät aina paljasta sitä, onko ontelon sisällä vettä. Mittausten avulla voidaan kuitenkin havainnoida se, jos ontelolaatta ei ala kuivumaan, niin rakenteessa on todennäköisesti paljon onteloon varastoitunutta vettä.

## 6 Toimivat menettelyt

### 6.1 Ontelolaattojen kosteudenhallinnan laadunvarmistus

Ontelovesien hallinnan kannalta prosessi alkaa todellisuudessa jo suunnittelupöydältä asti. Jo suunniteltaessa rakenteita tulisi huomioida, missä kohdin riskejä ontelovesien muodostumiselle syntyy, esimerkiksi missä kohdin joudutaan tekemään umpivaluja tai valumassa voi päätyä ontelon sisään. Tällaiset kohdat olisi huomioitava jo suunnittelussa ja mietittävä, voidaan näissä paikoissa ontelorakennetta korvata jollain muulla rakenteella.

Yksi haastatteluissa ehdotettu ratkaisu on toteuttaa onteloiden umpivalut jo elementtitehtaalla, jossa laadunvalvonta on työmaolosuhteita helpompaa. Elementtitehtaalle jäisi myös tässä tilanteessa vastuu valun laadukkaasta suorittamisesta ja mahdollisen onteloveden poistamisesta, mikä on myös helpompi toteuttaa tehtaalla, jossa toimitaan sääilmiöiltä suojatussa ja työmaahan verrattuna siistissä sekä helpommin hallittavassa ympäristössä.

Työmaan valmisteltavia töitä tehtäessä myös ontelovesien poiston suunnitteluun olisi syytä kiinnittää huomiota. Onteloiden poraussuunnitelma on hyvä laatia jo tässä vaiheessa ja miettiä, miten puhaltaminen tullaan toteuttamaan työmaalla, tehdäänkö se kaikille onteloille, vai esimerkiksi vain onteloille, joista on tullut vettä porauksen yhteydessä. Potentiaaliset ontelovesien muodostumisen riskikohdat on syytä ottaa huomioon poraussuunnitelmaa laadittaessa, jotta suunnitelmaan voidaan kirjata jo ennakkoon riskionteloihin porattavat lisäreiät.

Toteutusvaiheessa rungon lämmitystoimenpiteet ja kosteudenhallintatoimenpiteet ovat tärkeässä roolissa siinä, miten hyvin pystytään ehkäisemään veden kertyminen ontelolaattojen onteloihin. Talvella toimenpiteet lumen ja jään poistamisen suhteen ovat haasteena, mutta toisaalta pakkasolosuhteiden onnistunut hallinta auttaa huomattavasti veden kertymisen estämisessä. Sadevesi tai muualta ontelokentälle pääsevä vesi on myös syytä huomioida runkotyövaiheessa, ja vaikka toimenpiteitä on hankala kehittää niiden ehkäisemiseksi täysin, vähintään mitä voidaan tehdä, on dokumentoida olosuhteet ennen kentän umpeen valua, jotta tästä on olemassa dataa myöhempiä vedenpoistotoimenpiteitä ajatellen.

Ontelokentän läpivientireiät tai muut reiät, jotka tehdään etenkin ontelon yläpuolelle, tulee huomioida kosteudenhallintasuunnittelussa. Näistä rei'istä vesi tai lumi pääsee helposti onteloihin, joten ratkaisuja niiden suojaamiseksi ennen valua tai tilannetta, jossa ne eivät enää ole suoraan sääolosuhteiden tai valuvan veden alapuolella, olisi huomioitava jo etukäteen.

Riskipaikkojen tunnistaminen, ja etenkin reunat, läpivientipaikat tai ontelon täytöt tulee ottaa huomioon kosteudenhallintaa suunniteltaessa. Esimerkiksi lisälämmitys erityisesti ontelokentän reunojen tai läpivientien ja ontelon täyttöjen kohdalla, voi edesauttaa veden haihtumista. Heti valujen jälkeen tuleekin ontelolaattojen vedenpoistoreikien poraussuunnitelmaa päivittää, mikäli uusia riskipaikkoja uskotaan muodostuneen. Suunnitelmia päivittämällä toteutuksen yhteydessä saadaan parempi näkemys kokonaistilanteesta ja siitä, mihin kohtiin poraus tulisi toteuttaa esimerkiksi lisäämällä vedenpoistoreikiä. Sen jälkeen mitä nopeammin poraus saadaan käyntiin, sitä nopeammin saadaan mahdolliset ontelovedet poistettua ja pystytään aloittamaan muut kuivatustoimenpiteet, kuten onteloiden puhaltaminen. Koko prosessi voidaan aloittaa jo

runkovaiheessa, mutta silloin on hyvä huomioida, että runko itsessään ei välttämättä vielä ole niin tiivis, etteikö vesi voisi päätyä jotain kautta onteloihin uudestaan.

Poraussuunnitelman mukaan porausten toteuttaminen ja puhalluksen dokumentointi ovat toimivia menetelmiä laadunvarmistamiseksi. Hyvin laaditusta dokumentaatiosta voidaan todeta, onko poraus toteutettu suunnitelmien mukaan ja puhalluksessa tehdä tarkempaa jälkiseurantaa, kuinka kauan esimerkiksi puhallusta on suoritettu ontelokohtaisesti ja onko puhalluksessa ollut häiriöitä. Dokumentaatiosta tulisi voida siis varmentaa, miten yksittäinen ontelo on puhallettu, kuinka kauan sitä on puhallettu, onko sieltä tullut vettä porauksen tai puhalluksen aikana ja mahdolliset häiriöt voidaan kirjata ylös. Koska prosessi on paljon aikaa vievä, joten on hyvä miettiä jo ennakkoon, kuka dokumentoinnin toteuttaa ja miten.

Puhalluksen jälkeen jälkiseuranta ja muut toimenpiteet. Esimerkiksi lämpökamerakuvauksella voidaan vielä yrittää havaita mahdollisesti ontelon sisään jääneitä ontelovesiä, mutta tämä vaatii otolliset olosuhteet, jotta lämpötilaero ei ehdi tasaantumaan. Työmaalla voidaan toteuttaa lähinnä kohteessa kiertämistä ja silmämääräistä tarkkailua, ja näillä toimenpiteillä voidaan seurata mahdollisen veden kertymistä. Mitä aiemmassa vaiheessa mahdollinen piiloon jäänyt vesi huomataan, esimerkiksi harmaantuvan läikän muodossa välipohja- tai yläpohjarakenteessa, sitä nopeammin siihen kyetään reagoimaan, mikä yleensä myös tietää matalampia korjauskustannuksia ja koko työsuorituskin vaatii vähemmän aikaa. Niissä tilanteissa, kun kattoon on tehty jo tasoite- ja maalaustyöt, tulee korjaustoimenpiteet kalliimmiksi ja hankalemmiksi toteuttaa, mutta seurantaa ei kannata lopettaa edes edellä mainittujen työvaiheiden jälkeen, sillä mm. kalusteasennukset saattavat tulla kostean kohdan tielle, minkä jälkeen joudutaan huonommassa skenaariossa esimerkiksi purkamaan kaapistoja, jotta kuivaus voidaan toteuttaa. Jälkiseurantaa on hyvä jatkaa koko työmaavaiheen päättymiseen asti, vaikka sitä ei enää erikseen dokumentoitaisi.

## 6.2 Jatkotutkimukset työn hyödyntämisen ja yleisen tason näkökulmista

Jatkossa työn tuloksia voidaan hyödyntää NCC:n näkökulmasta kehittämään laadunhallintaa ontelolaattojen ontelovesien haasteiden suhteen. Työn tuloksia on

koottu hyödyntäen useiden asiantuntijoiden ja rakennusalan ammattilaisten tietotaitoja ja kokemuksia, jotka tarjosivat hyvät lähtökohdat laadunhallinnan kehittämiseen.

Laadunhallinnan toimenpiteet keskittyvät ehkäisyyn ja kuivatukseen, sekä selkeiden vaurioiden korjaustoimenpiteisiin. Opinnäytetyön kannalta näihin kohtiin keskittymällä voitiin saavuttaa konkreettisia tuloksia sikäli, että työn tulosten pohjalta voidaan lähteä kehittämään tarkastuskorttia, joka yhtenä osatekijänä voi auttaa työmaita ontelovesien hallitsemisessa, havainnoinnissa ja riskipaikkojen tunnistamisessa. Työssä ei kuitenkaan pystytty ottamaan kantaa siihen, miten eri tavoin ontelovesiä pääsee muodostumaan ja miten onteloiden vettä voidaan havaita. Tässä työssä sivuttiin lähinnä tilanteita, joissa vedellä on otolliset olosuhteet päästä onteloihin, kuten tilanteissa, joissa onteloihin tehdään reikiä mm. läpivientejä varten tai onteloiden tulppien peittäessä. Myös havainnoinnin suhteen tarjotut toimenpiteet olivat lähinnä silmämääräinen havainnointi ja lämpökamerakuvaus, joka toimii tietyissä olosuhteissa tietyn aikaikkunan sisällä.

Yleisesti laadunhallinnan kehittämiseksi tutkimusta tulisikin jatkaa sellaisten menetelmien ja ratkaisujen löytämiseksi, joilla onteloissa piileviä vesiä voitaisiin havaita mahdollisimman tarkasti ja missä vaiheessa tahansa niin tuotannon aikana, kuin myöhemminkin. Rakenteen sisälle on kuitenkin hankala nähdä millään menetelmällä rikkomatta sitä, eli työn näkökulmasta onteloa, ja mikäli onteloa aletaan fyysisesti työstämään, olisi syytä punnita, onko järkevää porata onteloa vain ontelovesien havainnoimiseksi, kun poraamalla reikiä mahdollistetaan kuitenkin tämän työn aikana läpikäydyt toimenpiteet ontelovesien hallintaan. Ontelovesiä havainnoiva laite tai menetelmä voisi loogisesti ajateltuna toimia muidenkin betonirakenteiden kosteuden havainnointiin, joten tällaisten ratkaisujen kehittäminen karsisi kuluja koko alalta kosteusongelmien takuukorjaustoimenpiteiden osalta ja myös tuotantovaiheessa. Sellaisessa tilanteessa, jossa pystyttäisiin suoraan toteamaan, onko ontelossa vettä vai ei, voitaisiin yksinkertaisesti porata vain tarvittavat vedenpoistoreiät ja porauksen jälkeen seuraamalla todeta, tarvitaanko vielä erillistä lisäpuhallusta. Toki tällaisen teoreettisen menetelmän suhteen olisi myös huomioitava itse menetelmän kustannukset ja miten se sitoo resursseja, joita tulisi peilata tämän hetken kustannuksiin esimerkiksi porauksen ja onteloiden puhaltamisen suhteen.

## 7 Yhteenveto ja loppusanat

Työn tavoitteena oli kerätä käytännönläheisiä ratkaisuehdotuksia NCC AR -yksikön työmaiden käyttöön, avata hieman työmailla käytössä olevia toimenpiteitä ja esittää erilaisia käytössä olevia ratkaisuja kosteudenhallintaan. Työn tavoitteena ei siis ollut syventyä ontelovesien muodostumisen teoriaan tai tarkempiin syihin, vaan tuoda vain esille ne tilanteet, joissa työmaalla voidaan vaikuttaa ontelovesien muodostumiseen.

Lopputulena havaittiin, että yksinkertaisilla toimenpiteillä voidaan vaikuttaa ontelovesien syntyyn ja niiden poistamiseen, joita ovat hyvä suunnittelu, huolelliset esitoimenpiteet ennen onteloiden asennusta ja ontelokentän valua, valuolosuhteiden ja valun onnistumisen huomiointi, vedenpoistoreikien poraus, onteloiden puhallus ja dokumentaatio sekä jälkiseurantatoimenpiteet. Koko prosessi vaatii kuitenkin oman aikansa ja on osin melko työläs, minkä vuoksi sitä on rajallisilla resursseilla toteutettavassa rakentamisessa hankala ehtiä toteuttamaan ja samaan aikaan valvomaan riittävällä tarkkuudella. Korjaustoimenpiteet eivät myöskään ole yleensä olleet kalliita esimerkiksi jälkimarkkinoinnin korjaustoimenpiteissä takuuajana, minkä takia on inhimillisestä näkökulmasta helppo perustella vastuullisten henkilöiden näkökulmasta, miksi tämä työvaihe ei ole prioriteettilistan kärkipäässä suurempien ja kriittisten työvaiheiden edellä.

Imagolisesti ontelovesien aiheuttamat vauriot ovat kuitenkin taas melko huomattavat, sillä ihmisten tietoisuus kosteusvaurioista, mikrobeista (homevauriot) ja sisäilmaongelmista on lisääntynyt, ja ontelovesien aiheuttamat kosteusvauriot ovat yleensä näkyvimmästä päästä rakennusvaiheessa tehtävistä virheistä, jotka voivat ilmetä myöhemmässä vaiheessa. Ontelovesi voi kuitenkin aiheuttaa isomman vesivahingon myöhemmin, jos ongelmaa ei korjata ja vesi jauhaa itselleen reitin ontelon läpi, päätyen esimerkiksi asunnon huonetilaan lattialle, josta se imeytyy lattian pintarakenteisiin ja voi päätyä pahimmassa tapauksessa vielä näiden läpi alemman kerroksen onteloihin.

Yleisesti työmailla oltiin sen kannalla, että laadunhallintaan tulisi panostaa, tai että se ei ainakaan ole haitaksi, jos laadunvarmistukseen panostetaan enemmän, mm. lisäämällä dokumentaatiota. Panostuksia toivottiin käytännön tasolla etenkin puhaltimiin ja

näkemys oli, että oman puhalluskaluston hankinta olisi vuokraamista parempi ratkaisu pidemmällä tähtäimellä, koska kalusto tulisi nopeasti tutuksi ja sen käyttö luontevammaksi. Puhalluksen toteuttamisesta on NCC:llä yleensä vastuulla omat työntekijät, jolloin he oppisivat tuntemaan kaluston ja sen toimintaperiaatteet ja toimintakyvyn sekä saataisiin jonkinlainen standardi sille, miten tehokas puhallus kyseisellä kalustolla on ja kauanko sitä tarvitsee suorittaa.

Työn tuloksia hyödynnetään myöhemmässä vaiheessa tarkastuskorttia laadittaessa, joka tulee congrid järjestelmään liitteeksi tai tarkastuskorttipohjaksi. Riippuen siitä, miten prosessi nähdään parhaaksi toteuttaa työmaan kannalta, voidaan työn tuloksista laatia useampikin tarkastuskortti, tai tarkastuskorttia pilkkoa pienempiin osiin, joita käytetään ontelovesien kosteudenhallinnan eri vaiheissa. Jatkoa ajatellen resursseja tulisi keskittää työn havaintojen perusteella menetelmiin ontelovesien havaitsemiseksi, sillä kerätyn aineiston perusteella asiaan on perehdytty vain pintapuolisesti, ja resurssit ovat keskitetty lähinnä menetelmiin kosteuden poistamiseksi mahdollisimman tehokkaasti.

## Lähteet

- 1 NCC Oy:n verkkosivut, <https://www.ncc.fi/tietoa-nccsta/ncc-konserni/historia/>, luettu 27.2.2021
- 2 Betoniteollisuus ry:n sivusto <https://www.elementtisuunnittelu.fi/runkorakenteet/laatat/ontelolaatat>, luettu 2.3.2021
- 3 Betoniteollisuus ry:n sivusto <https://www.elementtisuunnittelu.fi/Download/21864/Deltapalkki.pdf>, luettu 15.3.2021
- 4 Kosteudenhallinta.fi sivustot, <http://www.kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakenteet/vaelipohjat/ontelolaattavaeli-pohjan-kosteusriskikohtia>, 9.3.2021
- 5 [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/65559/ontelolaattojen\\_kosteudenhallinta\\_mestarityo.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/65559/ontelolaattojen_kosteudenhallinta_mestarityo.pdf?sequence=1)  
Ontelolaattojen kosteudenhallinta, 2013, opinnäytetyö, Tuomo Makkonen
- 6 RALA ry:n verkkosivusto, <http://kuivaketju10.fi/>, luettu 28.2.2021
- 7 FISE Oy:n verkkosivusto, <https://fise.fi/virhekortti/kosteudenhallinta-ontelolaattojen-onteloiden-vedenpoisto/>, luettu 10.3.2021
- 8 FISE Oy:n verkkosivusto, <https://fise.fi/patevyysspalvelu/hae-patevyytta/valvojat/kosteudenhallintakoordinaattori/>, luettu 10.3.2021
- 9 Ratu 0389, Ontelo- ja TT-laattaelementtityö, maaliskuu 2012
- 10 Ratu 0406, Piikkaus, paikkaus, timanttiporaus ja -sahaus, elokuva 2012
- 11 Parman ontelo- ja kuorilaatat asennus- ja työmaaohje, 25.8.2015
- 12 Kemppe Oy:n ohje pdf, <https://onedrive.live.com/?authkey=%21AEXwwQfKaJCNoC4&cid=BD59EFBF83E74EAA&id=BD59EFBF83E74EAA%21917&parId=BD59EFBF83E74EAA%21748&o=OneUp>  
BEKOMAT Betonilämmitysmuuntaja, Kemppe, luettu 30.3.2021
- 13 Congrid Oy:n verkkosivusto, <https://www.congrid.fi/tuotteet/>, luettu 19.3.2021

14 Congrid Oy:n verkkosivusto <https://www.congrid.fi/yritys/>, luettu 19.3.2021