

**SAVONIA**

ammattikorkeakoulu

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# KERROSTALOTYÖMAAN TALVIAI- KAISEN OLOSUHDEHALLINNAN KEHITYSTYÖ

Tekniikka ja liikenne

TEKIJÄ/T Jere Kouhia

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Rakennusmestarin tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Jere Kouhia	
Työn nimi Kerrostalotyömaan talviaikaisen olosuhdehallinnan kehitystyö	
Päiväys 27.3.2022	Sivumäärä/Liitteet 30/1
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) YIT Suomi Oy	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämä opinnäytetyö tehtiin YIT Suomi Oy:lle. YIT:n lähivuosien tavoitteena on lyhentää asuinkerrostalojen rakennusaikaa. Opinnäytetyössä tutkittiin asuinkerrostalon rakennusajan lyhentämistä talviaikana, erityisesti runkotyövaiheessa. Työssä keskityttiin työmaan olosuhdehallintaan ja sen tuomiin mahdollisuuksiin ja keinoihin.</p> <p>Olosuhdehallinnan teoriaa selvitettiin rakennusalan tietokirjallisuudesta ja Ratu-kortistosta. Myös YIT:n sisäistä laatujärjestelmää käytettiin teoriatiedon hankinnassa. Suurin osa työstä oli erilaisten toimintatapojen kokeilu Hjalmarin työmaalla. Hjalmarin runkotyövaihe sijoittui vuoden kylmimpiin kuukausiin. Toimintatapoja kokeiltiin ja kehitettiin betonilämmityskaapeleiden, tiiveyden, työmaasähköistyksen ja valaistuksen osalta. Tavoitteena oli työmaan olosuhteiden optimoiminen.</p> <p>Jokaisella työn osa-alueella löydettiin uusia toimintatapoja olosuhdehallintaan. Betonin lämmityskaapeleita kannattaa jatkossa käyttää valuissa enemmän ja monipuolisemmin. Asuinkerrostalon rungon vaippa on mahdollista saada nopeasti tiiviiksi, kun se tehdään suunnitellusti ja johdonmukaisesti. Työmaasähköistys kannattaa suunnitella kahteen erilliseen syöttölinjan, joista toinen on olosuhdehallinnalle ja toinen työmaan käyttöelektrille. Valaistus kannattaa aina jatkoissa suunnitella LED nauhavaloilille.</p> <p>Kerrostalon läpimenoaikaan vaikuttaa suuresti rungon olosuhdehallinnan onnistuminen, koska sen avulla kuivumisaika saadaan mahdollisimman lyhyeksi. Järjestelmällisten ja yhtenäisten olosuhdehallintakäytäntöjen kehitys on vasta alkuvaiheessa. Hyviä käytäntöjä kannattaa jakaa ja yhtenäistää, sekä jatkaa vielä parempien toimintatapojen tutkimista.</p>	
Avainsanat olosuhdehallinta, asuinkerrostalotyömaa, rakennusaika	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Construction Management	
Author(s) Jere Kouhia	
Title of Thesis Development Work of Wintertime Conditions Management of a Building Site	
Date 27 <sup>th</sup> March 2022	Pages/Appendices 30/1
Client Organisation /Partners YIT Suomi Oy	
<p><b>Abstract</b></p> <p>This thesis was commissioned by YIT Finland Oy. YIT's aim for the next few years is to shorten the construction time of residential apartment buildings. The aim of the thesis was to investigate the shortening of the construction time of a residential apartment building during winter, mainly during the framework phase. The work focused on condition management, and on opportunities and means it brings.</p> <p>The theory of condition management was studied in the literature on construction and the Ratu card register. YIT's internal quality system was also used to acquire theoretical information. Most of the work was an experiment in different ways of working at the Hjalmar site, the framework phase of which took place in the coldest months of the year. Procedures were developed for concrete heating cables, structural seal, site electrification and lighting with the aim of optimizing conditions.</p> <p>As a result, new approaches to condition management were found in each area of work. In the future, it is worth using more and more versatile concrete heating cables in castings. The casing of the frame of a residential apartment building can be quickly sealed when done as planned and coherently. Site electrification should be designed for two separate supply lines, one for condition management and the other for site power. Lighting should always be designed for LED strip lights in the future.</p> <p>The throughput time of an apartment building is greatly affected by the success of the condition management of the frame, as it helps to keep the drying time as short as possible. The development of systematic and uniform condition management practices is still in its initial stages. It is worth sharing and standardizing good practice and continuing to explore even better practices.</p>	
<p><b>Keywords</b> conditions management, residential apartment building site, construction time</p>	

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	6
1.1	Opinnäytetyön tausta ja tavoitteet .....	6
1.2	Toimeksiantaja YIT Oy .....	6
1.3	Menetelmät ja rajaukset .....	7
2	TEORIA .....	8
2.1	Betonin lämmityskaapeleiden tarkoitus ja käyttö .....	8
2.2	Talvirungon tiiveyden tekijät.....	10
2.3	Työmaan sähköverkon ominaisuudet.....	11
3	TUTKIMUS/ KEHITTÄMISTYÖ .....	14
3.1	Betonin lämmityskaapeleiden käyttökohteiden tutkiminen.....	14
3.2	Vaippa tiiviiksi mahdollisimman nopeasti .....	18
3.3	Työmaasähkön toimintavarmuuden parantaminen .....	23
4	TULOKSET .....	27
4.1	Kuivatuskaapeleiden käytön lisääminen .....	27
4.2	Runko nopeammin tiiviiksi .....	28
4.3	Riittävä työmaasähkö ja moderni valaistus.....	28
5	POHDINTA.....	29
	LÄHTEET .....	30

## KUVALUETTELO

KUVA 1. Vuosikatsaus (YIT 2021).....	7
KUVA 2. Keskusyksikkö ja termostaattikaapeli (Betonitieto 2022) .....	8
KUVA 3. Lämmitys kaapelin asennus ohje (Pistesarjat 2013).....	10
KUVA 4. Työmaan sähköistyskaavio (Ratu 02-3037 Työmaan sähköistys 2003, 6) .....	12
KUVA 5. VSS lattian lämpölangat (Kouhia 2021).....	15
KUVA 6. Väestösuojan holvin lämmityskaapelit (Kouhia 2022).....	16
KUVA 7. Lämmityskaapelien pistotulpat (Kouhia 2022) .....	16
KUVA 8. Valukaistassa lämmityskaapeli (Kouhia 2022).....	17
KUVA 9. Lämmityskaapeleiden asennuskuva (Kouhia 2022) .....	18
KUVA 10. Maatyöt käynnissä (Kouhia 2022).....	19
KUVA 11. Alakerran yksinkertainen muovitus aukoissa (Kouhia 2022).....	19
KUVA 12. Väliaikainen ulko-ovi (Kouhia 2022).....	20
KUVA 13. Portaiden alapään muoviovi (Kouhia 2022) .....	20
KUVA 14. Parvekkeen muoviovi (Kouhia 2022).....	21
KUVA 15. Ikkunat asennettu (Kouhia 2022) .....	22
KUVA 16. Hissikuiluntaso alhaalta (Kouhia 2022).....	22
KUVA 17. 125A pääalakeskukset omilla virransyötöillä (Kouhia 2022) .....	24
KUVA 18. Alakeskusten käyttötarkoitukset kylteissä (Kouhia 2022) .....	24
KUVA 19. Pallovalon ja LED valonauhan kokoero varastoidessa (Kouhia 2022) .....	25
KUVA 20. Vioittunut LED nauha (Kouhia 2022).....	26
KUVA 21. Kerroksen yleisvalaistus (Kouhia 2022) .....	26

## 1 JOHDANTO

### 1.1 Opinnäytetyön tausta ja tavoitteet

YIT:llä on yhtenä sen lähivuosien kehitystavoitteena tavoitteena tehostaa kerrostalojen rakentamista ja siten lyhentää niiden rakennusaikaa. Rakennusajan lyhentäminen vaatii tarkemman ja tehokkaamman työsuunnittelun lisäksi myös rakennuksen olosuhteiden optimoimista rakennusaikana. Optimaalisissa olosuhteissa rakennuksen runko pysyy kuivana ja lämpimänä, ja betonirakenteet kuivuvat pinnoituskuiviksi nopeammin. Näin rakennusaikaa saadaan lyhennettyä ja rakennuksen tekninen loppulaatu pysyy hyvänä.

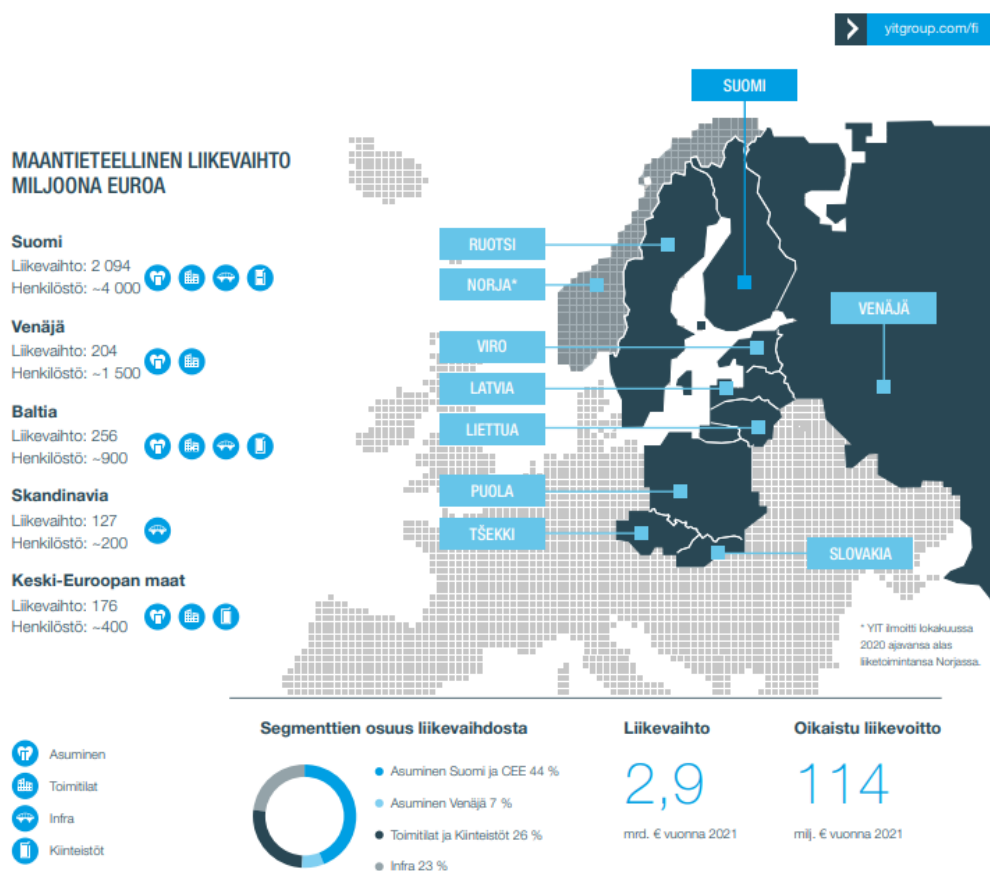
Tämän työn tarkoitus on selvittää ja kehittää hyviä toimintatapoja talviajan kerrostalotyömaille olosuhdehallinnan näkökulmasta. Työhön on valittu sellaisia olosuhdehallinnan osa-alueita, joilla on mahdollista lyhentää työmaan aikataulua. Teen tämän työn As Oy Jyväskylän Hjalmarin työmaan runkovaiheen aikana. As Oy Jyväskylän Hjalmar on 6-kerroksinen asuinkerrostalo, johon rakentuu 41 kpl asuntoja Kankaan asuinalueelle Jyväskylään. Työmaan maarakennustyö on aloitettu marraskuussa 2021 ja työmaan vastaanotto on lokakuun lopussa 2022. Rakennus on betonirunkoinen ja se koostuu valmiiksi eristetyistä seinäelementeistä ja ontelolaatoista. Ajallisesti runkovaiheen rakentaminen sijoittuu kylmimpään talvikauteen, tammi-maaliskuulle 2022. Hyödynnän työni tutkimus- ja kehitysasioissa työmaan runkovaihetta. Runkotyön aikana tavoitteeni on kerätä tietoa eri lähteistä. Kerätyn tiedon pohjalta kokeilen erilaisia toimintatapoja kyseisellä työmaalla ja kehitän niitä nopeammiksi ja helpommin toteutettaviksi. Kokeilujen tulosten avulla kerään hyviä toimintatapoja YIT:lle siihen, miten voidaan olosuhdehallinnalla vaikuttaa työmaan aikatauluun.

Talviaikaisen runkorakentamisen suurimpia haasteita ovat olosuhdehallinnan näkökulmasta lumisaateet ja lämpötilan vaihtelut. Holville eli rakennuksen päälle sataa lunta, sulaessaan lumi kastelee alempia kerroksia ja tämä taas viivästyttää seuraavien työvaiheiden aloitusta. Kovat pakkaset talviaikana luovat haasteita sekä holvin että pystysaumojen betonointiin. Talviaikana joudutaan myös miettimään työmaan sähkön kokonaistarvetta tarkemmin, jotta sähkökapasiteetti riittää talon peruslämmitykseen sekä erilaisiin lisälämmityksiin, kuten kivetuskapeleihin ja lämpöpuhaltimiin. Lisäksi sähköä tarvitaan myös työkoneiden käyttöön. Rungon olosuhdehallinnassa on myös tärkeää, että rakennus saadaan nopeasti lämpimäksi ja ylimääräinen kosteus poistetaan riittävällä tuuletuksella.

### 1.2 Toimeksiantaja YIT Oy

YIT on suurin suomalainen rakennusliike. YIT on toiminut rakennusalalla jo 110 vuoden ajan ja on kasvanut yli Suomen rajojen merkittäväksi pohjoiseurooppalaiseksi hankekehittäjäksi ja rakennusyhtiöksi. Nykyään YIT:n toiminta-alue kattaa Pohjois-Euroopan sekä joitain Keski-Euroopan maita. YIT:n toimialueeseen kuuluvat asuinrakentaminen, toimitilarakentaminen, infrarakentaminen ja aluerakentaminen. YIT on ottanut omaksi asiakseen luoda asiakkailensa entistä parempia elinympäristöjä, jotka toimivat ja kestävät toimivina ratkaisuin vuodesta toiseen. YIT pyrkii myös vaikuttamaan omilla teoillaan sekä valinnoillaan ilmastonmuutokseen hillitsevästi. Tämä edellyttää jatkuvaa kehitystä ja tarvetta löytää uusia tapoja hyödyntää resursseja. YIT pyrkii myös pyörittämään vastuullisesti liiketoimintaansa joka päivä. YIT työllisti vuonna 2021 noin 7000 työntekijää kymmenessä eri maassa. Vuonna 2021 YIT konsernin liikevaihto oli 2,9 miljardia euroa. YIT Oy:n osake noteerataan

Nasdaq Helsinki Oy:ssä. Alla olevassa kuvassa on avattu tarkemmin liikevaihdon ja henkilöstön lukuja (kuva 1). (YIT Suomi Oy 2021).



KUVA 1. Vuosikatsaus (YIT 2021)

### 1.3 Menetelmät ja rajaukset

Tämän opinnäytetyön tiedon keräämiseen käytän Hjalmarin työmaata, jossa toteutan työmaalla tutkimusta sekä kehitystyötä. Kerään tietoa myös muista eri lähteistä ja vertaan sitä kyseisen työmaan käytäntöön, sekä omiin käytäntöihin ja ideoihin. Näiden avulla testataan ja kehitetään työmaan toimintatapoja. Työn aihe rajautuu kerrostalotyömaan rungon tiiviiksi saamiseen, jotta lämpö pysyy sisällä ja tutkimukseen, mihin kaikkialle kuivatuslankoja kannattaa laittaa. Näiden avulla betonirakenteet pääsevät kuivumaan ja päästään tekemään seuraavia työvaiheita. Lisäksi tarkoituksena on tutkia ja kehittää työmaalle työmaa-aikainen sähköverkko, jossa riittää kapasiteettia valaistukselle, työkoneille, kivetuskapeleille ja tarvittavaan lisälämmitykseen. Kerrostalotyömaan runkovaiheen sähköntarpeeseen vaikuttaa myös se, kasataanko runko autonosturilla vai torninosturilla.

## 2 TEORIA

### 2.1 Betonin lämmityskaapeleiden tarkoitus ja käyttö

Betonin lämmityskaapeli on valamutuotissa olevaan raudoitukseen kiinnitettävä lämmityskaapeli, joka kytketään betonivalun jälkeen pistotulpalla sähköverkkoon. Välittömästi betonivalun jälkeen lämmityskaapeli auttaa betonivalua pysymään sulana ja kovettumaan nopeammin. Myöhemmin lämmityskaapeli auttaa betonia kuivumaan nopeammin. (Betonitieto 2022).

Talviaikana yleisesti lämmityskaapeleita käytetään betonivaluissa estämään betonin jäätyminen ennen kuin se saavuttaa vaadittavan jäätymslujuuden 5MN/m<sup>2</sup>. Lämmityskaapelien käyttöä suositellaan aloitettavaksi jo 5 °C lämpötilassa. Itse betoni kehittää lämpöä kovettuessaan, mutta kovilla pakkasilla ja pienissä valuissa betonin oma lämmöntuotto ei riitä. Näissä tapauksissa lämmityskaapelit asennetaan betonin oman lämmönkehityksen tueksi. Lämmityskaapeleilla saadaan myös nopeutettua betonin kuivumista valuissa. (Betonitieto 2022).

Näillä yleisimmin rakennustyömailla käytössä olevilla verkkovirralla toimivilla lämmityskaapeleilla teho on noin 40 wattia metrillä. Jotta lämmityskaapeleita voidaan käyttää, tulee työmaalla olla riittävästi sähköä käytössä sähkökeskuksissa. Työmaan sähköalakeskuksissa on 16A sulakkeita ja yhden 16A sulakkeen perään voidaan pistää noin 85 m lämmityskaapelia. Lämmityskaapeleiden varastomitat vaihtelevat 3–85 metrin välillä. (Betonitieto 2022).

On myös olemassa verkkovirralla toimivia lämmityskaapeleita, joissa on termostaatti tehon säätämistä varten niin ettei tuoteta liikaa lämpöä. Niillä voidaan pitää myöhemmin yllä pienempää lämpöä betonivalussa. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää keskusyksikköä, johon voidaan kytkeä 8 lämmityskaapelia ja termostaatti kaapeli, joka asennetaan betoniin (kuva 2). Termostaatti kaapeli katkaisee virran kesuksesta silloin kun betonin lämpötila ylittää määritetyn ylärajan. Kun lämpötila on taas tippunut tarpeeksi alas, kesukseen palaa virrat, jolloin lämmityskaapelit alkavat lämmittämään jälleen betonia. (Betonitieto 2022).



KUVA 2. Keskusyksikkö ja termostaattikaapeli (Betonitieto 2022)

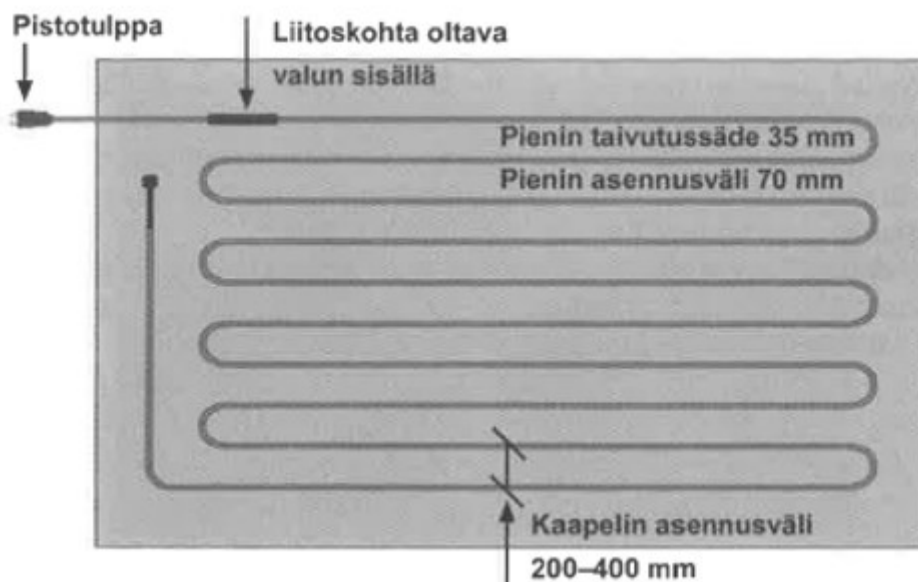


Lämmityskaapeleiden huonoja puolia on se, että ne vaurioituvat herkästi, kun betonia valetaan. Esimerkiksi sauvatäryttimellä voidaan vahingossa vioittaa lämmityskaapelia, kun tiivistetään betonia. Vioittunut kaapeli huomataan vasta aikaisintaan valun päätyttyä tai pahimmassa tapauksessa seuraavana päivänä, jolloin betoni on saattanut päästä jäätymään. Lisäksi lämmityskaapeleiden asentaminen on hidasta, koska lämmityskaapeli on rullalla ja tämä sotkeentuu ja menee solmuun herkästi asennusvaiheessa. Lämmityskaapelit ovat kertakäyttöisiä, koska ne asennetaan valuun sisälle. Lämmityskaapelit tarvitsevat paljon virtaa, joka täytyy huomioida työmaiden sähköistyksessä (taulukko 1). (Betonitieto 2022).

TAULUKKO 1. BET-kaapeleiden tyypillisiä pituuksia ja tehoja (Betonitieto 2022)

Tyyppi	Pituus m	Teho W	Ohm/m
Bet 3,3/130	3,3	130	122,5
Bet 10/380	10	380	14,02
Bet 20/735	20	735	3,58
Bet 35/1400	35	1400	1,04
Bet 55/2200	55	2200	0,437
Bet 85/3200	85	3200	0,196

Lämmityskaapeleiden alin asennuslämpötila on  $-15^{\circ}\text{C}$ . Mikäli on kylmempi, tulee lämmityskaapelit lämmittää sisätilassa ennen asennusta. Lämmityskaapeleita asentaessa tulee aina huomioida, että lankojen tulee olla vikavirtasuojakytkimen takana. Eli sähkökeskuksissa, joita käytetään virran syöttöön lämmityskaapeleille, tulee olla vikavirtasuojakytkin. Keskuksien suojakytkimien laukaisuvirta tulee olla enintään 30mA. BET-Betoninkovetuskaapelin asennus ohjeen mukaan lämmityskaapeli tulee tarkastaa ennen asennusta, että se on suunnitelman mukainen ja sen vastus sekä eristevastus on toleranssi alueella. Itse asennus lähtee liikkeelle avaamalla pakkaus ja purkamalla kaapelikerä. Tämän jälkeen se kiinnitetään valussa oleviin raudoitteisiin. Kiinnitys voidaan suorittaa nippusiteillä tai rautalangalla. Kaapelin asennusväli on 20–40 cm. Kaapeli tulee olla kokonaan betonin sisällä siten, että vain liitoskohdasta lähtevä pistotulpan johto jää näkyviin valusta. Kaapelin ei tule mennä liikuntasaumojen läpi eikä sen asennusväli saa missään kohtaa alittaa 7 cm (kuva 3). Lämmityskaapeliin saa kytkeä virran vasta, kun se on kokonaan betonin sisällä ja kaapeleiden vastus ja eristevastus on tarkastettu. Valun lämpötila, jota lämmitetään kaapeleilla, saa nousta enintään  $60^{\circ}\text{C}$ . Samassa yhtenäisessä valussa lämpötila erot saavat olla enintään  $20^{\circ}\text{C}$ . Betonin lämmön ylläpitämisen tueksi voidaan käyttää erilaisia sääsuoja. (Pistesarjat 2013).



KUVA 3. Lämmitys kaapelin asennus ohje (Pistesarjat 2013)

## 2.2 Talvirungon tiiveyden tekijät

Talviaikaisen kerrostalotyömaan rungon rakenteiden kuivuminen varmistetaan huolehtimalla, että jokaisen valmiin kerroksen vaippa saadaan mahdollisimman nopeasti tiiviiksi. Kun vaippa on tiivis kerroksen lämmitys, voidaan aloittaa. Lämmitettyihin kerroksiin tulee järjestää riittävä ilmanvaihto kosteuden poistoon, koska betonirakenteet kuivessaan vapauttavat runsaasti kosteutta ilmaan. Kun kerroksen vaippa on tiivis, tulee lämmitys pyrkiä säätämään  $+20^{\circ}\text{C}$ :een ja ilman suhteellinen kosteus pitämään enintään 50 %. Tällöin ilma pystyy sitomaan parhaiten kosteutta kuivuvien rakenteiden pinnoilta. Kerrostalon runkoa kuivattaessa on tärkeä tietää, mihin kosteus rakenteista poistuu. Jos riittävää ilmanvaihtoa ei ole järjestetty tiivistyy se ilmasta helposti mm. kattoon onteloiden alapintaan, josta se voi imeytyä ontelolaattaan. (Ratu S-1236 Olosuhteiden hallinta rakentamisessa 2021, 12)

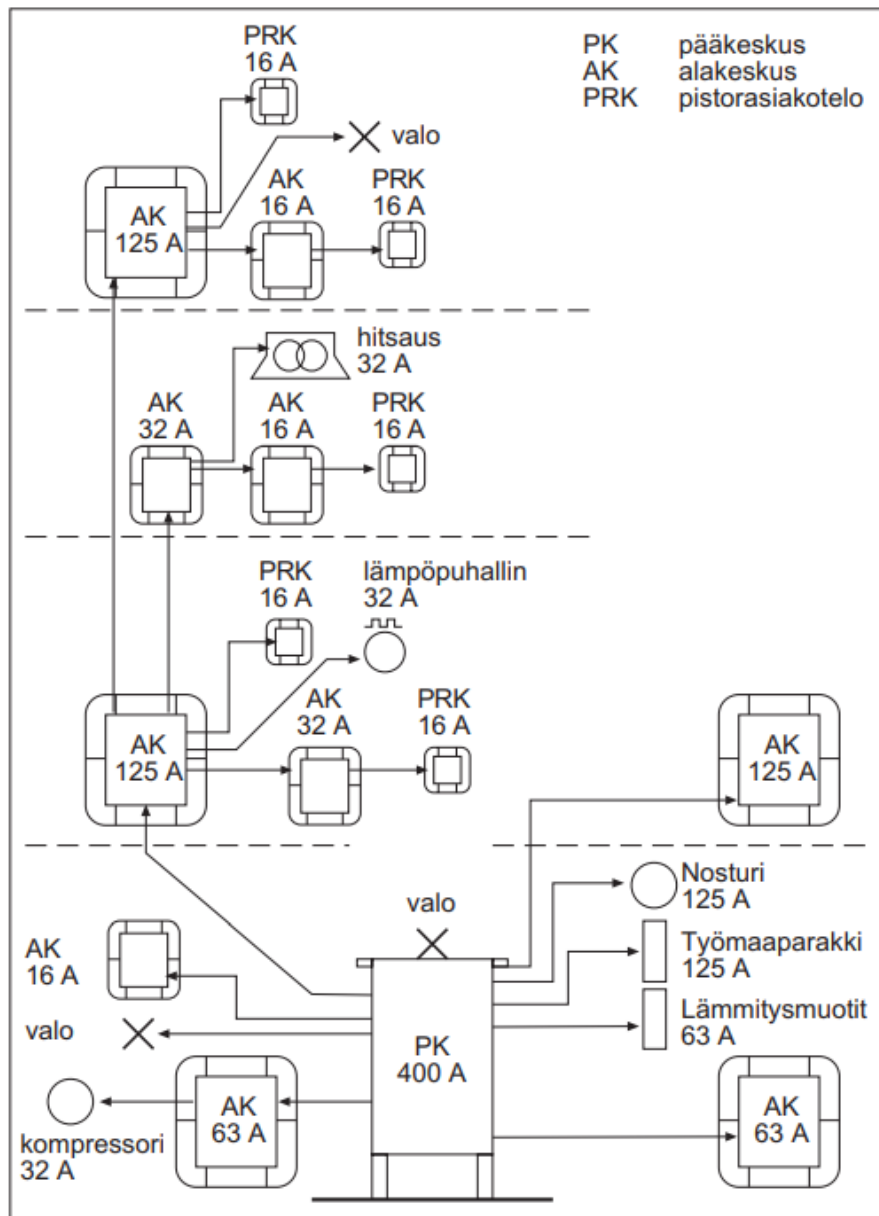
Talviaikaisen kerrostalotyömaan vaipan tiiviiksi saaminen on tärkeä ja haastava työvaihe. Elementtirunkoisissa kerrostaloissa on monia mahdollisia vuotopaikkoja, joista kylmä ilma pääsee taloon sisälle. Näistä suurimpia ovat ulkoseinässä olevat ovi- ja ikkuna-aukot. Kerrostalon runkoa rakennettaessa on tärkeä saada valmiit kerrokset heti lämpimäksi, jotta seuraavat työvaiheet päästään aloittamaan mahdollisimman nopeasti. Yhtenä suurimmista haasteista on rungon aikana holville satava lumi, joka sulaessaan valuu kerroksiin kastellen runkoa, jota yritetään kuivata. Lumi poistetaan holville aina ensisijaisesti lumena, eikä sulateta sitä rakenteisiin. Mikäli talviaikana ei runkoa saada lämpimäksi vaikuttaa se kriittisesti aikatauluihin, koska runko ei pääse kuivamaan. Sisärakennusvaiheen aloittavat työt vaativat riittävän kuivat ja lämpimät betonipinnat, jotta ne voidaan aloittaa. (YIT 2022)

## 2.3 Työmaan sähköverkon ominaisuudet

Työmaasähköllä tarkoitetaan sähköverkkoa, joka rakennetaan työmaalle rakentamisen käyttöön. Sähkölaitos osoittaa verkostaan paikan, josta liittyminen yleiseen verkkoon voidaan suorittaa. Tässä kohdassa on yleisen sähköverkon ja työmaasähköverkon raja, johon asennetaan työmaa-aikainen sähköpääkeskus. Sähköpääkeskukselta eteenpäin on työmaan rakennettava työmaan ajaksi sähköverkko, joka kattaa työmaan koko sähköntarpeen. Työmaan suunnitteluvaiheessa joudutaan jo miettimään, mihin kohtaan työmaan sähköpääkeskus sijoitetaan ja miten työmaan sähköistys tulee kulkemaan työmaalla, jotta läpimenopaikkoja osataan tehdä tarvittaessa elementteihin ja muihin rakenteisiin. Lisäksi työmaan sähkösuunnitteluvaiheessa tulee laskea, kuinka paljon työmaa tulee enimmäkseen käyttämään yhtäaikaaisesti sähköä, jotta pääkeskus osataan mitoittaa oikein. Pääsulakkeen pääkeskukseen voi nopeasti mitoittaa siten, että mikä on suurin yhteen laskettu yhtäaikainen kuorma kaikilla työmaan sähkölaitteilla, lämmityksellä, nosturilla sekä valaistuksella (taulukko 2). Näiden yhteen laskettu summa tulee kertoa 1,5:llä, tuloksi tulee ampeerimäärä, joka pyöristetään ylöspäin seuraavaan sulakekokoon. Tämän sulakkeen perusteella valitaan sähköpääkeskuksen koko. Mitoitus on tehtävä tarkasti, koska jälkeempään pääkeskuksen koon muuttaminen on haastavaa, ellei jopa mahdotonta ja lisäksi erittäin kallista. (Ratu 02-3037 Työmaan sähköistys 2003, 6).

Työmaan sähköistysuunnitelman laadinta on haastava ja tärkeä työvaihe. Sähköistysuunnitelma laaditaan hyödyntäen asemapiirustusta sekä aluesuunnitelmaa. Sähköistysuunnitelmaan tulee merkitä työmaan pääkeskuksen ja jakeluverkon paikka. Lisäksi on tehtävä selkeä kaavio työmaasta, jossa näkyy eri sijainneissa olevat alakeskukset ja niiden koot sekä syötöt (kuva 4). Alakeskusten paikat määräytyvät työmaan paikkakohtaisen sähköntarpeen mukaan. Työmaan sähkökeskuksissa, jotka toimivat voimavirralla, tulee aina olla vikavirtasuojakytkin 30mA laukaisinrajalla. Vikavirtasuojakytkin suoja sulakkeita sekä työntekijöitä. Mikäli sähkölaitteeseen, joka on kytketty alakeskukseen, tulee sähkövika, vikavirtasuojakytkin laukeaa. Vikavirtasuojakytkimen laukeaminen katkaisee jännitteen alakeskuksesta. Yleisin syy vikavirtasuojakytkimen laukeamiseen työmaalla on kosteus. Alakeskuksissa on tarkistuspainike vikavirtasuojalle, jonka toimivuus kannattaa säännöllisesti tarkistaa. (Ratu 02-3037 Työmaan sähköistys 2003, 6).

Työmaan valaistus täytyy suunnitella niin, että työmaalla on riittävä valaistus turvallista kulkemista varten. Myös jokaiseen työpisteeseen on saatava riittävä valaistus, jotta työ pystytään turvallisesti suorittamaan loppuun. Valaisimet on saatava mahdollisimman ylös, jotta vältytään mahdollisimman paljon valoista johtuvasta häikäisystä. (Ratu 02-3037 Työmaan sähköistys 2003, 6).



KUVA 4. Työmaan sähköistyskaavio (Ratu 02-3037 Työmaan sähköistys 2003, 6)

TAULUKKO 2. Työmaakoneiden sähkötehotarve. (Ratu 02-3037 Työmaan sähköistys 2003, 6)

			teho kW
Nosturit	koottavat	nostokyky tm	
		< 100	35-62
		100-140	50-85
		140-200	60-105
		200-300	90-160
		> 300	90-250
itsensä kokoavat	< 50	18-20	
	50-100	40-50	
	> 100	50	
Henkilönostimet			
nivelpuomiset	pyörälustainen		0,5
	peräkärri		1-3
saksilavat	pyörälustainen		23
	peräkärri		4-15
mastonostimet	hammastanko		1,5
	teleskooppi		1,5-2,5
Hissit			
	tavara		1-10
	henkilötavara, nostoteho 500 kg		6-12
Hitsausvarusteet			
tasasuuntaajat	160 A		4,5
	200 A		5,5
generaattorit	170 A		5,9
Terästen käsittelykoneet			
	taivuttimet < 50 mm		3
	katkaisimet 32 mm		4
Betonisekoittimet			
	tilavuus		
	140 l		0,3
	160 l		0,3
	250 l		1,1
Täryttimet			
	sauvatäryttimet		1,3
	tärypalkit		0,3-0,5
Betonin lämmitys			
	muottilämmitys		
	suurmuotit/betoni-m <sup>3</sup>		1,4-2,5
	pöytämuotit/betoni-m <sup>3</sup>		1-1,3
	lankalämmitys/betoni-m <sup>3</sup>		1-4
	infrapunasäteilijät		
	pienet		2-7
	suuret		12-35
Imubetonipumppu			
Hierro- ja hiomakoneet			
	kattohiomakone		1,1
	betoninhietokone		1,1
	betoninhiomakone		1,5
	parkettihiomakone		2,2
Pölyn- ja vedenimurit			
	< 200 m <sup>3</sup> /h		0,6-1,2
	200-500 m <sup>3</sup> /h		2,2-9,2
	> 500 m <sup>3</sup> /h		4-9
Asbesti-imurit			
	150-2500 m <sup>3</sup> /h		4-11
Timanttileikkauslaitteet			
holvisaha	paino	95 kg	4
		paino 140 kg	7,5
		paino 175 kg	7,5
		paino 375 kg	11
		paino 10 kg	1,1
porakone	paino	10 kg	1,1
		paino 70 kg	3
urajyrsin	paino	8 kg	2,1

			teho kW
Pora- ja piikkauskoneet			
terä		20 mm	0,5
		38 mm	0,9
		50 mm	1,2
		90 mm	1,5
Kulmahiomakoneet			
laikka		115 mm	0,6
		180 mm	1,1
		230 mm	2,1
Kompressorit			
ilmantuotto		0,2 m <sup>3</sup> /min	0,6
		0,3 m <sup>3</sup> /min	2,2
		0,9 m <sup>3</sup> /min	5,5
		1,5 m <sup>3</sup> /min	11
	3 m <sup>3</sup> /min	22	
Korkeapainemaaluslaitteet			
pienet			0,6
	keskisuuret		1,3
	suuret		1,6
Uppopumput			
	400 l/min (3 m)		<1
	700 l/min (3 m)		1-2
	1000 l/min (3 m)		>2
	1500 l/min (3 m)		3-7
	4500 l/min (3 m)		7-15
	6000 l/min (3 m)		15-25
	7000 l/min (3 m)		>25
Lämmitys- ja sulatuskalusto			
lämpöpuhaltimet			
	pienet		3-9
	keskisuuret		15
	suuret		20-38
	höyrykehitin, 660 kg/h		2
	lämmitysmatto, 3 m <sup>2</sup>		1,1
	lämmitysmatto, 6 m <sup>2</sup>		2,4
Pienet käsityökoneet			
porakoneet	terä 10-13 mm		<0,5
	terä 16 mm		>0,5
	käsiypörösahat		1
	pistosahat		0,5
ketjusahat	pienet		<1,5
	suuret		>1,5
	käsihöylät		0,8
	tasohiomakoneet		0,4
	nauhahiomakoneet		0,8
Puutyökoneet			
	rakennussirkkeli		3-4
	halkaisu- ja jiiirisahat		1,2-1,7
Työmaasuojat			
	sosiaalitila (2,4 x 6), ei lämmitystä		3
	sosiaalitila (2,4 x 6)		5
	varastotila, kylmä		0,5
	viipaleparakki, kW/m <sup>2</sup>		0,1
	keittiötila		10-20
Valaisinlaitteet			
	kolmijalat		0,5-1
	valonheittimet		0,2-1,5
	sisätyövalonheittimet		0,5-1,5

### 3 TUTKIMUS/ KEHITTÄMISTYÖ

#### 3.1 Betonin lämmityskaapeleiden käyttökohteiden tutkiminen

YIT:llä ei ole ollut olemassa selkeää ohjeistusta, mihin kaikkialle betonin lämmityskaapeleita tulisi tai kannattaisi käyttää. Hjalmarin työmaalla lähdimme selvittämään hyviä toimintatapoja kaapeleiden käyttöön. Lämmityskaapeleilla on kaksi tyypillistä käyttötarkoitusta kerrostalorungolla. Ensimmäinen käyttötarkoitus on betonia valaessa jäätyminen estäminen tuottamalla lisälämpöä valun sisälle lämmityskaapelin avulla ja toinen on myöhemmin betonin kuivattaminen tuottamalla vastaavasti lämpöä lämmityskaapelin avulla betonin sisälle.

Hjalmarin työmaalla käytettiin ensimmäisen kerran lämmityskaapeleita paalulaatan valussa ulkolämpötilan ollessa  $-10^{\circ}\text{C}$ . Paalulaatta oli iso kokonaisuus ja betonista itsessään kehittyi paljon lämpöä sen kovettuessa. Lämmityskaapeleita asennettiin tulevien seinälinjojen alle ja molemmin puolin niitä. Näillä lämmityskaapeleilla saatiin tuettua seinälinjan sulana pysyminen kylmäbitumin levitystä, sekä seinäelementtien asennusta sekä niiden juurivalua varten.

Ensimmäisen kerroksen sokkelielementtien sekä väliseinäelementtien juurivaluun asennettiin lämmityskaapelit estämään betonivalun jäätymistä, koska betonin määrä oli pieni näissä valuissa. Työmaalla oli myös muita erilaisia pieniä nostovaluja, joihin asennettiin lämmityskaapelit estämään betonivalun jäätymistä ja nopeuttamaan valujen kovettumista.

Väestösuojan lattiavaluun asennettiin lämmityskaapelit (kuva 5), koska valettava lattia oli ohut ja siitä johtuen sen oma lämmöntuotto ei olisi riittänyt estämään jäätymistä. Lämmityskaapeleita asentaessa tuli huomioida, että lämmityskaapelit jäivät riittävän kauaksi seinien raudotteista, jotta väestösuojan seinämuottia rakentaessa ei vahingossa osuta betoniruuville lämmityskaapeliin ja rikota sitä.



KUVA 5. VSS lattian lämpölangat (Kouhia 2021)

Väestösuojan holvin valussa lämmityskaapelit asennettiin holvin alapinnan rauditusverkkoon (kuva 6), jotta myöhemmin kun holviin porataan ylhäältäpäin betoniruuveja niin ne eivät ylety vioittamaan lämmityskaapeleita. Lämmityskaapeleiden asennukset suunniteltiin siten, että kaikkien kaapeleiden pistotulpat tulivat samasta kohtaa valusta ulos (kuva 7). Väestösuojaa valaessa lämmityskaapelit estävät holvin jäätymistä yhdessä väestösuojan sisälle asennettujen lämmittimien kanssa. Myöhemmin, kun holvi on jo kovettunut, lämmityskaapelit voidaan kytkeä takaisin päälle auttamaan holvin kuivattamisessa. Väestönsuojan holvi on paksu betonirakenne, joka on tyypillisesti hitaasti kuivuva kohde työmaalla.



KUVA 6. Väestösuojaan holvin lämmityskaapelit (Kouhia 2022)



KUVA 7. Lämmityskaapelien pistotulpat (Kouhia 2022)

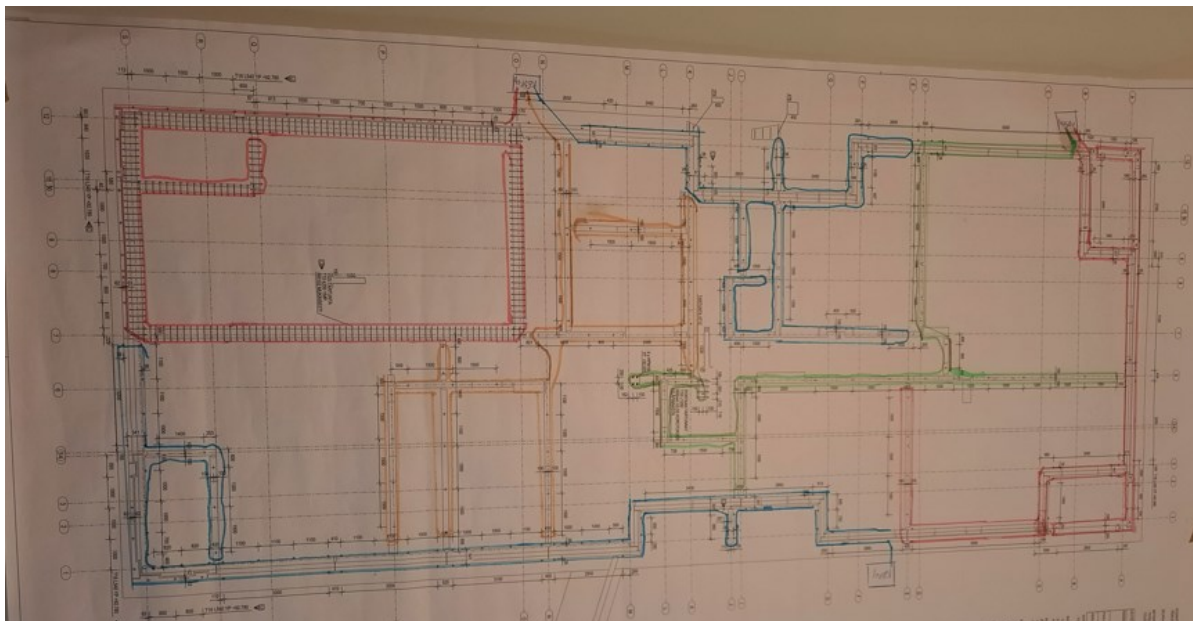


Kerrosten välisissä ontelokenttäholveissa lämmityskaapeleita käytettiin valukaistoissa ja seinälinjoissa (kuva 8). Näissä on tärkeää, että betoni ei jäädy ja kovettuu mahdollisimman nopeasti. Usein jo valun jälkeisenä päivänä holvin päälle asennetaan seuraavan kerroksen betoniseinäelementtejä, jotka voivat painaa jopa 10 tuhatta kiloa.



KUVA 8. Valukaistassa lämmityskaapeli (Kouhia 2022)

Kehitimme Hjalmarin työmaalle paalulaatan raudoituksiin asennettaville lämmityskaapeleille asennuskuvan. Kuvaan oli merkitty, mihin kohtiin lämmityskaapelit asennetaan seinälinjoille ja mistä kohdista ne kytketään sähköverkkoon (kuva 9). Tavoitteena oli saada sijoitettua lämmityskaapeleiden virransyöttöä varten paalulaatan luo vain kolme alakeskusta, johon kaikki lämmityskaapeleiden pistotulpat voisi kiinnittää suoraan ilman ylimääräisten jatkojohtojen asentamista.



KUVA 9. Lämmityskaapeleiden asennuskuva (Kouhia 2022)

Yhtenä parhaimmista kehitystuloksista työmaalla oli se, että väestösuojan holvin lämmityskaapelit saatiin kiinnitettyä holvin alempaan rauditusverkkoon. Sillä suljettiin pois riski vioittaa vahingossa lämmityskaapeleita yläkautta. Toisena hyvänä kehitystuloksena oli tuoda lämmityskaapeleiden pistotulpat samasta kohdasta pois valusta. Tällöin pistotulpat ovat helppo pitää ehjänä ja kun betoni on kovettunut, ne voidaan tarvittaessa ottaa holvin kuivatusta varten käyttöön.

### 3.2 Vaippa tiiviiksi mahdollisimman nopeasti

Hjalmarin työmaalla aloitettiin rakennusvaipan tiivistäminen jo ensimmäisen kerroksen elementti-asennuksen aikana heti kun kerroksen holvin ontelot oli asennettu paikoilleen. Ensimmäinen kerros täytyi saada mahdollisimman nopeasti lämpimäksi, koska ulkolämpötila vaihteli 0 °C asteesta -20 °C asteeseen. Tämä tarkoittaa, että kaikki ensimmäisen kerroksen vaipassa olevat reiät täytyi saada umpeen, jotta sinne voitaisiin järjestää lämmitys. Ensimmäiseen kerrokseen ikkunoita ei ollut mahdollista asentaa vielä silloin, koska sisäpuoliset maatäytöt olivat käynnissä. Maatäyttötöiden vuoksi ikkunoiden jako asennuspaikoille olisi ollut lähes mahdotonta, koska ikkunat olivat normaalia suurempia ja todella painavia (kuva 10). Ikkuna-aukkojen ummistamista kokeiltiin ensin yksinkertaisella muovilla sekä tuplamuovielementillä (kuva 11). Ensimmäisessä kerroksessa tehtiin ikkuna-aukkoihin myös kaksi haalausaukkoa, jotka olisivat mahdollisimman nopeita ja helppoja avata ja sulkea. Vertailussa olivat tuplamuovielementti sekä puusta ja EPS-eristeestä tehty tuplaovi. Näistä kätevämmäksi osoittautui puusta ja EPS-eristeestä tehty saranoitu tuplaovi. Molempien tekemisessä kului suunnilleen yhtä paljon aikaa, mutta tuplaovi kesti paremmin käytön kulutusta. Oviaukkoihin, joista oli työmaakulku ensimmäiseen kerrokseen, asennettiin puusta ja EPS-eristeestä tehdyt ovet (kuva 12). Kierreportaiden alapäähän tehtiin muoviovi, joka oli yläpäästä kiinni ja alapäässä oli rimat painona (kuva 13). Muut pienemmät reiät tukittiin EPS-eristepaloilla.



KUVA 10. Maatyöt käynnissä (Kouhia 2022)



KUVA 11. Alakerran yksinkertainen muovitus aukoissa (Kouhia 2022)



KUVA 12. Väliaikainen ulko-ovi (Kouhia 2022)



KUVA 13. Portaiden alapään muoviovi (Kouhia 2022)

Toisessa kerrokseen ikkuna-aukot päädyttiin suojaamaan yksinkertaisella muovilla, koska tupla-muovielementit olivat hitaita tehdä. Parvekelinjojen oviin sekä porraskäytävään asennettiin muovista ovet, jotka olivat yläpäästä rimalla kiinni seinässä ja alhaalla rima painona, jotta ovi pysyy kiinni (kuva 14). Hissikuilun taso tehtiin lankusta ja vanerista. Muut pienemmät reiät tukittiin EPS-eristeellä.



KUVA 14. Parvekkeen muoviovi (Kouhia 2022)

Kolmannessa kerroksessa kehitystyötä jatkettiin kahden alemman kerroksen perusteella. Tavoitteena oli jättää turhia työvaiheita pois ja edelleen parantaa käytäntöjä. Kehitystyö aloitettiin ikkuna-aukkojen ummistamisen kohdalta, jossa testattaisiin lopullisten ikkunoiden asennusta paikoilleen. Ikkuna-aukkojen muovittaminen on kannattavaa vain ensimmäisessä kerroksessa, koska ikkunoiden jakaminen kerroksessa on vaikeaa ennen lattian valua. Näihin alimman kerroksen elementteihin voi olla kannattavaa tilata ikkunamuovit valmiina betonielementtitehtaalta, mutta se vaikeuttaa hieman elementtien asentamista. Ylemmissä kerroksissa ei kannata asentaa muoveja ikkunoihin, vaan asentaa ikkunat heti paikalleen, kun elementti on asennettu (kuva 15). Betonielementtitehtaalta ei kannata tilata ikkunoiden muovittamista valmiiksi näihin kiviin, koska muovit ovat haittana elementti-asennuksessa ja ne joudutaan poistamaan miltei heti ikkunoita asentaessa. Ikkunan ja betonielementin välistä saumaa vaahdottaessa kannattaa jättää yläreunaan noin 15 cm tyhjää kohta, jotta ilma pääsee kerroksessa vaihtumaan ja kosteus pääsee tuulettumaan sisältä ulos.



KUVA 15. Ikkunat asennettu (Kouhia 2022)

Hissikuilun tasoa levennettiin mahdollisimman lähelle seiniä, koska tämä on helpoin tapa estää lämmön karkaaminen kerroksesta. Kun hissikuilun taso on tiivis ei porraskäytävän puolelle tarvitse tehdä erillistä muovitusta (kuva 16). Hissikuilun tason ja seinän väliin on aiemmin jätetty noin 5 cm rako, jotta seinien maalaus sujuisi helpommin.



KUVA 16. Hissikuiluntaso alhaalta (Kouhia 2022)

### 3.3 Työmaasähkön toimintavarmuuden parantaminen

Hjalmarin työmaalle työmaasähköistyksen ja valaistuksen kehittäminen aloitettiin tutkimalla kohteen suunnitelmia ja sitä, miten edellisen työmaan työmaasähköistyksessä oli onnistuttu. Näiden pohjalta valittiin kehityskohteiksi valaistuksen modernisoiminen sekä työmaasähköistyksen uuden nousujohtokaavion tekeminen työmaan rungolle siten, että se riittää työmaan valaistukselle, lämmitykselle, torninosturille, lämmityskaapeleille, väliaikaiselle lämmönvaihtimelle ja työntekijöiden käyttöön. Edellisellä työmaalla oli sähköpääkeskukselta vedetty maan sisällä muoviputki, jonka toinen pää tuli ensimmäisen kerroksen käytävän seinän viereen ja nousi siinä lattiasta läpi huonetilaan. Putken yläpuolelle tuli 125A työmaan pääalakeskus, josta koko kerrostalorungon sähköistys tehtiin. Valaistus tehtiin pääosin pallovaloilla, joita voitiin ketjuttaa useampi peräkkäin.

Hjalmarin alkuperäisessä nousujohtokaaviossa oli suunniteltu työmaan ensimmäiseen kerrokseen yksi 125A pääalakeskus, josta oli jokaiseen kerrokseen vedetty joko 63A alakeskus tai 32A alakeskus. Näistä jokaisessa kerroksessa olevasta alakeskuksesta oli tarkoitus ottaa kyseisen kerroksen valaistuksen, lämmityksen, lämpölankojen ja työhön käytettävä sähkö.

Alkuperäistä nousujohtokaaviota tutkiessa todettiin että, kerroksien keskuksset eivät riitä työmaan sähköön kulutukseen talvesta johtuen. Nousujohtokaaviota kehitettiin ennen työmaan sähköistämistä (liite 1). Työmaan ensimmäiseen kerrokseen tuli kaksi pääalakeskusta, jotka saivat virtansa erillisiä kaapelointeja pitkin työmaan ulkona olevasta sähköpääkeskuksesta (kuva 17). Jokaiseen ylempään kerrokseen asennettiin kaksi alakeskusta. Molemmilla keskuksilla oli oma käyttötarkoitus. Ensimmäiseen keskukseseen laitettiin punainen kyltti, jossa luki keskuksen tarkoitukset "valot, lämmitys ja lämpölangat". Toiseen keskukseseen laitettiin violetti kyltti, jossa luki "työhön käytettävä sähkö" (kuva 18). Näillä kylteillä pyrittiin varmistamaan, että työntekijät tietäisivät kummasta keskuksesta ottaa tarvitsemansa sähkö.



KUVA 17. 125A pääalakeskukset omilla virransyötöillä (Kouhia 2022)



KUVA 18. Alakeskuksien käyttötarkoitukset kylteissä (Kouhia 2022)



Työmaan yleisvalaistusta kehitettiin vaihtamalla pallovalot eri pituisiksi LED nauhoiksi. Pallovalojen ja LED nauhojen suurimpina hyötyeroina on se, että LED nauhat valaisevat paremmin ja ovat helpompia ja nopeampia asentaa, sekä valaistuksen myöhäisempi muokkaaminen on helpompaa. Lisäksi LED nauhojen käyttöikä on huomattavasti pidempi kuin pallovaloilla ja työmaan päätyttyä LED nauhojen varastointi vie vähemmän tilaa ja on tästä syystä helpompaa (kuva 19).



KUVA 19. Pallovalon ja LED valonauhan kokoero varastoidessa (Kouhia 2022)

Yhteen kerrokseen LED nauhaa meni Hjalmarin työmaalla kaksi 50 m LED nauhaa. Väestösuojaan asennettiin 20 m LED nauha. LED nauhoja asentaessa tulee huomioida, että LED nauhaan ei koskaan saa laittaa virtaa ennen kuin se on kokonaan purettu rullalta. Mikäli LED nauhaan laitetaan virta, kun se on rullalla, kuumenee ja palaa rullalla oleva loppu LED nauha käyttökelvottomaksi (kuva 20). LED nauha asennettiin siten, että se kytkettiin aina kerroksen lämmitystä ja valaistusta varten olevasta alakeskuksesta, joka sijaitsi käytävällä. LED nauha kävi lenkin jokaisen asunnon eteisessä noin kahden metrin verran ja palasi sitten aina käytävälle ja siitä seuraavaan asuntoon (kuva 21).



KUVA 20. Vioittunut LED nauha (Kouhia 2022)



KUVA 21. Kerroksen yleisvalaistus (Kouhia 2022)

## 4 TULOKSET

### 4.1 Kuivatuskaapeleiden käytön lisääminen

Kehitystyön tuloksena onnistuttiin luomaan työmaalle uusia hyviä toimintatapoja, joilla onnistuttiin poistamaan osa riskeistä vioittaa lämmityskaapeleita. Lämmityskaapeleita oli aikaisemmin käytetty huomattavasti vähemmän. Aikaisempi käyttö on ollut pääsääntöisesti estämään valun jäätymistä. Kehitystyön tuloksena työmaalla kiinnitettiin lämpölankojen asennuksessa enemmän huomiota niiden sijainteihin ja siihen mistä kohdasta pistotulppien päät tulevat ulos valusta. Toisena tuloksena säästettiin myös jatkojohtojen määrässä, koska kahdesta kolmeen lämpölankaa saatiin samaan jatkojohtoon tai useampi suoraan alakeskukseen.

Onnistuimme myös kehittämään käytännön, kuinka väestösuojan holvissa olevia lämmityskaapeleita voidaan paremmin hyödyntää kuivatuksessa. Kun lämmityskaapelit asennetaan holvin alimpaan raudoituskerrokseen ei elementtiasennuksessa ole mahdollista vahingossa porata lämmityskaapeleihin, koska lämmityskaapelit kulkevat 25 cm syvyydellä.

Paalulaattaan tuleville lämmityskaapeleille onnistuimme kehittämään pohjakuvan, johon oli merkattu selkeästi lämmityslankojen sijainnit. Kuvan avulla työntekijöiden on helpompi ja nopeampi asentaa lämpökaapelit. Lisäksi lämmityskaapelit toimivat varmemmin, koska lämmityskaapelit tulevat suoraan alakeskuksiin kiinni.

Ontelokenttien valuihin tulleet lämmityskaapelit pyrittiin asentamaan siten, että niiden pistotulpat nousivat vain kahdesta kohdasta ulos valusta. Tämä helpotti lämmityskaapeleiden sähköistystä ja ne pystytään myöhemmin ottamaan helposti kuivatuskäyttöön, jos kosteusmittaustuloksissa ilmenee tarvetta siihen. Kun kaapelien nousukohta on suunniteltu etukäteen ja oikein ei kaapelia jouduta katkaisemaan liian aikaisin esimerkiksi päälle asennettavan seinän tai muun rakenteen vuoksi.

Lämmityskaapeliksi kannattaa aina valita mahdollisimman pitkä kaapeli ja sijoittaa mahdollisimman monta pistotulpan päätä samaan kohtaan valuun, jotta lämmityskaapeleiden sähköistys on yksinkertaista toteuttaa.

Mitä vähemmän jatkojohtoja joudutaan asentamaan, sitä varmempaa lämmityskaapeleiden toiminta, koska olosuhteille alttiita kaapeliliitoksia on vähemmän. Kun holvilla on vähemmän jatkojohtoja, kompastumisvaara pienenee ja työturvallisuus paranee. Jatkojohtojen määrän vähentyminen vaikuttaa myös suoraan niiden hankintakustannuksiin, koska työmaaolosuhteissa jatkojohtojen tyyppillinen käyttöikä on melko lyhyt.

#### 4.2 Runko nopeammin tiiviiksi

Kehitystyön tuloksena onnistuttiin poistamaan kokonaan ikkunoiden muovituksen työvaihe. Toisena tuloksena ikkunoiden myös jako asennuspaikoille helpottui. Kun ikkunat jaettiin ja asennettiin heti ulkoseinäelementin asennuksen jälkeen, eivät väliseinäelementit olleet asennuksen tiellä. Järjestys ja siisteys paranivat, koska isoja ikkunanippuja ei jäänyt kerrokseen odottamaan asennusta. Kehitystyön myötä onnistuttiin myös saamaan lämpö kerrokseen päivää aiemmin. Lämmön saaminen päälle päivää aikaisemmin poisti pystysaumojen sulattamistyövaiheen ennen pystysaumarin tuloa sekä holvin höyrytstarpeen ennen valua.

Ikkuna muovitustyövaihe on täysin turha työvaihe, jos ikkunat on mahdollista asentaa heti paikalleen. Ikkunoiden muovitus vie ajallisesti kahdelta työntekijältä yhdessä kerroksessa noin 3–4 tuntia. Samassa ajassa nämä kaksi työntekijää ehtivät jakamaan kaikki ikkunat asennuspaikoille ja yksi työntekijä ehtii asentamaan ne paikalleen. Vastaavasti, jos ikkuna muovitukset otetaan elementtitehtaalta, elementtitehdas veloittaa siitä ja silti ikkunat täytyisi asentaa tulevaisuudessa paikalleen.

Jos lämpöjä ei saada kerrokseen päälle päivää ennen, kun pystysaumarit tulevat joudutaan huonoissa sääolosuhteissa resursoimaan pystysaumauspäivänä kaksi työntekijää jäisten pystysaumojen sulatukseen 4–6 tunniksi. Runkovaiheen aikana työmaalla ei normaalisti ole ylimääräisiä henkilöresursseja siirtää saumojen sulattamiseen, joten ammattitaitoisen resurssin löytäminen voi olla haastavaa.

Näiden työvaiheiden jääminen pois vaikuttaa merkittävästi työmaan ajalliseen henkilöresurssien käyttöön sekä kustannuksiin. Myös työmaan logistinen toimivuus paranee, kun tarvikkeet saadaan asennettua nopeammin paikoilleen.

#### 4.3 Riittävä työmaasähkö ja moderni valaistus

Kehitystyön tuloksena työmaalle saatiin kestävämpi ja vakaampi työmaasähköistys, joka riitti työmaan rungon aikaiseen käyttöön. Lisäksi saatiin selkeämmät ohjeet työmaan sähköistystä tekeväälle henkilölle, sekä käyttäjille selkeät ohjeistukset mistä mihinkin tarpeeseen sähköä voidaan ottaa.

Talviaikaista kerrostalorunkoa tehdessä työmaasähköjen vakaa toiminta on tärkeää. Sähköjentoistuva katkeaminen vaikuttaa lämmityskaapeleiden ja talon lämmityksen toimintaan ja sitä kautta laatuun ja aikatauluun. Sähkövirran katkeaminen katkaisee myös valaistuksen kerroksista, jolloin sisällä on pimeää ja työmaalla liikkuminen ei ole turvallista. Lisäksi aina kun sähköt katkeavat, vikapaikan selvittämisessä menee aina aikaa ja usean henkilön työskentely katkeaa.

Työmaan yleisvalaistus pystyttiin suorittamaan 13 LED nauhalla, kun taas pallovaloja olisi tarvittu vähintään 70 kappaletta valaisemaan sama alue. LED nauhoilla saadaan tasaisempi ja tehokkaampi valaistus kuin pallovaloilla. LED nauhojen käyttöikä oikein käytettynä on huomattavasti pidempi kuin pallovaloilla. Kustannusten osalta valaistuksen loppuhinta tulee olemaan suunnilleen sama molemmilla tavoilla toteutettuna, kun vertaillaan hintaa yhden työmaan ajalle. Jos samoilla työmaalle ostetuilla LED nauhoilla pystytään toteuttamaan toinenkin työmaa, on LED nauhojen hinta jo huomattavasti edullisempi. Lisäksi työmaan päätyttyä valojen varastointi seuraavaa työmaata varten vie vähemmän tilaa varastokonteista.

## 5 POHDINTA

Rakennustyömaiden olosuhdehallinta on noussut suureen rooliin työmailla. Olosuhdehallinnalla pystytään vaikuttamaan suuresti seuraavien työvaiheiden aloitukseen ja tätä kautta aikatauluihin. Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää ja luoda hyviä toimintatapoja talviaikaisille kerrostalorungoille olosuhteiden hallintaan Hjalmarin työmaan runkovaihetta hyödyntäen. Työmaalla kokeiltiin erilaisia toimintatapoja ja pyrittiin kehittämään niitä paremmiksi.

Työn tekemiseen teoria-aineiston löytäminen oli muilta-osin helppoa, paitsi kerrostalon rungon vaiipan tiiveyden osalta ei ollut juurikaan teoriatietoa saatavilla. Kerrostalon rungontyön aikainen olosuhteiden hallinta on tulevaisuudessa entistä tärkeämpää laadukkaan rakentamisen varmistamiseksi. Kerrostalorunkojen läpimenoaikaa pyritään koko ajan lyhentämään, jotta rakentamisen tehokkuus paranee. Jos sisävaiheen asennukset aloitetaan liian kosteille betonipinnoille voi siitä aiheutua monenlaisia ongelmia rakennukselle.

Työn tutkimus ja kehitystyövaiheeseen Hjalmarin työmaa oli erittäin hyvä kohde. Kerrostalon rungon aikana sää vaihteli -25 pakkasasteesta +10 asteeseen ja rungon aikana satoi paljon lunta. Nämä talviolosuhteet loivat haastavat, mutta erittäin hyvät mahdollisuudet kokeilla ja kehittää uusia toimintatapoja.

Talviajat ovat haastavia suurien lämpötilavaihteluiden ja lumisateiden takia. Kun lumi sataa rungon aikana ontelokentälle, on se saatava mahdollisimman nopeasti pois lumena. Jos lunta ei saada pois ja lämpötila vaihtuu plussan puolelle, lumi sulaa ja kastelee koko kerrostalon rungon ja hidastaa rungon kuivumista. Alempiin kerroksiin valuva vesi aiheuttaa myös työmaasähköistyksessä katkoja, kun vikavirtasuojakytkimet alkavat kosteuden takia laukeamaan. Sähköjen katketessa sammuu kerrostalosta lämmitys ja betonin lämmityskaapeleiden toiminta lakkaa.

Olosuhdehallinnan suunnittelu tulee aloittaa jo rungon betonielementtejä suunniteltaessa, jotta työmaasähköistyksen läpivientireiät saadaan tehtäällä betonielementteihin. Lisäksi betonielementtisuunnittelussa täytyy miettiä, teetetäänkö ulkoseinäelementteihin ikkunamuovituksia vai saadaanko ikkunat asennettua heti paikalleen, kun ulkoseinäelementit on asennettu. Olosuhdehallintaan ei riitä, että vain työnjohto sitoutuu hoitamaan työmaan olosuhteita. Myös työntekijöiden täytyy olla sitoutuneita olosuhteidenhallintaan ja ymmärtää sen tärkeys.

Tämän opinnäytetyön ansiosta sain itselle paljon lisää tietoa olosuhdehallinnasta ja siitä, miten paljon se vaikuttaa aikatauluihin. Opinnäytetyön ohella kehitimme myös muita kehitysideoita olosuhdehallintaan liittyen, joita aion pyrkiä parantamaan tulevaisuudessa.

## LÄHTEET

Betonitieto vuosi 2022. Betonin lämmitysmenetelmät. Verkkojulkaisu. Päivitetty 2022. <https://www.betonitieto.fi/tyomaat/betonitoiden-johtaminen-talonrakentaminen/betonityot/talvibetonointi/betonin-lammitysmenetelm.html>. Viitattu 10.3.2022.

Pistesarjat. BET Betoninkovetuskaapeli asennusohje 2013. Julkaistu 2013. <https://betoninkovetus.fi/wp-content/uploads/2012/10/BET-asennusohje-2013.pdf>. Viitattu 11.3.2022.

Ratu S-1236 Olosuhteiden hallinta rakentamisessa 2021. Helsinki: Rakennustieto Oy, Rakennustietosäätiö RTS, Mit-taviiva Oy. <https://rt.rakennustieto.fi/etusivu>. Viitattu 7.3.2022.

Ratu 02-3037 Työmaan sähköistys 2003. Helsinki: Rakennusteollisuus RT ry, Rakennustietosäätiö RTS. <https://rt.rakennustieto.fi/etusivu>. Viitattu: 8.3.2022.

YIT. 2021. YIT vuosikatsaus 2021. [www.yitgroup.com/siteassets/investors/annual-reports/2021/yit\\_vuosikat-saus\\_2021\\_fi.pdf](http://www.yitgroup.com/siteassets/investors/annual-reports/2021/yit_vuosikat-saus_2021_fi.pdf). Viitattu 19.2.2022.

YIT. 2022. Olosuhdehallinta. Viitattu 7.3.2022.

## LIITE 1: NOUSUJOHTOKAAVIO

