

Matias Koskinen

# Betonielementtirunkotyöt talviolosuhteissa

Metropolia Ammattikorkeakoulu  
Insinööri (AMK)  
Rakennustekniikka  
Opinnäytetyö  
27.4.2011

Tekijä(t) Otsikko	Matias Koskinen Betonielementtirunkotyöt talviolosuhteissa
Sivumäärä Aika	42 sivua + 4 liitettä 27.4.2011
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Rakennustuotantotekniikka
Ohjaaja(t)	työpäällikkö Arto Souranmaa vastaava työnjohtaja Risto Piha
<p>Insinööriyön tavoitteena oli tutkia ja kehittää talviolosuhteiden vaikutusta betonielementtirunkotöihin asuinkerrostalokohteessa. Työn tavoitteena oli koota kattava selvitys elementtirunkotöiden kulusta, talvirakentamisesta sekä talviolosuhteiden vaikutuksesta kustannuksiin ja aikatauluun. Projektin tavoitteenasettelu tehtiin yhdessä asiakasyritys YIT Rakennus Oy:n kanssa.</p> <p>Tutkimusprojekti toteutettiin havainnoimalla Etelä-Suomessa rannikolla sijaitsevan referenssikohteen aikataulua, toteutuneita kustannuksia sekä työskentelytapoja ja valittujen järjestelmien tehokkuutta ja käyttökelpoisuutta. Havainnointi tapahtui talven 2010–2011 aikana, jolloin olosuhteet olivat kohteen sijainti huomioon ottaen keskimääräistä haastavammat. Toisaalta tutustuttiin jo olemassa olevaan tietoon talviolosuhteiden aiheuttamista vaikutuksista kustannuksiin, aikatauluun ja työskentelyyn.</p> <p>Insinööriyössä etsittiin betonielementtirunkotöiden työskentelytapoihin ja käytettäviin järjestelmiin, kuten valittuun lämmitysmuotoon ja elementtien käsittelyyn liittyviä ongelmia ja vaihtoehtoja työskentelyn ja kustannuksien tehostamiseksi. Talviolosuhteiden vaikutusta työskentelyyn havainnoitiin niin kustannusten, aikataulun kuin työskentely-ympäristönkin kannalta. Projektin aikana tutustuttiin eri työskentelytekniikoihin, lämmitysmuotoihin, erilaisissa olosuhteissa työskentelyyn sekä töiden ennakkosuunnitteluun.</p> <p>Insinööriyön tuloksena syntyi kokonaisuus betonielementtirunkotöiden tehokkaalle toteuttamiselle talviolosuhteissa. Potentiaaliset ongelmat koostettiin yhteen, eri järjestelmiä ja tuotantotekniikoita vertailtiin sekä laskennallisesti vertailtiin työmaan eri tekijöiden vaikutuksia kustannuksiin ja aikatauluun.</p> <p>Insinööriyön kokemukset osoittivat, että talviolosuhteiden aiheuttamat kustannukset vaihtelevat suuresti eri kohteiden välillä. Valitut ratkaisut vaikuttavat aikatauluun ja kustannuksiin omalta osaltaan, mutta huolellisella ennakkosuunnittelulla ongelmat ja niiden seuraukset voidaan minimoida.</p>	
Avainsanat	elementtirunkotyöt, talviolosuhteet, talvityö, talvityölisä, talvikustannukset

Author(s) Title	Matias Koskinen Building with Precast Concrete in Winter Conditions
Number of Pages Date	42 pages + 4 appendices 27 April 2011
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civi Engineering
Specialisation option	Construction and Site Management
Instructor(s)	Arto Souranmaa, Work Manager Risto Piha, Site Supervisor
<p>The objective for this final project was to study how winter conditions affect using precast concrete in buildings. The target was to gather a comprehensive report on how to build with precast concrete and how winter affects costs and schedule.</p> <p>The project was executed by observing the assembly of the reference buildings frame. The reference building is located on the coast of Southern Finland. Timetable, costs and working habits as well as the effectiveness of chosen systems were observed during winter 2010-2011. Information found in different sources was also a significant part of the project.</p> <p>Alternative systems for heating, working methods, working safety and planning were examined. Effects of winter were examined and compared in terms of expenses, timetable and working environment.</p> <p>Finally the costs and timetable were examined with different variables. Possible problems, their effects and solutions to prevent these problems were compiled together. Wide range of instructions and rules were assembled to help the works in construction site to reach better results in terms of costs, time and working safety.</p>	
Keywords	winter conditions, precast concrete, winter costs, framework

## Sisällys

1	Johdanto	1
2	Elementtirunkotyöt	2
2.1	Asennussuunnitelma	2
2.2	Betonelementtien asennustyö	4
2.2.1	Asennusta edeltävät työt	4
2.2.2	Elementtien asennustyö	6
2.2.3	Viimeistely ja jälkityöt	7
2.2.4	Työturvallisuus	8
3	Talviolosuhteet rakennustyömaalla	10
3.1	Talviolosuhteiden määrittely	11
3.2	Vaikutus kustannuksiin	12
3.2.1	Talvikustannusten muodostuminen	13
3.2.2	Kokonaistyömenekin kasvu	13
3.2.3	Materiaalihukat ja materiaalimuutokset	14
3.3	Talvikustannusten määrittäminen	14
3.3.1	Materiaalin hinta- ja menekkitiedot	14
3.3.2	Tarvittava kalusto	14
3.3.3	Lämmityskalusto	15
3.3.4	Vaikutus aikatauluun	16
3.4	Työturvallisuus	17
4	Betonelementtirunkotyöt talviolosuhteissa	17
4.1	Kustannukset	17
4.2	Aikataulu	25
4.3	Erytishaasteet	25
4.3.1	Pahimmat ongelmat ja niihin varautuminen	25
4.3.2	Lämmitysmuodot ja niiden vaatimukset	32
4.3.3	Saumavalujen toteutustapa	34
4.3.4	Kuljetukset työmaalle ja työmaalla	35
4.3.5	Elementtien varastointi	37
4.3.6	Valettavat osat ja niiden vaatimukset	38

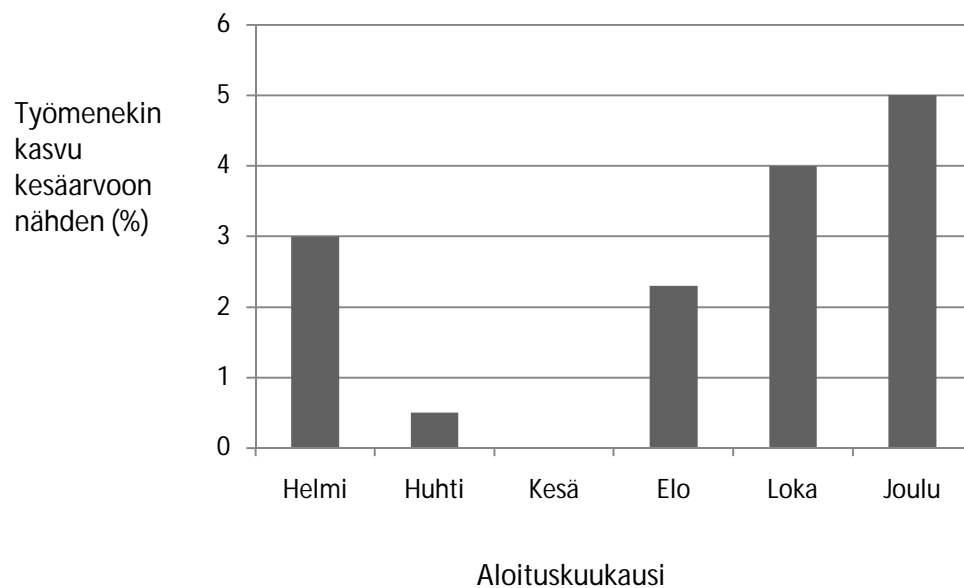


5	Yhteenveto	39
	Lähteet	41
	Liitteet	
	Liite 1. Talviolosuhteiden menekkitietoja	
	Liite 2. Elementtiasennuksen työmenekkitietoja	
	Liite 3. Talviolosuhteiden kustannusten lähtötiedot	
	Liite 4. Talviolosuhteiden aiheuttamat kustannukset	

## 1 Johdanto

Rakennustyömaalla talvi on lähes aina ongelmallista aikaa. Lumen, jään ja pakkasen keskellä hyvää rakentamistapaa vaalivan ja vaatimustason täyttävän jäljen tekeminen annetulla budjetilla ja aikataululla osoittautuu monesti mahdottomaksi tehtäväksi. Työmenekki ja siten myös työkustannukset kasvavat useita prosentteja kesäolosuhteisiin nähden, lämmitykseen varatut rahat loppuvat kuukaudessa ja työturvallisuuden hallinta vaikeutuu. Huolellisella ennakkosuunnittelulla ongelmat voidaan minimoida melko tehokkaasti ja aikataulussa pysyminen mahdollistuu. Kuviossa 1 on esitetty työmenekin kasvu asuinkerrostalokohteessa aloituskuukauden mukaan.

Kuvio 1. Asuinkerrostalon työmenekin kasvu kesäarvoon nähden prosentteina [1, s. 10].



Tässä opinnäytetyössä käsitellään talviolosuhteiden vaikutusta betonielementtirunkotöihin kerrostaloasuntotuotannossa. Aihetta lähestytään kahdesta suunnasta, betonielementtirunkotöiden kulusta ja talviolosuhteiden vaikutuksesta yleisesti rakentamiseen. Työn tavoitteena on laatia selvitys elementtiasennuksesta, talviolosuhteiden vaikutuksesta elementtiasennustyöhön sekä talviolosuhteiden vaikutuksesta aikatauluun, kustannuksiin ja työskentelyyn yleensä. Tutkittavina osioina ovat runkovaiheen työt,

asennusjärjestys, saumavalutekniikka, kosteuden poisto, lämmitys, elementtien suunnittelu soveltuvin osin, valittujen ratkaisujen vaikutukset ja huomioon otettavat asiat, talviolosuhteiden vaikutus kustannuksiin, aikatauluun ja työskentelyyn sekä pahimmat ongelmakohdat ja ratkaisut niiden välttämiseen tai ainakin ennakoimiseen. Tutkimuksessa referenssikohteena toimi Espoon Kivenlahdessa sijaitseva asuinkerrostalotyömaa. Kohteessa on kolme rappua joista kahdessa on viisi kerrosta ja yhdessä kuusi. Runko toteutettiin täyselementtiratkaisulla ja runkotyöt aloitettiin marraskuussa 2010.

Työn tilaajana on YIT Oy konsernin rakentamispalvelut tuottavan YIT Rakennus Oy:n Helsingin, Espoon ja Vantaan alueelle asuinkerrostaloja tuottava yksikkö. Yksikön toiminta-alueen johdosta alueellinen näkökulma painottui pääkaupunkiseudun olosuhteisiin. Valittuun aiheeseen päädyttiin, jotta elementtirunkotöiden hallinta talviolosuhteissa tehostuisi ja tuottaisi parempia tuloksia. Tämän opinnäytetyön myötä eri tekniikoiden ja vaihtoehtojen vertailu helpottuu ja kustannuksia sekä aikataulua voidaan entisestään optimoida.

## **2 Elementtirunkotyöt**

### **2.1 Asennussuunnitelma**

Elementtiasennustöiden tärkein vaihe on elementtien asennussuunnitelman huolellinen laadinta. Vain hyvää suunnitelmaa noudattamalla voi päästä toivottuun lopputulokseen. Huolellisesti laadittu suunnitelma säästää myös työnjohtajan sekä asennusryhmän aikaa ja hermoja. Aina ennen elementtirunkotöiden aloittamista on kunkin kohteen osalta laadittava oma elementtiasennussuunnitelma. Päätoteuttajan vastuulla on varmistaa, että suunnitelma todella löytyy ja se on asianmukaisesti laadittu. [2, s. 1.]

Elementtien asennussuunnitelmassa on löydettävä ainakin tiedot asennettavista elementeistä, niiden nostamisesta sekä asentamisesta, asennusjärjestyksestä, mittausmenetelmistä ja -tarkkuudesta, tukipintojen vähimmäismitoista, väliaikaisesta tuennasta, lopullisesta kiinnityksestä sekä työtasoista ja putoamissujauksen järjestelyistä. Myös mm. suojakatoksiin, nostoturvallisuuteen, turva-alueisiin sekä kulkuteihin on hyvä ottaa kantaa. Rakennustyömaan alueen käytön suunnittelusta sekä asennustyön turvallisuudesta on vastuussa päätoteuttaja. [2, s. 1.]

Elementtien asennussuunnitelman tavoitteena on tuottaa niin päätoteuttajan, suunnittelijoiden, elementtien asennusryhmän kuin elementtien valmistajankin kanssa selkeät menettelytavat ja toimintaperiaatteet, jotta työturvallisuus saadaan varmistettua. Pu-toamissuojaus, asennustyön sujuvuus, aikataulun sujuvuus, yleinen työturvallisuus sekä rakentamisen ajanainen varmuus asettavat kaikki omat vaatimuksensa työturvallisuudelle elementtirakentamisessa. [2, s. 1.]

Suunnitelmassa on käytävä ilmi, mitä nostokalustoa nostotöissä käytetään, elementtien painot elementtityypeittäin, nostoapuvälineet, nostopaikat ja mahdolliset rajoitukset. Jos nostotyössä vaaditaan elementin kääntämistä, nostoa kahdella nosturilla tai muuta erikoista, on nostosta tehtävä aina oma nostosuunnitelma. Erityistä huomiota on myös kiinnitettävä erikoisen muotoisten, kavennettujen, varauksia sisältävien tai muutoin kapeiden elementtien, vinoon asennettavien ontelolaattojen sekä palkkien asennusturvallisuuteen. [2, s. 2.]

Elementtien asennussuunnitelmasta on myös löydettävä tiedot elementtien varastoinnista toimivaa ja turvallista varastointia varten. Suunnitelmassa on otettava huomioon korkeiden elementtien painopisteen sijainti sekä epäsymmetristen elementtien muoto elementtien varastointia määriteltäessä. Lisäksi suunnitelmasta on löydettävä tiedot ja ohjeet väliaikaisesta tuennasta, sen purkamisesta ja osittain asennettujen rakenteiden riittävän lujuuden ja paikallaan pysymisen varmistamisesta kuten myös väliaikaisten siteiden ja tukien käytöstä. [2, s. 2.]

Tärkeää on myös, että elementtien asennussuunnitelma ei jää pelkästään työnjohtajan tai muun tahon, joka suunnitelman on laatinut, tietoon. Suunnitelma on esitettävä kaikille elementtiasennukseen liittyville osapuolille, kuten työn tekijöille ja rakennesuunnittelijalle, töiden yhteensovittamiseksi ja työmaan turvallisuuden varmistamiseksi.

## 2.2 Betonielementtien asennustyö

### 2.2.1 Asennusta edeltävät työt

Ennen kunkin elementin asennusta alapuolisten rakenteet on elementtiasennussuunnitelman mukaisesti asennettava, tarkastettava ja mitattava. Myös asennettavat elementit on vastaanoton yhteydessä tarkastettava. Elementtien nostossa käytettävän nostokaluston sekä nostoapuvälineiden on oltava työmaalla asianmukaisesti tarkastettuna ja valmiina käytettäväksi. Ennen asennuksen aloittamista on elementtiasennuksen turva-alue rajattava esimerkiksi lippusiimalla. Työntekijöiden eli asennustyöryhmän on oltava selvillä asennussuunnitelman sisällöstä. Tämä varmistetaan asianmukaisella aloituskokouksella sekä perehdytyksellä. [3, s. 3.]

Ennen asennustyön aloittamista on työkohde otettava tarvittaessa vastaan, tai ainakin tarkistettava edeltävien työvaiheiden olevan elementtiasennuksen edellyttämässä valmiudessa. Peittyvien rakenteiden tulee olla valmiit, tarkastetut ja hyväksytyt. Kun työmaalle saapuu elementtikuorma, tarkastetaan elementit virheiden ja rikkoutumien varalta. Mikäli elementit siirretään kuormasta ennen asennusta välivarastoon, on varastointipaikan oltava asianmukainen. Pohjan on oltava kova, kantava ja vaakasuora. Painumisen voi estää aluslevyillä ja aluspuilla. Telineen tasapainoa ja pohjan kantavuutta on tarkkailtava kuormitustilanteiden muuttuessa. Lisäksi varastoteline, esimerkiksi elementtifakki, on kuormitettava tasaisesti. [3, s. 3.]

Asennusolosuhteet saattavat olla elementtiasennustöiden kannalta haastavat tai jopa töiden suorittamista estävät. Mikäli olosuhteet ovat liian vaativat, eikä niihin voida vaikuttaa, on asennustyö keskeytettävä. Sääolosuhteiden vaikutus on selvitettävä esimerkiksi internetin sääpalvelusivustoilta ennen töiden aloittamista. Tuulen voimakkuuden ylittäessä arvon 15 m/s on asennus keskeytettävä. Lisäksi varsinkin talviolosuhteet aiheuttavat haasteita asennustyöhön, sillä kulkutiet, tikkaat, telineet, elementit ja asennuspalat saattavat olla vaarallisen liukkaista lumen ja jään takia. Työkohteen siisyyteen on kiinnitettävä huomiota turhien tapaturmien ja ongelmien välttämiseksi. Lisäksi ulkopuolisten liikkuminen nosto- sekä asennusalueella on estettävä tarvittavin keinoin, esimerkiksi lippusiimalla. [3, s. 3.]

Ennen asennusta elementin paikka on mitattava sekä alustan suoruus ja tasaisuus tarkistettava. Elementin paikka mitataan rakennuksen mittalinjoista tai -pisteistä ja merkitään niin, että ne ovat esillä riittävän selkeästi asennustyön edetessä. Samalla mitataan elementin korkeusasema. Nykyisin yleisin käytössä oleva apuväline tähän on tasolaseri. Kuviossa 2 mittamies mittaa ontelolaatastolle asennettavien seinäelementtien sijaintia. Elementin alusta tasataan asennuspaloilla. Käyttämällä erikorkuisia asennuspaloja on mahdollista saada elementit täysin vaakasuoraan. Jokaisen väliseinäelementin sekä sandwich-elementin sisäkuoren alle asennetaan kaksi pinoa asennuspaloja. Vielä ennen itse asennusta on asennusalusta puhdistettava liasta, lumesta ja jäästä. Mikäli on tarvetta, suuret epätasaisuudet poistaa piikkaamalla. [3, s. 3.]



Kuvio 2. Mittamies mittaamassa elementtien sijaintia holvilla.

### 2.2.2 Elementtien asennustyö

Mikäli asennuksessa on sandwich-elementti, on asennustyö aloitettava asentamalla edellisen sandwich-elementin eristeosan tai sokkelin halkaisun kohdalle eristekaista. Tällä varmistetaan elementtien samojen tiiveys ja vältetään kylmäsilat. Tarvittaessa myös pystysaumaan tulee kiinnittää eristekaista. Eristekaistan asennuksessa on huomioitava se, että vaikka eristeen tulee täyttää sille varattu tila, ei se saa tukkia ulkokuoren tuuletusreikiä. [3, s. 4.]

Alasauman juotosbetonin, jota puhekielessä nimitetään "persmassaksi", levitys voidaan tehdä ennen itse elementin asennusta lapiolla tai sen jälkeen juotosvaluna. Tartunnan varmistamiseksi betonikerroksen tulee olla vähintään 10 mm paksu ja jälkikäteen juotosvaletussa saumassa vähintään 20 mm. [3, s. 4.]

Elementin nosto on tyyppikohtaista, seinäelementeissä on tehtaalla asennetut nostolenkit, joihin nostoraksit kiinnitetään. Mikäli nostaminen aiheuttaa elementille huomattavia jännityksiä tai voi vahingoittaa elementtiä, on nostossa käytettävä nostopuomia. Ontelolaattoja asennettaessa käytetään aina niille tarkoitettuja nostoapuvälineitä, joista tulee varmistusketjut elementin alitse. Aukolliset elementit on tuettava ennen nostoa, mikäli tehtaalla ei ole niin tehty. Nostoa on koko ajan ohjattava. [3, s. 4.]

Noston ohjaus tapahtuu joko yhteisesti sovituille ja yleisesti käytössä olevilla käsimerkeillä tai radiopuhelimilla. Tarvittaessa elementin siirrossa käytetään ohjauksohjausta ja noston loppuvaiheessa asennuskankia. Elementin painosta pieni osa siirretään asennuspalojen varaan ja asennuskankien avulla liikutellaan elementti oikeaan kohtaan. Seinäelementit tuetaan vähintään kahdella elementtituella, joiden kiinnityspiste elementin päässä tulee sijaita elementin keskipisteen yläpuolella. Elementtitukien avulla säädetään seinäelementin pystysuoruus avaamalla tai kiristämällä tuen kierteitä vasaran tai muun apuvälineen avulla. Mikäli elementtiä on siirrettävä sivuttaissuunnassa, tehdään se asennuskangilla. Kun tuet on saatu asennetuksi ja seinän pystysuoruus kohdilleen, voidaan elementin koko paino vapauttaa asennuspalojen päälle ja nostoraksit irrottaa koukkupäätikkailtä, telineiltä tai henkilönostimelta. Nostoraksien irrottamisessa on huomattava pitää nosturin ketjut tarpeeksi kireällä, jotta raksit eivät aiheuta irrotessaan vahinkoa ympäristössä työskenteleville. Raksien tulee myös pudota eri puolelle kuin missä irrottamassa oleva asentaja on. [3, s. 4.]

Kun elementtejä on saatu asennettua useampi tai peräti koko seinälinja, oiotaan seinälinja. Ensin linjan tasaisuus ja suoruus mitataan ja mahdolliset mittapoikkeamat korjataan elementtien paikkaa ja elementtitukien säätöä muuttamalla. Tämän jälkeen viimeistellään alasauman juotosvalu ja suojataan niin seinissä kuin lattioissakin olevat aukot. Lattioissa olevat aukot suojataan joko riittävän kestäväillä levyillä, joiden liikkuminen on estetty ja jotka on merkitty kirkaalla värillä siten, että ne on helppo huomata tai estämällä kulku aukolle esimerkiksi kaiteella. Huomattavaa on, että lippusiima ei riitä. Seinien aukot suojataan levyillä tai kaiteilla. Kaiteen tulee olla vähintään yhden metrin korkeudella ja välilyönti tulee sijoittaa siten, että vapaan aukon korkeus ei ylitä 0,5 metriä. [3, s. 5.]

Seinäelementtien pystysaumoihin asennetut teräs- tai vaijerilenkit taivutetaan raudoitussuunnitelman mukaan. Paljaana ollessaan tartuntaterästen päät on suojattava tapaturmien välttämiseksi. Tämän jälkeen sauma laudoitetaan saumavalua varten. Mikäli valu suoritetaan pumppaamalla, laudoitetaan vain sauman toinen puoli kun taas perinteisesti kaatamalla valuastiasta on sauman molemmat puolet tukittava. Betonina käytetään notkistettua betonia, jota ei tarvitse tiivistää. Mikäli käytetään normaalia betonia, on se tärytettävä saumassa. Syntyneet valumat ja betoniroiskeet on puhdistettava välittömästi, kun betoni on vielä löysää. [3, s. 5.]

### 2.2.3 Viimeistely ja jälkityöt

Betonin liian nopea kuivuminen estetään suojaamalla betoni esimerkiksi muovilla ja kastelemalla sitä vedellä. Mikäli betoni pääsee kuivumaan liian nopeasti, saattaa se kutistua ja halkeilla liiaksi. Kuviossa 3 ontelolaatasto on suojattu peitteillä saumavalujen jälkeen. Kun betoni on kovettunut riittävästi, muotit puretaan. Ennen kuin betoni on täysin kovettunut, viimeistellään juotosbetonipinnat muuraustyökaluilla. Juotosbetonipinnan tulee olla tasainen ja asennetun elementin kanssa samassa tasossa. Rakennesuunnittelija määrittelee lujouden, joka betonin tulee saavuttaa ennen kuin elementit saa poistaa. Siisteyden ja hyvän järjestyksen takia työvälineet tulee viedä omille paikoilleen ja rakennustarvikkeet jatkosijoittaa asiaankuuluvasti joko varastoon tai jätelavalle. [3, s. 6.]





Kuvio 3. Onteloiden saumavalut suoritettuna ja suojattuna jäätymistä vastaan.

#### 2.2.4 Työturvallisuus

Elementtirunkotöiden vaarallisen ja riskialttiin luonteen vuoksi asennustyön aikana työturvallisuus, sen suunnittelu, noudattaminen sekä valvonta ovat erityisen tärkeässä asemassa. Elementtien asennussuunnitelmaan on kirjattu elementtien asennukseen ja työturvallisuuteen liittyvät ohjeet asennustyön toteutukseen, joten asennussuunnitelman noudattaminen takaa lähtökohdan turvalliselle työskentelylle. Toinen tärkeä asiakirja on työmaan putoamissuojaussuunnitelma, jota on myös noudatettava. Työntekijällä on lisäksi oltava riittävä ammattitaito ja pätevyys hänelle määrätyn työn suorittamiseen. [4, s. 59.]

Elementtien merkintöihin, eli kokonaispaino ja painopiste sekä yli 1000 kg:n elementtien erityisohjeisiin on tutustuttava ennen asennusta. Elementit on varastoitava tasaiselle ja riittävän kantavalle alustalle asianmukaisesti tuettuna. Keväällä alustan kantavuudessa on otettava huomioon roudan sulaminen ja siitä aiheutuva maan painuminen. [4, s. 59.]

Nostojen aikana nosturinkuljettajalla on oltava joko häiriötön puhelinyhteys tai mieluummin esteetön näköyhteys asentajiin. Nostoapuvälineiden kunnosta on pidettävä huolta tarkastuksilla ja oikeaoppisella käytöllä. Käytettävien nostokoukkujen on oltava lukittuja ja mikäli käytetään nostosaksia, on varmuusketjujen oltava kiinnitettyinä. [4, s. 59.]

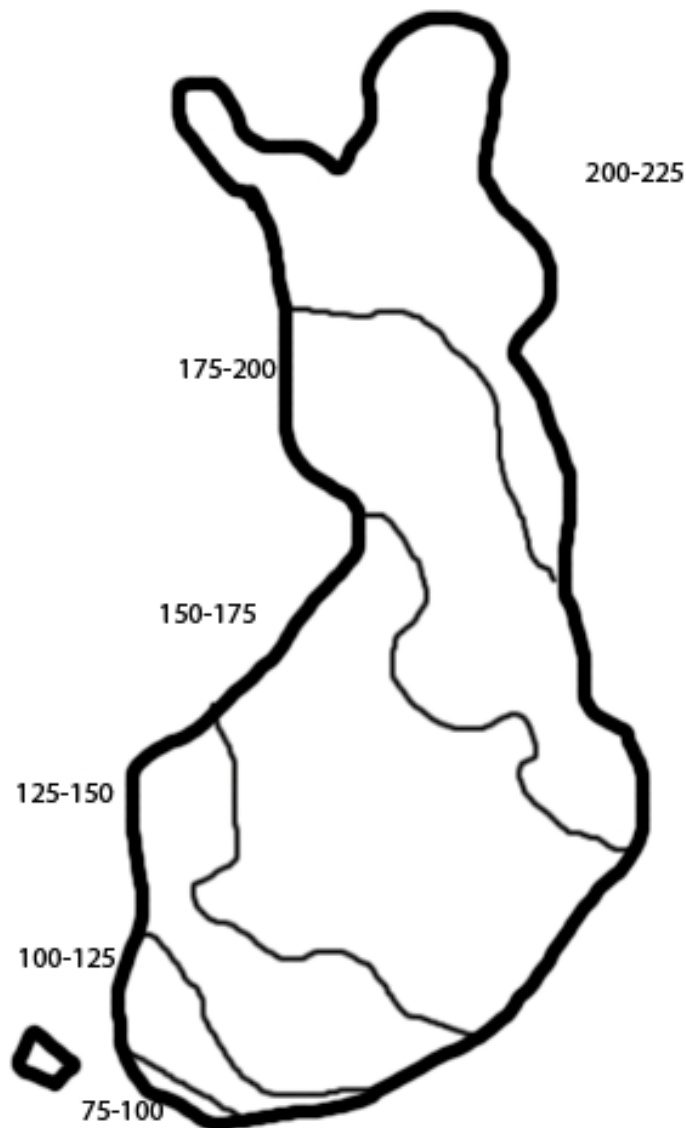
Nojatikkaiden käyttö on sallittua vain lyhytaikaisia tehtäviä tehdessä. Näitä ovat esimerkiksi nostoapuvälineiden kiinnittäminen ja irrottaminen. Nostoapuvälineitä irrotettaessa on huolehdittava, että ennen irrotusta elementti on joko lopullisesti kiinnitetty tai asennusaikainen tuenta on riittävä. Aina kun mahdollista, on nojatikkaiden sijasta käytettävä koukukupäätikkaita, joiden päät taittuvat elementin yli estäen tikkaiden kaatumisen. Kulkureiteillä ja työkohteella on huolehdittava riittävästä valaistuksesta ja siisteydestä. Talvella on lisäksi huolehdittava lumen ja jään poistosta esimerkiksi höyryn avulla tai muuten sulattamalla. [4, s. 59.]

Elementtitukia ei saa poistaa ennen kuin elementti on lopullisesti paikallaan ja juotokset ovat saavuttaneet riittävän lujuuden. Yleisen käytännön mukaan talviolosuhteissa on oltava kaksi kerrosta valettuna päällä ennen kuin elementtituet saa irroittaa. Laatta-elementeissä olevat aukot on suojattava välittömästi asennuksen jälkeen ja holvilla laataston reunat on suojattava asianmukaisilla kaiteilla asennustyön edetessä. [4, s. 59.]

Henkilökohtaisten suojavälineiden käyttö on mitoitettava aina tehtävän työn mukaan. Kuitenkin suojakypärän, silmäsuojainten, turvajalkineiden sekä huomiovärisen työvaatteiden käyttöä veloitetaan työpisteellä oltaessa. Kovaa ääntä pitävien koneiden kanssa työskenneltäessä on käytettävä lisäksi kuulonsuojaimia ja esimerkiksi poravasaraa käytettäessä mahdollisesti hengityssuojainta. Mikäli putoamisvaaroja ei ole pystytty muilla keinoilla poistamaan, eli jos kaide ei esimerkiksi ole yhtenäinen, on käytettävä asianmukaisia turvavaljaita mielellään kelautuvan tarraimen tai vaimentimen ja säätötarraimen kanssa. [4, s. 59.]

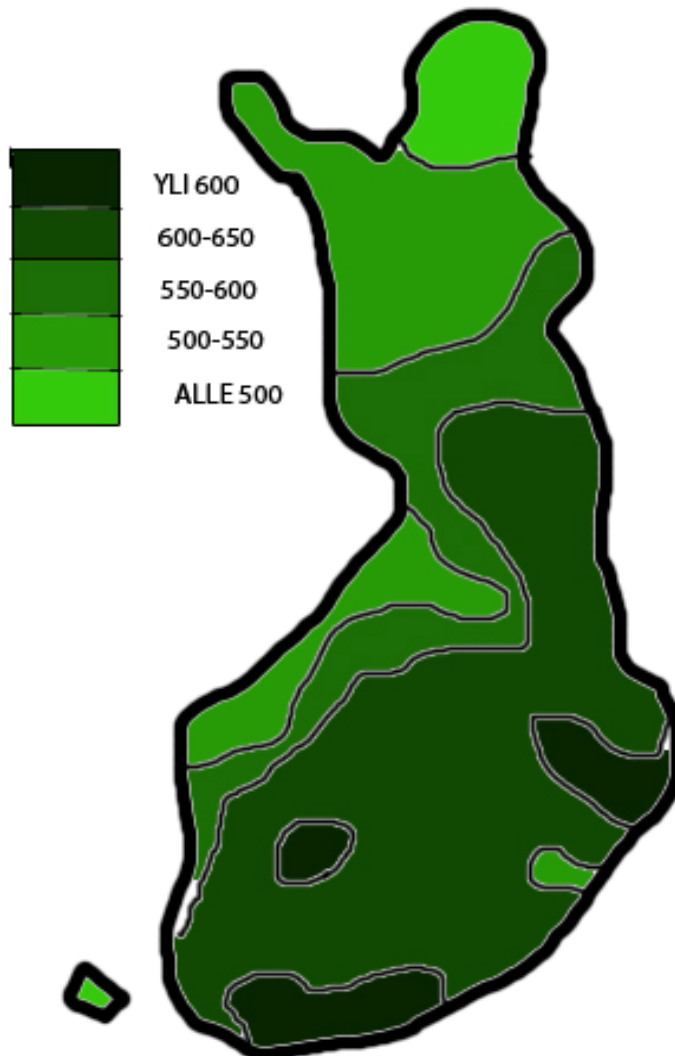
### 3 Talviolosuhteet rakennustyömaalla

Talvirakentamisen suunnittelussa välttämättömiä apuvälineitä ovat talviolosuhteita koskevat tilastotiedot. Vaikka paikalliset pakkas- ja lumimärät sekä lämpötilat voivat ja poiketa merkittävästikin tilastotiedoista, saadaan tilastoista saatujen tietojen avulla suunniteltua alustavasti rakennustyön kulkua. Poikkeamat ovat seurausta Suomen vuosittain voimakkaasti vaihtelevista säätiloista sekä alueellisista eroista. Alueellisiin vaihteluihin kuuluu tuulen vaikutus esimerkiksi ympäristöään korkeammilla kohdilla, rannikoilla sekä suurten järvien rannoilla. [1, s. 2.]



Kuvio 4. Lumipeitepäivien lukumäärä vuodessa keskimäärin (1971–2000) [1, s. 2].

Kuvioissa 3 ja 4 tulevat alueelliset erot lumen satamisen ja lumipeitteen pysymisen suhteen esiin. Pohjois-Suomessa lumipeitepäiviä on keskimäärin kaksi kertaa enemmän kuin etelässä ja vaihtelu itä-länsisuunnassa on myös voimakasta.



Kuvio 5. Keskimääräinen vuosisade mm. [1, s. 2].

### 3.1 Talviolosuhteiden määrittely

Talvikaudeksi luetaan Suomessa se aika vuodesta, jolloin vuorokauden keskilämpötila laskee nollan alapuolelle. Esimerkiksi Etelä-Suomessa talvi kestää keskimäärin 140 vuorokautta. Talven pituus ja olosuhteet vaihtelevat kuitenkin suuresti niin vuosittain kuin alueittainkin, joten tilasatoista saadut tiedot ovat lähinnä apukeinoja alustavaan suunnitteluun. Esimerkiksi taulukossa 2 on esitetty pakkasen purevuus ilman lämpötilan ja

tuulen nopeuden suhteen. Yhdessä muiden talven kuvaustietojen avulla voidaan talvi-rakentamista tehostaa ja suunnittelussa päästä realistisempiin tuloksiin.

Rakennustyön suunnittelussa tarvittavia talven kuvaustietoja ovat

- kuukausikeskilämpötilat
- talvikuukausien keskilämpötilat
- kuukausikeskilämpötilat ilman pakkaspäiviä
- termisen talven aloitus- ja päättymisajankohta
- pakkasrajat ja pakkaspäivärajan ylittävien päivien lukumäärän keskiarvo
- lumisadepäivien lukumäärä ja sademäärä
- työajan päivittäisen keinovalaistuksen tarve tunteina. [1, s. 2.]

Taulukko 1. Pakkasan purevuus [1, s. 2].

		Ilman lämpötila °C						
		0	-5	-10	-15	-20	-25	-30
Tuulen nopeus m/s	2	-3	-8	-14	-20	-26	-32	-38
	4	-4	-11	-17	-23	-29	-35	-41
	7	-6	-12	-19	-25	-32	-38	-45
	10	-7	-14	-20	-27	-34	-40	-47
	13	-8	-15	-22	-28	-35	-42	-48

### 3.2 Vaikutus kustannuksiin

Talviolosuhteista puhuttaessa on hyvä erottaa talvitöiden sekä töiden talvityöläisten merkityserot. Talvitoilla tarkoitetaan erillisenä työvaiheena tehtyjä lumi- ja jäätöitä, lämpösuojauksia sekä rakennusten ja runkoaineiden lämmitystä kun taas töiden talvityöläiset tarkoittavat talvella töiden tekemiseen sisältyviä töitä. Näitä ovat esimerkiksi talvibetonointiin saman työryhmän tekeminä sisältyvät suojaus-, lumi- ja jäätyöt. [1, s. 3.]

Rakentaminen talviolosuhteissa lisää sekä työmenekkiä että rakennusmateriaalien kulu-tusta. Lisäksi koneita ja kalustoa tarvitaan enemmän sekä energiankulutus on suurempi kuin lämpimämpinä vuodenaikoina. Tarvittaessa lisätyön vaatimaa aikaa voidaan korva-ta suurentamalla työryhmiä ja resursseja yleensäkin. Poikkeuksetta talviolosuhteet ai-

heuttavat rakentamisen viivästymistä sekä ylimääräisiä kustannuksia. Suunnittelemalla talvirakentaminen riittävän hyvin ja varautumalla häiriöihin, voidaan aiheutuviin kustannuksiin ja lisäresurssien tarpeeseen varautua riittävästi. [1, s. 3.]

Liitteen 1 taulukossa 1 on esitetty talvirakentamisen lisäkustannuksia verrattuna kesäajan rakentamisen kustannuksiin. Taulukosta käy ilmi, että perustus- ja runkotyövaiheessa talviolosuhteet aiheuttavat lisäystä kaikille kustannuslajeille. Runkotyövaiheessa työmenekki lisääntyy 0,6–0,7 %, materiaalit jopa 1,9 % ja aikakustannuslisä noin yhden prosentin verran. Eniten lisääntyvät energia- ja kone- ja kalustolisäkustannukset, jotka kasvavat kesäolosuhteisiin nähden 1,2–1,4 %.

### 3.2.1 Talvikustannusten muodostuminen

Talvisuhdekustannukset ovat kustannuksia, jotka aiheutuvat olosuhderiskeistä. Kustannukset aiheutuvat

- kokonaistyömenekin kasvusta
- materiaalihukasta
- muuttuneista materiaaleista
- energian tarpeen kasvusta
- työturvallisuuden vaatimusten kasvu
- koneiden ja laitteiden muuttuneesta tarpeesta
- rakennusajan kasvusta. [1, s. 3.]

### 3.2.2 Kokonaistyömenekin kasvu

Talviolosuhteissa kokonaistyömenekin kasvun aiheuttavat töiden talvityöhaitat ja -lisät, lyhyiden (alle tunnin pituisten, TL2) ja pitkien (yli tunnin pituisten, TL3) tuotantokosten ja -keskeytysten lisääntyminen, talvilisätyöt sekä työnaikaiset asennukset. Talvella niin sää- kuin valaistusolosuhteet ovat heikommat kuin kesällä. Alhaisempi lämpötila, lumisade sekä työskentelyalueella oleva lumi ja jää, talviolosuhteet jotka lisäävät pakkasen purevuutta tai estävät yhdessä lumisateen kanssa esimerkiksi nostokoneen käytön ovat kaikki talven hidastavia vaikutuksia eli talvitahmeutta. Näistä aiheutuvat töiden talvihaitat. Talvityöhaittojen vuoksi työsaavutukset voivat pienetä ja töiden keskeytykset lisääntyä. [1, s. 3.]

### 3.2.3 Materiaalihukat ja materiaalimuutokset

Materiaalihukka kasvaa työvaihelisän sekä työmaalisän osalta. Esimerkiksi muotteja purkaessa rakenteeseen kiinni jäänyt puutavara rikkoontuu helposti ja aiheuttaa työvaihelisää. Työmaalisää puolestaan aiheutuu materiaalien pilaantumisesta ja katoamisesta sekä suoranaisestä materiaalihukasta. Lumen ja jään alle hautautuu myös paljon kalusto- ja käyttötarvikkeita, kuten sähköjohtoja yms. Erilaisten suojapeitteiden ja sääsuojahallien hankinta- ja vuokrakulujen aiheuttamat materiaalien talvikustannukset nostavat talvirakentamisen kustannuksia kesään verrattuna. Talven johdosta voidaan myös joutua muuttamaan käytettäviä materiaaleja, esimerkiksi nostamaan betonin lujuusluokkaa tai käyttämään talvilaasteja. Talviolosuhteiden vuoksi nousseet laatuvaatimukset aiheuttavat materiaalimuutoksia ja siten kustannusten nousua. [1, s. 4.]

## 3.3 Talvikustannusten määrittäminen

### 3.3.1 Materiaalin hinta- ja menekkitiedot

Materiaalien hinnoissa ei yleensä näy vuodenajoista johtuvaa vaihtelua, sillä suurin osa rakennusliikkeiden hankinnoista tehdään vuosisopimusten ja kohdekohtaisten hankintatarjousten puitteissa. Materiaalikustannusten nousua talviolosuhteissa aiheuttavat käytettävien materiaalien vaihtaminen talviolosuhteisiin sopiviksi. Esimerkiksi pakkasbetoni on lähes kaksi kertaa kalliimpaa kuin normaalisti kovettuva betoni. Mikäli on käytettävä nopeasti kovettuvaa betonia, on hinnan lisäys noin 17–20 % ja kuumabetonilla noin 5–10 %. Talvikuukausina sementti ja runkoaines lämmitetään betonitehtaalla automaattisesti. Materiaalin menekki voi vaihdella riippuen vuodenajasta ja olosuhteista. [1, s. 5.]

### 3.3.2 Tarvittava kalusto

Talvitoissa tarvittavan kaluston määrä ja laatu riippuu suuresti työmaasta, sen tilanteesta ja laajuudesta sekä siellä työskentelevistä ihmisistä. Käytännössä aina tarvittavaa kalustoa ovat erilaiset lumenluontivälineet sekä lämmitysjärjestelmät. Liitteen 1 taulukossa 2 on eritelty talvitoissa tarvittavaa kalustoa Talo 90 -järjestelmän mukaisen käyttötarkoituksen mukaan. Lumi- ja jäätöissä on käytettävissä niin erilaisia höyrytys-

välineitä, lämpöpuhaltimia ja sääsuojia kuin työmaan perusvälineistöön kuuluvia lumenluontivälineitä. Roudan rikkomiseen ja sulatukseen on olemassa omaa erikoiskalustoaan, kuten esimerkiksi roudansulatusvaunu tai -matto. Lämpösuojauksessa valittavana on kalustoa pressuista aina sääsuojahalleihin asti. Lämmitykseen ja kuivaukseen on myös tarjolla paljon erilaista kalustoa, joista työmaalle valitaan käyttökohteeseen sopiva ja teknisesti järkevä vaihtoehto.

### 3.3.3 Lämmityskalusto

Työmaan lämmityskaluston valintaan vaikuttaa työmaan tilanne, liityntöjen (esimerkiksi kaukolämpö) mahdollisuudet sekä runkoratkaisut. Monesti eri lämmitysmuodot karsitaan pois vaihtoehdoista niiden ollessa mahdottomia tai työläitä ja kalliita toteuttaa. Mikäli valinnan varaa on, muodostuu järkevästi valitusta lämmitysmuodosta huomattavia säästöjä työmaalle. Liitteen 1 taulukossa 3 on lueteltuna eri lämpökäsittelymenetelmien energiankulutuksia betonin lämmityksessä. Tehokkaimpia menetelmiä ovat valun sisään tuleva lankalämmitys, joka sopii lähinnä saumavaluihin ja muihin pieniin kohteisiin ja muottilämmitys. Näillä molemmilla energiankulutus jää alle 100 kWh/ betoni-m<sup>3</sup>. Infrapunälämmityksellä energiankulutus on 90–180 kWh/betoni-m<sup>3</sup>. Kuumaa ilmaa käytettäessä energiankulutus voi nousta lämmittimestä riippuen jopa 500 kWh/betoni-m<sup>3</sup>. Kuumailmalämmityksellä myös betonin kovettumisaika on keskimäärin 2–3 vuorokautta, kun taas muita lämmitysmenetelmiä käytettäessä kovettumisaika on keskimäärin 1-3 vuorokautta.

Taulukko 2. Eri energiamuotojen yksikköhintoja 2009 – 2010 [1, s. 4].

Energiamuoto	Energiahinta €/MWh
Kaukolämpö	35 - 61
Sähkö	52 - 82
Polttoöljy	58 - 74
Nestekaasu	n. 135

Lämmityskustannusten suuruusluokan havainnollistamiseksi voidaan laskea kuvitteellisen kohteen betonin lämmityskulut. Betonia lankalämmityksellä lämmitettäessä kuluu energiaa noin 80 kWh/betoni-m<sup>3</sup>. Mikäli kuvitteellisessa kohteessa on betonoitavaa 1 000 m<sup>3</sup>, kuluu tämän betonimäärän lämmittämiseen energiaa 80 kWh/m<sup>3</sup> x 1 000 m<sup>3</sup> = 80 000kWh = 80 MWh. Taulukosta 2 saadaan sähkön kilowattitunnin vuosien 2009–2010 keskihinnaksi 0,07 €/kWh, joten kohteen betonointien lämmityskustannukset ovat



0,07 €/kWh \* 80 000 kWh = 5 600 €. Jos lämmitysmuodoksi puolestaan valitaan kuumailmalämmitys, nousevat betonointien lämmityskustannukset 10 500 € jopa 35 000 €.

### 3.3.4 Vaikutus aikatauluun

Talviolosuhteista johtuva työmäärän lisääntyminen yhdessä muiden talvityöhaittojen ja -lisien kanssa pidentävät talvelle ajoittuvan rakentamisen rakennusaikaa. Olosuhteista johtuvat työn keskeytykset, jotka liittyvät joko työturvallisuuteen tai materiaalin ominaisuuksiin, talvilisätyöt, kuten suojaus- ja lumityöt sekä koneiden ja laitteiden käytön estyminen pakkasen vuoksi pidentävät kaikki osaltaan rakentamiseen käytettävää aikaa kesäolosuhteisiin verrattuna.

Talviolosuhteiden aiheuttamaa työmenekin kasvua voidaan tarkastella talvityöhaitta- ja lisäprosentteilla, joita on esitetty elementtiasennustöiden osalta liitteen 1 taulukossa 8. Taulukossa perustyömenekkitiedon pohjalta on laskettu kullekin työlajille oma prosenttinsa käyttäen apuna T2 työsaavutuksen alenemista, talven aiheuttamia TL2- ja TL3-lisäaikojen lisääntymistä sekä töiden talvityöisiä. Elementtistöiden osalta talviolosuhteet kasvattavat työmenekkiä lämpötilasta riippuen jopa 40 %. Betonointitöiden osalta talviolosuhteiden vaikutus on huomattavasti suurempi. Lämpötilan ollessa -7,5...-12,5 °C työmenekki kasvaa 35–50 % ja lämpötilan ollessa alle -12,5 °C kasvaa betonoinnin työmenekki nostoastiaa käytettäessä 45–50 % ja pumpulla betonoitaessa jopa 60 %.

Lämpötila tai pakkasen purevuus eivät ole ainoita työmenekkeihin vaikuttavia säällmiöitä. Talvikuukausina ovat ongelmana myös lumi ja jää, jotka työllistävät ja aiheuttavat huomattavia kuluja niin lumen luonnin ja jään sulatuksen, lämpösuojauksen kuin lämmityksen ja kuivatuksen muodossa. Etelä-Suomessa rakennettaessa lumen luontiin ja jään sulatukseen on mitoitettava keskimäärin 0,1 tth/brm<sup>2</sup> (liite 1 taulukko 4). Suunniteltaessa työvoiman käyttöä, voidaan lumi- ja jäätöiden työmenekkiä arvioida sataneen lumikerroksen paksuuden mukaan (liite 1 taulukko 5). Alle 50 mm lumikerroksen aiheuttama työmenekki on keskimäärin 0,005 tth/m<sup>2</sup> ja yli 100 mm satanutta lunta nostaa työmenekin 0,2 tth/m<sup>2</sup>. Tätä tietoa voidaan käyttää myös jälkikäteen tapahtuvassa arvioinnissa. Rakennuksen lämmityksen ja kuivauksen työmenekki talvikuukausina on verrannollinen lämmitettävien rakennusten tilavuuteen. Lämmitettävän rakennuksen tilavuuden ollessa 1 500 brm<sup>3</sup>, on lämmitykseen ja kuivaukseen kuluvan työn määrä

keskimäärin 50 tth/kk talvikuukausien aikana. Lämmitettävän tilavuuden määrän kasvaessa 5 000 brm<sup>3</sup>:iin, kaksinkertaistuu työmenekki ja lämmitettävien rakennusten tilavuuden ollessa 10 000 brm<sup>3</sup>, on lämmityksen ja kuivauksen työmenekki 170 tth/talvikk. Liitteen 1 taulukossa 6 on esitetty rakennuksen lämmityksen ja kuivauksen työmenekkitietoja erikokoisissa hankkeissa.

### 3.4 Työturvallisuus

Talviolosuhteissa työskenneltäessä työturvallisuuden merkitys korostuu. Lumi ja jää tekevät kulkuväylistä ja työskentelypisteistä liukkaita, pakkaneen ja tuuli muodostavat paleltumisvaaran ja pimeys sekä lumisade heikentävät näkyvyyttä etenkin nostoja suoritettaessa. Etenkin talviolosuhteissa jokaisen työvaiheen turvallinen toteutus on suunniteltava ja varmistettava huolellisesti. Työntekijöille on tarjottava sääolosuhteisiin soveltuvat varusteet paleltumien ja liukastumisten ehkäisemiseksi. Esimerkiksi turvajalkineisiin on saatavissa eri valmistajilta joko irrotettavat tai kiinteästi asennetut nastat kengän pohjaan. Myös työmaan valaistuksesta on huolehdittava niin yleisellä tasolla kuin työpistekohtaisestikin.

## 4 Betonielementtirunkotyöt talviolosuhteissa

### 4.1 Kustannukset

Jokaisen rakennusprojektin taustalla on selvitys hankkeen kannattavuudesta, eli siitä, tuleeko voittoa ja kuinka paljon. Talviolosuhteet voivat lisätä tuotantotekniikasta riippuen kustannuksia noin 20–26 % kesäajan rakentamisen kustannuksiin verrattuna. Tästä runkotyövaiheen osuus on keskimäärin noin 5,5–7,5 % [1, s. 1.].

Lisääntyneiden kustannusten määrään vaikuttavat kohteen sijainti, aloitusajankohta, valittu toteutustapa, haastavuus yleensä sekä vallitsevat olosuhteet. Helpoin ja yksinkertaisin tapa vähentää talvikustannuksia on ajoittaa kriittisimmät työvaiheet, eli runkotyöt, kesäkuukausille mikäli se on mahdollista. Tämä on varsinkin pienempien ja yksityisten rakentajien kannalta olennaista. Suuremmat yritykset taas voivat rakentaa vuodenajasta riippumatta silloin, kun kohteilla on menekkiä.

Arvioitaessa talviolosuhteista aiheutuvien kustannusten määrää, on ensin tiedettävä, mitkä ovat optimiolosuhteiden kustannukset ja työmäärät. Betonielementtien hinnat eivät vaihtele vuodenajan vaan suhdanteiden mukaan. Niiden hankintaan ei siis tule talviolosuhteista johtuvaa lisää. Talviolosuhteiden kustannukset aiheutuvatkin työmenekin kasvusta ja lämmityskustannuksista. Materiaalikustannusten kasvu runkotyövaiheessa ei ole merkittävän suuruinen.

Elementtiasennustyön työmenekkitiedot optimiolosuhteissa ovat Rakennustieto Oy:n tuottamia. Näissä tiedoissa kullekin elementtityypille on pitkäaikaisen aineiston perusteella määritetty keskiarvoiset työmenekit niin väliarastoinnille, mittaukselle, asennukselle, tukkolaudoitukselle, saumojen valulle kuin laudoituksen purulle. Seinäelementtien valutapa on laskettu toteutettavaksi tukkolaudoituksella ja valulla (liite 2 taulukot 13 ja 14), kun taas laattaelementtien saumaus on laskettu toteutettavaksi pumppubetonoinnilla (liite 2 taulukko 15). Valittu menetelmä vaikuttaa työmenekkiin, mutta ei merkittävästi.

Työmenekin laskennassa on käytetty referenssikohteen elementtimääriä (taulukko 3), joten teoreettiselle työmenekille ja sen kasvuille voidaan suorittaa vertailua käytännössä toteutettuun runkovaiheeseen nähden.

Taulukko 3. Elementtienmäärät työmenekin laskennassa

Elementtityyppi	Elementtien määrä	Kokonaistyömenekki
Väliseinäelementit	195 kpl	398 tth
Ulkoseinäelementit	240 kpl	458 tth
Laattaelementit	629 kpl	388 tth
Porraselementit	13 kpl	19 tth
Hissikuiluelementit	16 kpl	31 tth

Eri elementtityyppien työmenekkitiedot eriteltynä työvaiheittain ovat liitteen 2 taulukoissa 13–17. Liitteen 2 taulukossa 18 on eriteltynä myös elementtiasennustyön suorittemääräkertoimet elementtityypeittäin. Suorittemääräkertoimella korjataan työn toistuvuuden aiheuttamaa suorituksen tehostumista ja suoriteajan lyhentymistä. Kun kohteessa on paljon samankaltaisia elementtejä, nopeutuu yksittäisen elementin asennus keskimääräisestä arvosta. Pienessä tai paljon erilaisia ja yksilöllisiä elementtejä sisältävässä kohteessa yksittäisen elementin keskimääräinen asennusaika kasvaa. Väli- ja ulkoseinäelementeille suorittemääräkertoimeksi muodostui 0,9. Laattaelementtejä ollessa yli 500 kpl, muodostui niiden suorittemääräkertoimeksi 0,95. Hissikuilun pielitelemen-

teille ei lasketa suoritemääräkerrointa ollenkaan niiden vähäisen määrän vuoksi. Myös porraselementtien kohdalla suoritemääräkertoimella ei ollut vaikutusta asennuksen työmenekkiin.

Kesäolosuhteissa ilman ongelmia asennukseen kuluisi keskimäärin 1294 työtuntia. Liitteen 3 taulukossa 19 annetuissa lähtötiedoissa on asennusryhmän kooksi asetettu 3 asentajaa. Tämä määrä osoittautui hyvin referenssikohdetta vastaavaksi, vaikka todellisuudessa elementtiasennustyötä oli tekemässä jopa kuusi työntekijää. Referenssikohteen asennustyöt olivat erittäin ongelmallisia jatkuvien suunnitelmapuutteiden ja –virheiden sekä niin elementtien kuin ikkunoidenkin virheellisten toimitusten johdosta. Kolmella asentajalla laskettuna työn kesto on laskennallisesti noin 54 työvoroa eli 11 työviikkoa. Asentajille asetettiin kustannuksien hallintaa helpottamaan kuvitteellinen tuntihinta 25 €, vaikka lähes poikkeuksetta elementtirunkotyöt tehdään urakatoina. Työn kustannuksiksi muodostui 32 369 €. Näillä arvoilla laskettaessa asentajien määrä ei vaikuta työn kustannuksiin, vaan työn laajuus määrittää kustannusten suuruuden.

Asennusolosuhteet ja runkovaiheen lämpötilojen vaihtelu on laskelmiin määritetty vastaavaan kohtuullisella tarkkuudella talven 2010–2011 toteutuneita lämpötiloja Kivenlahden alueella (liite 3, taulukko 19). Lämmitykseen käytetyt energiamuodot olivat nestekaasu (60 %) ja sähkö (40 %). Energiahinnat on määritetty vuoden 2010 keskiarvoina.

Lähtötietojen pohjalta lasketut talviolosuhteiden aiheuttamat lisäkustannukset ovat eriteltynä liitteen 4 taulukossa 20. Työmenekki lisääntyy yhteensä 180 työtunnilla eli 142 %:lla. Eniten kasvaa jälkitöiden työmenekki, joka lisääntyy yli 70 työtunnilla. Väliseinien lisätyömenekki kasvaa 27,4 työtunnilla ja ulkoseinien 32,4 työtunnilla. Kaikki kestot on laskettu kolmella asentajalla, eli kokonaismenekki on kolme kertaa liitteen 4 taulukossa 20 esitettyjä lukuja suurempi.

Elementtiasennuksen kustannukset talviolosuhteiden vaikutuksesta kasvavat 13 531 € ollen yhteensä 45 900 €. Perusteet talviolosuhteiden aiheuttamaan työmenekin laskennalliseen lisääntymiseen on esitelty liitteen 1 taulukoissa 7, 8, 9, 10 ja 11.

Valujen ja saumauksen lämmitykseen kuluu noin 100 MWh energiaa, lumen ja jään sulatukseen 160 MWh, koneiden ja valaistuksen käyttöön hieman alle 150 MWh ja rakenteiden työnaikaiseen lämmitykseen yli 180 MWh. Yhteensä energiaa kuluu siis 591,9 MWh. Kun nestekaasua käytettiin energiamäärältään noin 60 % ja sähköä noin 40 %, ovat energiakulut yhteensä 66 883 €.

Energiankulutukseen ei ole laskettu sosiaalitulojen lämmityskuluja, sillä niiden muodostumiseen vaikuttaa työmaan työntekijämäärä sekä sosiaalitulojen koko. Koneiden käyttö kuluttaa sähköä yhtäläillä myös lämpimimpinä kuukausina ja valaistusta tarvitaan ympäri vuoden, joten sarakkeen "Koneet & valo" arvo on ympäri vuoden noin 3 kWh/rm<sup>3</sup>/kk.

Asennusryhmälle on asetettu teoreettinen tuntihinta, vaikka todellisuudessa elementtirunkotyöt tehdään lähes poikkeuksetta urakatoina joko pääurakoitsijan omien työntekijöiden tai ali- tai sivu-urakoitsijan toimesta. Tuntihintaa voidaan käyttää lähinnä vain asennustyön kustannusten arvioinnissa. Rungon asennus tapahtui kokonaisuudessaan talvikuukausina, jolloin kuukauden lämpötilojen keskiarvo jäi 0 °C:n alapuolelle. Käytetyn energiamuodon määrät on arvioitu vastaamaan toteutuneita arvoja 5 %:n tarkkuudella. Käytetyt energiahinnat ovat keskiarvoja vuodelta 2010.

Tehokkaalla suunnittelulla ja organisoinnilla taitavan työnjohtajan on mahdollista haastavissakin olosuhteissa päästä hyvin tuloksiin niin aikataulun kuin kustannusten suhteen. Referenssikohteen runkovaihe kyettiin talven 2010–2011 haastavuudesta huolimatta toteuttamaan aikataulusta edellä ylittämättä merkittävästi kustannuksia. Laskennallinen elementtiasennustyön kesto, 15,3 työviikkoa ja referenssikohteessa toteutunut työvaiheeseen kulunut aika, 16 työviikkoa, ovat erittäin hyvin linjassa keskenään (liite 4, taulukko 20). Optimiolosuhteisiin arvioitu runkotöiden kesto tosin on käytännön kokemuksiin verrattuna optimistinen. Keskimäärin asuinkerrostalokohdetta rakennettaessa hyvä elementtiasennuksen työtahti on noin kerros viikossa. Referenssikohteessa on kolme rappua, joissa kahdessa on viisi kerrosta ja yhdessä kuusi. Tällöin kokemusperäinen arvio elementtiasennustyön kestolle on 16 viikkoa. Kun optimiolosuhteisiin laskelmien pohjalta tehty arvio asennustyön kestosta on 11 työviikkoa kolmella asentajalla, on myös kesäolosuhteissa rakennettaessa mukaan laskettava häiriöistä johtuvia viivästyksiä ja muita työmenekkiä lisääviä muuttujia, joita ei laskemissa ole huomioitu.

Energiakustannusten suuruusluokka on laskennallisesti saaduissa tavoitteissa hieman liian suuri, sillä laskennallisesti nestekaasuun käytetty kokonaissumma on noin 48 000 € (liite 4, taulukko 20), kun taas referenssikohteessa toteutuneet nestekaasun kustannukset olivat noin 35 000 €. Laskelmien mukaan sähkönkulutus olisi noin 237 MWH ja kustannukset noin 19 000 €. Todellisuudessa sähköenergiaan kului noin 14 000 €, joten laskennalliset arviot energiakuluista ovat noin 29 % liian suuret. Laskelmien mukaan energiakustannukset tulisivat olemaan noin 67 000 €, kun taas referenssikohteessa toteutuneet kustannukset ovat sähkön ja nestekaasun osalta noin 48 000 €.

Mikäli energiamuotojen välillä olisi valittu siten, että käytettävästä lämmitysenergiasta 60 % tulee kaukolämpöverkosta ja 40 % on sähköenergiaa, saadaan esimerkkikohteessa pienennettyä energiakustannukset noin 20 000€:lla. Olosuhteiden muuttuessa siten, että puolet asennustyöstä saadaan tehtyä lämpötilan ollessa yli  $-2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  ja vain 10 % asennustyöstä joudutaan tekemään alle  $-12,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ :n lämpötilassa, lisääntyvät asennusryhmän kustannukset kesäolosuhteisiin verrattuna vain noin 9 000€ esimerkkilaskelman 13 531 €:n sijaan. Näissä olosuhteissa tosin energiankulutus nousee hieman alle 100 MWh:lla.

Työmaan energiantarve talvikuukausina on riippuvainen lämpötilasta ja käytetystä runkotekniikasta sekä lämmitettävästä tilavuudesta. Täyselementtitekniikkaa käytettäessä energiaa kuluu runkovaiheen valujen ja elementtisaumojen lämmittämiseen noin 65 % paikallarakennettuun tai osaelementtitekniikalla toteutettuun kohteeseen verrattuna. Lisäksi runkotekniikasta riippumattomia lämmitystä vaativia kohteita ovat perustusvaiheen valut, työmaarakennusten lämmitys, sisävalmistusvaiheen lämmitys ja kuivatus, yleisesti rakenteiden työnaikainen lämmitys ja kuivatus, lumen ja jään sulatus sekä koneiden käyttö ja valaistus. [1, s. 8.]



Kuvio 6. Nestekaasulla toimiva lämmitin

Runkovaiheessa tavallisimmin käytössä olevaa lämmitysenergiamuotoa, nestekaasua, käytettäessä siten, että 60 % lämmityksestä toteutetaan nestekaasulla ja 40 % sähkölämmittimillä, kasvattaa energiakustannuksia 67 000 euroon. Referenssikohteessa pelkkään nestekaasun hankintaan ja varastointiin käytettiin noin 35 000 €. Kohteessa jouduttiin käyttämään nestekaasua rungon lämmitykseen lämpökeskuksen epäedullisen sijainnin vuoksi ja kaukolämpölämmittimien käytöllä toteutettiin lähinnä rakenteiden lämmitystä jo valmistuneissa kohteen osissa. Nestekaasua käyttävien lämmittimien käyttö oli perusteltua myös niiden kohtuullisen helpon siirrettävyyden vuoksi. Kuviossa 6 on nestekaasulämmitin ja kuviossa 7 kaukolämpöä käyttävä lämpöpuhallin.

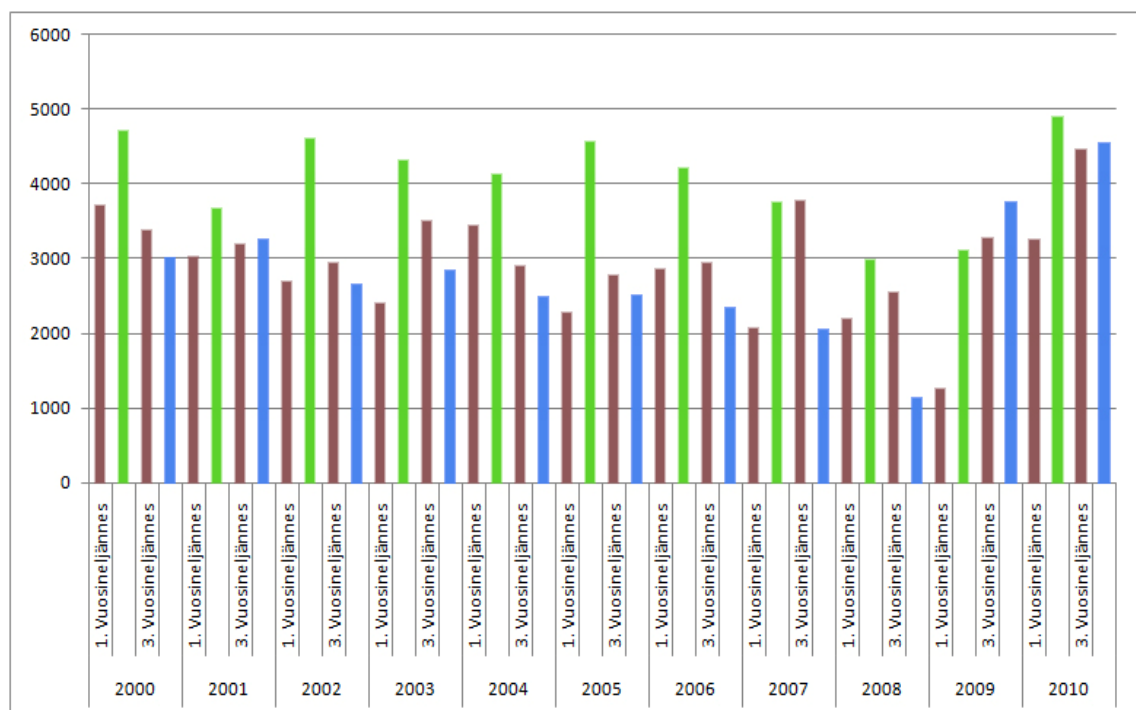


Kuvio 7. Kaukolämpölämmitin.

Betonelementtikerrostalotyömaan runkovaiheen työnaikaisen lämmitysmuodon valinnalla voidaan tehostaa rakenteiden kuivumista ja vaikuttaa niin työskentelyolosuhteisiin kuin lämmityskustannuksiin. Esimerkiksi kaasulämmittimien käyttö on energiakustannuksiltaan huomattavasti kalliimpaa kuin kaukolämmöllä toimivan lämmittimen käyttö. Lisäksi kaasulämmitin tuottaa huomattavasti enemmän kosteutta ilmaan kuin kaukolämpölämmitin. Pattereiden asennuksen ja toimintakuntoon saattamisen jälkeen luonnollinen ja tehokas vaihtoehto on käyttää asuntojen omia pattereita rakennuksen lämmittämiseen ja rakenteiden kuivattamiseen.



Työn aikaiseen lämmitysmuotoon voidaan vaikuttaa projektikohtaisesti jo hankkeen suunnitteluvaiheessa suunnittelemalla rakennuksen yksityiskohdat ja tuotannon ajoitus myös tätä näkökulmaa silmällä pitäen. Tehokkain tapa vähentää runkotyövaiheen lämmityskustannuksia on ajoittaa runkovaihe alkamaan loppukeväästä, huhti-toukokuusta. Vuoden 2008 taloustaantumasta asti näin pääsääntöisesti toimitettiin, mutta taantumaa seurannut voimakas kasvu aiheutti sen, että kohteita ei aloiteta vuodenajan vaan markkinatilanteen mukaan. Kuviosta 8 käy ilmi asuinkerrostalokohteiden aloitusten ajoittuminen vuoden toiselle neljännekselle, kun taas vuoden neljännellä sekä ensimmäisellä neljänneksellä aloitusten määrä on alhaisimmillaan.



Kuvio 8. Asuinkerrostalokohteiden aloitukset neljännesvuosittain 2000–2010 [5].

Kun runkotyövaihe ajoittuu talviolosuhteisiin, on useita keinoja vaikuttaa edullisesti kohteen lämmitysenergiakuluihin. Lämmönjakohuoneen harkittu sijoitus ja aikainen valmistusvaihe antavat mahdollisuuden käyttää liittymistä saatavaa energiaa rakennuksen omilla järjestelmillä jo työvaiheessa. Tällöin työnaikaisten lämmitysjärjestelmien vaatima tila vapautuu muuhun käyttöön, kaluston vuokrauskulut vähenevät ja käytettävä energia on mahdollisuuksien mukaan halvempaa.

Itse elementtiasennuksen vaatima lämmitystarve rajoittuu lähinnä ontelolaataston alapuolisen kerroksen lämmitykseen, saumavalujen lämmitykseen ja paikalla sekoitettavan laastin veden lämmitykseen. Saumavalujen lämmitykseen tehokkain muoto on lanka-lämmitys, vaikka muitakin tapoja on. Lisäksi etenkin ontelolaataston saumat on suojattava peitteillä valun jälkeen lämmön karkaamisen ehkäisemiseksi.

## 4.2 Aikataulu

Talviolosuhteiden vaikutus elementtirunkotyövaiheen kestoon vaihtelee suuresti alueittain ja vuosittain olosuhteiden mukaan. Liitteen 1 taulukossa 7 on esitetty elementtiasennustyön keston kasvu eri lämpötilaluokissa. Kun lämpötila on vain hieman pakkasen puolella, työmenekki kasvaa betonielementtitoissa alle 10 %, mutta jo kymmenessä pakkasasteessa on työmenekin kasvu 25–30 %. Myös liitteen 4 taulukosta 20 käy ilmi työajan teoreettinen kasvu referenssikohteessa. Kun liitteen 3 taulukon 19 mukaisilla arvoilla työsuorituksen valmistuminen kestää noin 40 työvuorota, kasvattavat talviolosuhteet työmenekkiä noin 17 työvuorolla. Myös lumi- ja jäätyöt sekä lämmitys ja kuivaus aiheuttavat työmenekkiä. Liitteen 1 taulukossa 6 on esitetty rakennuksen lämmityksen ja kuivauksen työmenekkitietoja ja liitteen 1 taulukoissa 4 ja 5 lumi- ja jäätöiden työmenekkitietoja sataneen lumikerroksen paksuuden ja maantieteellisen alueen perusteella mitattuna.

## 4.3 Erityishaasteet

Elementtirunkotöiden ajoittuessa talvikuukausille tuovat olosuhteet mukanaan häiriöitä ja haasteita. Osa häiriöistä tapahtuu varmasti, osa todennäköisesti ja osa on yllättäviä. Varmoihin sekä todennäköisiin häiriöihin ja ongelmiin voidaan tehokkaasti varautua ja niiden seurauksia voidaan minimoida jo hankkeen suunnitteluvaiheessa. Osa häiriöistä voidaan tällöin jopa ehkäistä. Ongelmallisimpia ovat ne ongelmat, joihin ei ole osattu varautua.

### 4.3.1 Pahimmat ongelmat ja niihin varautuminen

Kun betonielementtirunkoa toteutetaan Suomen talvisissa olosuhteissa, kohdataan väistämättä pakkasesta, lumesta, jäästä ja muita säästä johtuvia ongelmia. Nämä vas-

taantulevat ongelmat on pystyttävä ratkaisemaan tai ainakin niiden seuraukset minimoimaan suunnittelemalla ja käymällä läpi ennakkoon mahdolliset vaaranpaikat, niiden todennäköisyydet, seuraukset sekä keinot varautua ongelmaan ja minimoida sen haittavaikutukset.

Taulukossa 4 on koottu yleisimpiä ja todennäköisimpiä ongelmia, niiden seurauksia ja keinoja varautua ongelmiin rakennettaessa betonielementtirunkoa talvikuukausina. Kohteet ja hankkeet ovat kuitenkin aina projektiluontoisia eli yksilöllisiä ja ainutkertaisia, joten kullakin hankkeella on myös omat pahimmat ja todennäköisimmät riskitekijänsä. Hankkeen alussa tapahtuva huolellinen suunnittelu ja ongelmien arviointi helpottaa rakennustöiden aikaista varautumista ongelmiin ja siten töiden sujuvuutta. Myös kustannusten ja aikataulun hallinta helpottuu.

Logistiikka eli elementtien kuljetukset saattavat talviolosuhteissa häiriintyä monestakin syystä. Teiden liukkaus ja huono ajokeli saattaa viivästyttää toimituksen tai pahimmassa tapauksessa onnettomuuden johdosta estää sen kokonaan. Näiden odottamattomien viivästyksen vuoksi runkotyöt saattavat viivästyä pahimmillaan päiviä, mikäli elementit joudutaan valmistamaan uudelleen ja kyseessä on tahdistava, suoraan rekan kyydistä asennettava kuorma. Tällaisia ovat varsinkin ontelolaatat.

Logistiikkaongelmia voi aiheutua myös itse työmaalla huonokuntoisten ajoväylien vuoksi, jolloin elementtirekka ei pääse ajamaan nostoalueelle. Nämä ongelmat on nopeampi korjata hiekoittamalla tai luomalla lumet pois ajoväylältä, jolloin viivästys jää huomattavasti edellistä vaihtoehtoa lyhyemmäksi. Helpoin tapa välttää ajo-ongelmat työmaan sisällä on pitää ajoväylät kunnossa säännöllisellä huoltamisella ja mikäli mahdollista suunnitella ajoväylät siten, että liikenne sujuu vaivattomasti eivätkä esimerkiksi jyrkät mäet aiheuta liukkaudellaan ongelmia.

Itse nostotapahtumaan ja sen onnistuneeseen suorittamiseen liittyy useita riskitekijöitä. Pääkaupunkiseudulla meren äärellä tuulen nopeus ylittää 10 m/s keskimäärin 154 päivänä vuodessa [1, s. 3]. Lisäksi talviaikaan näitä päiviä on jopa yli puolet kuukaudesta. Sisämaassa tuulet ovat heikompia, mutta talviolosuhteissa nostoa haittaavan kovan tuulen riski on huomattavasti suurempi kuin kesäkuukausina. Myös sankka lumi-

sade saattaa aiheuttaa ongelmia huonon näkyvyyden vuoksi. Tällöin nostoja ei päästä toteuttamaan suunnitellusti ja aikataulu venyy.

Lumi ja pakkanen voivat myös aiheuttaa nosturiin vikoja, jotka estävät nostojen suorittamisen suunnitellusti. Nosturin, kuten muidenkin koneiden ja laitteiden, huoltaminen säännöllisesti varsinkin talviolosuhteissa on ensiarvoisen tärkeää, jotta mahdolliset ongelmat ja katkokset työn suorittamiseen voidaan välttää mahdollisimman tehokkaasti. Nostolaitteiston ohjekirjassa on myös aina määritelty pakkasraja. Lämpötilan laskiessa tämän pakkasrajan alapuolelle, ei nostojen suorittaminen ole enää valmistajan mukaan turvallista. Pakkasrajat ovat laitekohtaisia ja niihin on tutustuttava ennen nostolaitteen käyttöönottoa.

Lumi ja jää aiheuttavat muutoinkin ongelmatilanteita työskentelyyn. Ontelolaatastolle satanut paksu lumikerros on siivottava pois ennen varsinaisten töiden aloittamista, jolloin asennustyö viivästyy. Laatastolle heti asennuksen jälkeen saumavalujen suojaksi asetettu kestävä suojapeite (kuvio 9) kerää päälleen sataneen lumen ja töiden jatkuesa lumi on helppo ja nopea nostaa pois nosturilla peitteen muodostaessa lumenkuljetuspussin. Saumavalujen pitää olla tällöin saavuttanut riittävän lujuuden. Tämä varmistetaan käyttämällä valussa pakkasenkestävää betonia, lämmitystä sekä valujen lämmönkehitystä seuraamalla.



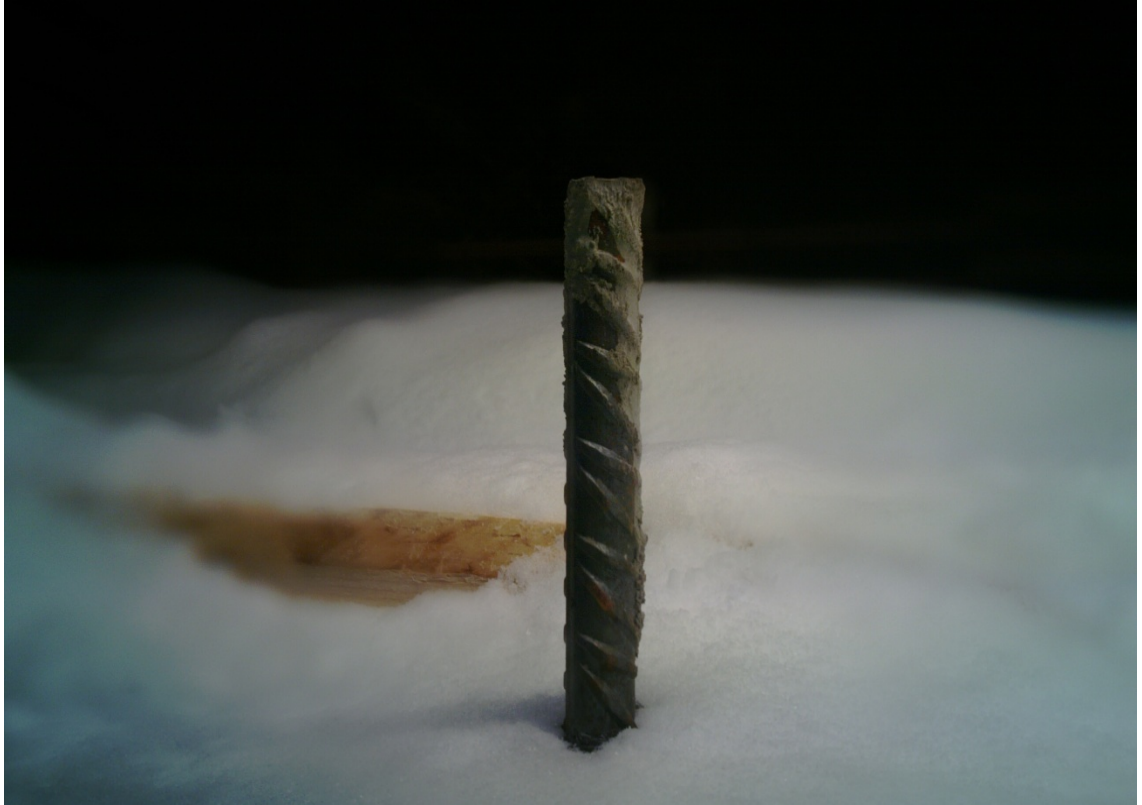
Kuvio 9. Satanutta lunta asianmukaisesti suojatulla ontelolaatastolla.

Lumi ja jää aiheuttavat ongelmia myös joutuessaan ontelolaattojen onteloiden sisään. Onteloon satanut lumi sulaa rakenteiden lämmitessä ja aiheuttaa pitkänkin ajan kuluttua kosteusongelmia valmiiseen kattopintaan. Lumen päätyminen onteloihin on käytännössä väistämätöntä ja ontelolaattojen tyhjentäminen vedestä toteutetaan yleensä poraamalla lämmentä ontelolaattaan reikiä onteloiden kohdalle, jolloin sulanut vesi pääsee valumaan pois.

Kylmyys, kosteus ja lumi saattavat hidastaa työtahtia ja näin ollen viivästyttää työvaiheiden valmistumista. Työmaalla onkin kaikilla työntekijöillä oltava riittävät henkilökohtaiset varusteet ja mahdollisuus niiden kuivattamiseen. Myös rakenteiden lämmityksen on alettava mahdollisimman nopeasti.

Talviolosuhteet aiheuttavat omat haasteensa työmaan työturvallisuudelle. Liukkaus kasvattaa riskiä liukastumiseen ja lumi kätkee alleen kompastumisriskejä ja jopa puut-

teellisesti toteutettuja putoamissuojauksia. Työmaan yleisjärjestys varsinkin kulkuteiden osalta on varsinkin talviolosuhteissa ensiarvoisen tärkeää tarpeettomien onnettomuuksien välttämiseksi. Kuviossa 10 on tyypillinen tapaturmariski, eli harjateräs pystyssä lumen keskellä ilman minkäänlaista varoittavaa merkintää.



Kuvio 10. Lumen keskellä ilman varoittavaa merkintää oleva harjateräksen pää muodostaa potentiaalisen työturvallisuusriskin.

Pakkanen varsinkin tuulen kanssa saattaa helposti aiheuttaa paleltumia ja hidastaa reaktioita. Paleltumat ovat riski itsessään ja reaktioiden hidastuminen lisää riskiä joutua tapaturmaan. Riittävä talviolosuhteisiin suunniteltu vaatetus ja asianmukaiset varusteet ovat tehokkaimpia keinoja estämään paleltumia. Kovalla pakkasella ja varsinkin tuulen ollessa navakkaa on työntekijät mahdollisesti sijoitettava työpisteelle, jossa kylmyys ei pääse vaikuttamaan tuulen kanssa liiaksi. Taulukossa 2: Pakkasen purevuus on esitetty pakkasen ja tuulen yhteisvaikutus ja paleltumariski.

Taulukko 4. Mahdolliset ongelmat ja niihin varautuminen.

	Ongelma	Seuraus	Varautuminen
Elementtien kuljetukset			
	Kuljetus myöhästyy huonon ajokelin vuoksi	Elementtejä ei päästä asentamaan aikataulussa -> aikataulu venyy	Aikataulussa varautuminen häiriöihin
	Elementtirekka ei pääse ajamaan nostoalueelle työmaan ajoväylien kunnan vuoksi	Elementtien nosto venyy -> mahdollinen kuljetusten ruuhkautuminen, asennusryhmän venttatunnit	Ajoväylä nostoalueelle suunniteltava tarpeeksi loivaksi ja pidettävä kunnossa, työryhmällä varastoja lyhyiden venttojen ajaksi, työmaalla riittävä kalusto ajoväylien huoltamiseen ja kunnossapitoon
Nostot			
	Nostoja ei päästä tekemään tuulen tai lumisateen vuoksi	Aikataulu venyy, venttatunnit työryhmälle	Säätiedotusten seuraaminen
	Nosturi ei toimi pakkasen tai lumen vuoksi, nosturin pakkasrajat tulevat vastaan	Elementtien nostoja ei päästä toteuttamaan, aikataulu venyy	Nosturin säännöllinen huolto ja kunnossapito, korjauspalvelun riipeys
Työskentely			
	Lumen sataminen ja kasautuminen holville	Liiallisen ajan kuluminen lumitöihin ja sulattamiseen	Holvin suojaus esim. lainapeitteillä -> helppo siirtää nosturilla pois suurena lumisäkkinä, holvin alapuolen lämmitys
	Saumavalujen jäätyminen ennen sallittua jäätymislujutta	Rakenteiden lujuus ja toiminta kokonaisuutena ei vastaa suunniteltua	Holvin suojaus, saumojen lämmitys esim. lankalämmittimin, pakkasbetonin käyttö, saumavalujen lämmönkehityksen seuranta, holvin alapuolen lämmitys

	Työtahdin hidastuminen kylmyyden, lumen, kosteuden yms. Takia	Työsuoritusten toteuttaminen hidastuu, aikataulu venyy, työvaiheet kasaantuvat, kaikille ei välttämättä mestoja	Holvin alla rakentamisaikainen lämmitys käyttöön heti kun mahdollista, asianmukaiset henkilökohtaiset varusteet ja sosiaali-tilat varusteiden ja vaatteiden kuivatusmahdollisuudella
	Lumi ja jää onteloiden sisällä	Onteloihin jää vettä - > valmiisiin kattoihin tulee läikkiä	Lumen ja jään sulattaminen lämmittämällä rakenteita, sulaneen veden poistaminen esim. poraamalla reikiä joka onteloon
	Pakkanen, lumi ja jää	Koneiden rikkoutumiset tai toimimattomuus vallitsevissa olosuhteissa	Oikea työväline oikeaan paikkaan, koneiden ja välineiden huolto ja kunnossapito, varakoneet
Työturvallisuus			
	Liukkaus	Liukastumiset, putoamiset -> loukkaantumiset	Kulkuteiden kunnossapito, asianmukaiset putoamissuojaukset, asianmukaiset henkilökohtaiset suojavarusteet
	Lumen alla oleviin objekteihin kaatuminen, osuminen tai törmäminen	Potentiaalinen riski loukkaantumiselle, myös objektin hajoaminen	Työmaan yleisjärjestys kunnossa, kulkutiet puhtaasti lumesta, vältettävä tavaroiden hautautumista lumeen, etenkin muovi todella liukasta
	Pakkanen, pakkanen + tuuli	Paleltumat, reaktioiden ja liikkeiden hitaus -> tapaturma	Työkohteet sään mukaan, henkilökohtainen vaatetus ja varustus kunnossa, pakaspäivät, maalaisjärki



	Pimeys -> huono näkyvyys kulkureiteillä, ympäristössä, nostoalueella	Tapaturman todennäköisyys kasvaa, työteho heikkenee, työn laatu kärsii	Työmaan hyvä yleisvalaistus ja asiaankuuluva työpistevalaistus, homioväritykset varusteissa
Materiaalit			
	Materiaalinen hautautuminen lumeen -> mahdollinen käyttökelvottomuus, materiaalia ei löydetä tarvittaessa	Materiaali hankittavuudesta -> kustannukset kasvavat, aikataulu mahdollisesti venyy	Materiaalien selkeä ja järjestelmällinen varastointi, huolellinen säältäsuojaus, varastointi mielellään sisätiloissa tai katteen alla, erilliset varastointitilat

#### 4.3.2 Lämmitysmuodot ja niiden vaatimukset

Kun rakennusprojekti toteutetaan talviolosuhteissa, on rakennusta lämmitettävä työn aikana työvaiheiden toteuttamisen mahdollistamiseksi ja hyvän rakentamistavan mukaisen laadun saavuttamiseksi. Vaikka valmisosilla eli elementeillä toteutettaessa rungon osat valmistetaan säältä suojassa tehtaassa ja keli ei vaikuta työskentelytahtiin tai laatuun niin voimakkaasti kuin paikallarakennettaessa, ovat tälläkin tekniikalla lämmitys- ja sääsuojausvaatimukset merkittävät talvikuukausien aikana. Paljaana olevalle holville satava lumi ja saumavaluihin jäädyttävä pakkanen aiheuttavat suojaus- ja lämmitystarvetta.

Valittavia lämmitysmuotoja on useita ja on projektikohtaista, mikä on kuhunkin kohteeseen soveltuvin. Edullisin ei välttämättä ole aina paras tai tehokkain saatika edes mahdollinen. Olosuhteet, kuten kohteen sijainti, olemassa olevat liittymät kunnallistekniikkaan, saatavilla olevat palveluntarjoajat sekä käytettävissä olevat tilat ja järjestelmät luovat raamit valittavalle lämmitysmuodolle.

Suomen ylivoimaisesti yleisin lämmitysmuoto on kaukolämpö, jota käytetään jo noin puolessa Suomen asunnoista. Varsinkin suuremmissa asuntokeskittymissä kaukolämpö on automaattinen valinta sen hyvän kustannustehokkuuden, ympäristöystävällisyyden ja kaupungin tai kunnan tekemän linjauksen vuoksi. Varsinaiseksi lämmitysmuodoksi tulevaa kaukolämpöä voidaan hyödyntää myös rakennusaikaisessa lämmityksessä.

Säästöt energiakustannuksissa verrattuna pelkästään sähköllä, öljyllä tai kaasulla lämmittämiseen voivat nousta jopa kymmeniä prosentteja.

Kaukolämmöllä toimiva kuumailmalämmitys puhaltaa ympäristöönsä lämmintä ja kuivaa ilmaa. Kuiva ilma kuivattaa rakenteita tehokkaasti, joka kävi ilmi myös referenssi-kohteen rakenteiden kuivumisnopeuksissa. Kaukolämpöä käyttävät puhaltimet tarvitsevat melko järeää letkustoa lämpimän veden kuljettamiseen lämmönjakohuoneelta lämmittimelle ja takaisin. Mikäli letkuja ei saada sijoitettua esimerkiksi kattoon roikkumaan, jäävät ne helposti kulkureiteille esteeksi. Toisaalta referenssi-kohteessa käytettiin vain kahta puhallinta jokaista rappua kohden joista toinen sijoitettiin ensimmäiseen kerrokseen portaikon kohdille ja toinen kellarikerrokseen puhaltamaan ilmaa hissikui-luun. Tällöin tarvittavat letkut tulivat vain ensimmäiseen kerrokseen joten niiden aiheuttama haitta rajoittui ensimmäiseen kerrokseen. Jotta kaukolämpöä käyttävä lämmitin toimii mahdollisimman tehokkaasti, on lämpimän ilman poistuminen rakennuksen kerroksista estettävä sulkemalla aukot mahdollisimman nopeasti rungon valmistuttua.

Nestekaasulla toimivien lämmittimien etu on niiden tehokkaassa lämmöntuotossa ja kaukolämpölämmittimiä helpommassa siirreltävyudessa. Sopivan kokoinen nestekaasu-lämmitin on helppo siirtää haluttuun kohteeseen. Tarvittavat letkut ja jakotukit eivät ole yhtä järeitä kuin kaukolämpöä käytettäessä. Pienikokoinen lämmitin tuottaa tehokkaasti lämpöä, mutta haittapuolena on lämmityksen aiheuttama kosteuden tuotto.

Runkovaiheessa ainakin osa lämmityksestä on toteutettava kaukolämpölämmitintä tehokkaammilla menetelmillä kuten nestekaasu- ja sähkölämmittimillä. Ylimmän holvin alapuolinen kerros on saatava nopeasti yläpuolisten ontelolaattojen jälkeen lämpiämään, jotta saumojen valu voi onnistua ja onteloihin kerääntynyt jää ja lumi alkaa sulaa. Lisäksi saumavaluissa on käytettävä sähkökäyttöisiä lanka- tai säteilylämmittimiä. Ylin holvi on myös saumojen valun jälkeen peitettävä peitteillä tai muulla vastaavalla tavalla jotta lämpö pysyy halutussa kohteessa.

#### 4.3.3 Saumavalujen toteutustapa

Talviolosuhteissa on liitoskohtien eli elementtien saumojen oltava puhtaat lumesta ja jäästä sekä tarpeeksi lämpimät, jotta hitsaustyöt ja juotosvalut onnistuisivat. Juotosvalussa käytetään suuremman lujuusluokan betonia kuin lämpimämissä olosuhteissa. Betonimassan tulee olla lämpötilaltaan yli +5 °C. Suomessa talviaikaan betonimassa lämmitetään tehtaalla automaattisesti. Saumojen juotosvaluissa käytetään yleisesti pakkasbetonia, joka kestää paljon kylmempää lämpötiloja kuin normaali betoni. Valun jälkeen liitoskohta on suojattava eristysmatolla, jotta betonin kovettuminen varmistetaan ja jäätyminen estetään. Mikäli saumavaluja on lämmitettävä, käytetään joko lan-ka- tai säteilylämmitintä. Betonin lujuudenkehityksen seurannassa käytetään apuna lämpötilamittauksia tai muuta luotettavaa tapaa. Ennen jäätymistä betonin tulee saavuttaa jäätymislujuus, 5 MN/m<sup>2</sup>.

Saumavalut voidaan toteuttaa joko pumppaamalla, nostoastialla tai valusuppilolla [5, s. 5]. Ennen valua on saumat puhdistettava liasta, lumesta ja jäästä [5, s. 5]. Kohteessa käytössä olevasta kalustosta riippuu, millä menetelmällä saumavalu toteutetaan. Referenssikohteessa laatastojen saumavalut toteutettiin nostoastialla (kuvio 11) ja pystysaumat valettiin pumppaamalla. Riippumatta valumenetelmästä, on saumoja valettaessa käytettävä aina rakennesuunnitelmien mukaista notkeaa betonia [5, s. 5]. Mikäli saumabetoni on itsetiivistyvää, ei saumaa tärytetä. Jotta saumat eivät pääse jäätymään ennen sallittua jäätymislujuutta, on ne peitettävä sopivalla peitteellä ja lämmityksestä huolehdittava.



Kuvio 11. Ontelolaataston saumavalu käynnissä.

#### 4.3.4 Kuljetukset työmaalle ja työmaalla

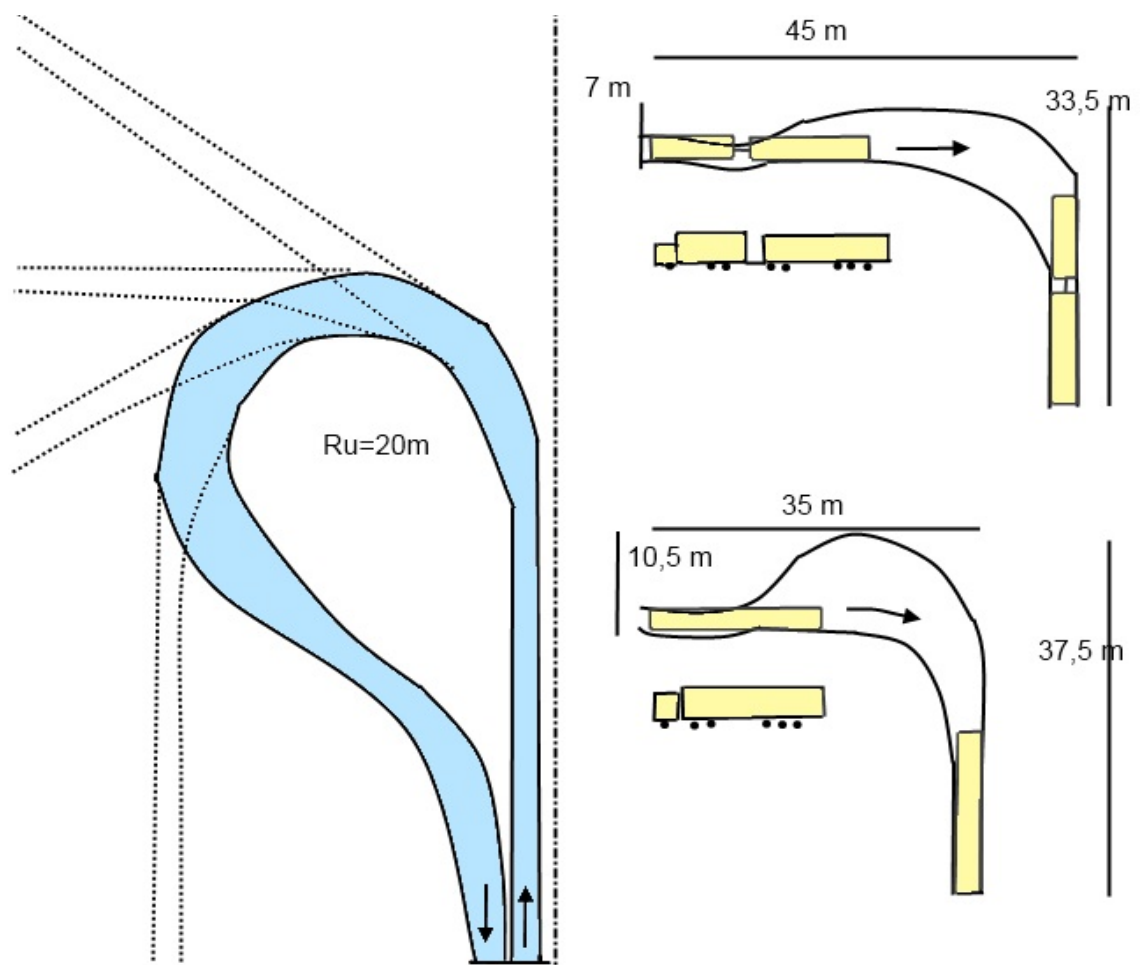
Talviolosuhteissa esiintyvä teiden pintojen liukkaus, teille satanut lumi sekä lumivallien kaventamat tiet aiheuttavat osaltaan vaatimuksia elementtien kuljetusten suunnittelulle sekä toteutukselle. Elementtirekat ovat lisäksi usein pitkiä yhdistelmiä, joten ongelmia voi olla työmaasta johtuen jopa lumettomana vuodenaikana. Elementtirekan painon ollessa suurimmillaan useita kymmeniä tonneja, saattaa loivakin liukas ylämäki aiheuttaa ongelmia työmaalle purkualueelle pääsyyn.

Mikäli työmaalla on mahdollista, elementtien kuljetusliikenne tulisi järjestää kulkevaksi yhteen suuntaan, eli autoilla olisi ympäriajomahdollisuus. Aina tämä ei onnistu, vaan elementtejä kuljettavat rekat joutuvat peruuttamaan joko työmaalle tai sieltä pois.

Isolla yhdistelmällä jo pelkkä työmaalle pääsy voi olla ongelmallista liukkaalta, kapealta tai vilkkaasti liikennöidyltä kadulta, kun renkaat eivät pidä tai auto ei vain mahdu kään-

tymään tieltä työmaalle. Myös jyrkät ylämäet varsinkin talviliukkailla saattavat tuottaa ongelmia.

Kuljetusten sujuvuuden turvaamiseksi on niin työmaan kuin työmaalle käännyttäessä kriittisten tieosuusien talvikunnossapidosta huolehdittava niin lumen luonnilla kuin liukkauden ehkäisemisellä. Työmaalla ajotien leveyden tulee olla vähintään kuusi metriä ja pituusleikkauksen pyöristyssäde ei saa olla alle 100 metriä, mikäli tiellä on tarkoitus liikennöidä syväkuormausperävaunullisilla ajoneuvoyhdistelmillä. Näiden yhdistelmien käyttö on yleistä raskaiden ja korkeiden elementtien kuljetuksissa. Huomioitavaa on, että yhteen suuntaan kuljettaessa ajotien vaatimukset ajotien leveydelle ovat huomattavasti vähäisemmät kuin yhdistelmää peruutettaessa (kuvio 12). Tien tulee olla myös tasainen, suurimpina kaltevuuksina suositellaan suorille ajoteiden osille 14 % ja kaarteisille ajoteiden osille 10 %. [7, s. 98.]



Kuvio 12. Perävaunullisen ajoneuvoyhdistelmän ajoura eteenpäin ajettaessa (vasen) ja peruutettaessa (oikea) [7, s. 98].

#### 4.3.5 Elementtien varastointi

Hyvin toteutettu ja toimiva elementtivarasto on selkeä, eristetty kokonaisuus, joka on nosto- ja kuljetuskaluston toiminta-alueilla ja johon nosturin kuljettajalla on esteetön näköyhteys. Alueen pohjan on oltava kova sekä tasainen ja kunnossapidon ja kuivatuksen oltava helppoa. Maan kuivuminen ja ja jään sekä roudan sulaminen saattavat aiheuttaa vaaratilanteita, mikäli niiden vaikutuksia ei ole otettu huomioon elementtivaraston suunnittelussa. [7, s. 99.]

Laattaelementtien varastointi tapahtuu aluspuiden päälle päällekkäin ja elementtien väliin on asennettava välipuut. Aluspuiden ja välipuiden on oltava tarkasti samassa linjassa, enintään 300mm päässä laatan päästä. Laattoja ei saa pinota päällekkäin neljää enempää. [7, s. 99.]

Seinäelementit tulee varastoida asianmukaisiin A-pukkeihin, kampatelineisiin eli elementtifakkeihin tai elementtikontteihin. Kampateline on täytettävä keskeltä reunoille päin tasaisesti siten, että telineen ja elementtien tasapaino säilyy ja kuormitus jakaantuu tasaisesti. A-pukkeihin varastoitaessa seinäelementtien on myös oltava tasaisesti pukkien molemmin puolin. Nostot pois A-pukeista on suoritettava vuorotellen molemmilta puolilta pukkeja. Kuviossa 13 on kampatelineeseen varastoitu oikeaoppisesti seinäelementtejä. [7, s. 99.]



Kuvio 13. Kampatelineeseen eli elementtifakkiin oikeaoppisesti varastoituja seinäelementtejä.

Muut elementit, kuten pilari- ja palkkielementit varastoidaan soirojen, eli yleensä puisten kannakkeiden päälle. Myös porrasedimentit tulee varastoida vaakatasoon tukien päälle siten, että elementit ovat irti maasta. [7, s. 99.]

#### 4.3.6 Valettavat osat ja niiden vaatimukset

Täyselementtitekniikalla valmistettavissa kohteissa valettavien osien määrä rajoittuu aukkojen ja reikien paikkaamiseen. Tästä johtuen vaatimukset betonoinnille eivät ole suurusluokaltaan yhtä suuria kuin paikallavalukohteissa, joissa sääsuojauksen ja lämmityksen merkitys korostuu huomattavaksi. Elementtirakenteisissa kohteissa huomioitavia asioita ovat betonin laatu ja valetun osan pitäminen riittävän lämpimänä.

Valetun rakenteen ympäristön lämpötilan laskeminen pakkasen puolelle aiheuttaa sen, että pelkkä betonin aineosien lämmittäminen ja betonin peittäminen lämpöeristeellä eivät riitä varmistamaan betonin kovettumista riittävällä nopeudella. Näissä olosuhteissa on huolehdittava betonin riittävästä lämmityksestä ja seurattava lämmönkehitystä, jotta voidaan varmistua oikeasta lujuudenkehityksestä.

Mikäli betonin lämpötila pääsee laskemaan liian alas, vaikutukset ovat

- varhainen jäätyminen josta seurauksena on lujuuskato
- näennäislujuus, joka aiheutuu varhaisjäätymisestä
- hidastuva lujuudenkehitys
- halkeilua aiheuttavat lämpötilaerot lämmitetyn rakenteen ja ulkoilman välillä. [7, s. 81.]

## 5 Yhteenveto

Opinnäytetyössä selvitettiin talviolosuhteiden vaikutusta elementtirunkotöihin asuinkerrostalokohteessa. Tavoitteena oli koota kattava selvitys elementtiasennuksesta, talviolosuhteiden vaikutuksesta elementtiasennustyöhön sekä talviolosuhteiden vaikutuksesta aikatauluun, kustannuksiin sekä työskentelyyn yleensä. Tutkimus toteutettiin olemassa olevaa kirjallisuutta apuna käyttäen sekä todelliseen referenssikohteeseen tutustuen. Lähestulkoon kaikki kirjallisuus on Rakennusteollisuus Ry:n tuottamaa mahdollisimman tuoretta aineistoa. Tutkittavassa kohteessa havaintoja tehtiin koko talven 2010–2011 ajalta säännöllisesti viikoittain.

Referenssikohteen havaintojen sekä kohteen työnjohdon kanssa käytyjen keskustelujen pohjalta haettiin vaihtoehtoja käytettäville menetelmille niin lämmityksen, asennustekniikan, lumen ja jään hallinnan kuin muidenkin avustavien töiden suhteen. Eri vaihtoehtojen hyviä ja huonoja puolia arvioitiin kokemusten ja referenssikohteen havaintojen pohjalta.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin kattavasti apua betonielementtirunkotöiden sekä talvirakentamisen suunnitteluun ja onnistuneempaan toteutukseen. Pahimmat ongelmat listattiin ja käsiteltiin läpi, eri tekniikoita työmenetelmiin ja käytettäviin laitteistoihin vertailtiin ja tärkeimpänä laadittiin laskelmia Rakennusteollisuus Ry:n tietoihin perustuen talviolosuhteiden vaikutuksesta runkotöiden kustannuksiin ja aikatauluun.



Runkotöiden ajoittaminen talvikuukausille on aina riskin ottamista. Hankkeen suunnitteluvaiheessa tulisikin arvioida tarkkaan ratkaisun kannattavuus, mikäli runkovaihe ajoitetaan talviolosuhteisiin. Kustannuksia runkotöistä kertyy tällöin useita prosentteja lisää kesäolosuhteisiin verrattuna. Myös aikataulu venyy ja tapaturmien mahdollisuus kasvaa. Mikäli budjetti ja aikataulu eivät muutu oikeassa suhteessa kesäolosuhteisiin verrattuna, on riski saada tulokseksi heikompaa jälkeä kuin hyvä rakennustapa edellyttää.

Talvirakentamisen tekniikat kehittyvät jatkuvasti uusien menetelmien tullessa markkinoille rakentajien tarpeesta johtuen. Vaikka tehokkain keino vähentää talviolosuhteiden aiheuttamia kustannuksia on ajoittaa runkovaihe kevääseen tai kesään, luovat nykyiset suhdanteet ja niiden nopea vaihtelu tarpeen rakentaa silloin, kun kohteita menee kau-paksi. Tässä opinnäytetyössä esitellyt järjestelmät ja työmenetelmät ovat vaihtoehtoisia tapoja toimia, mutta tarve huolelliselle suunnittelulle hankkeen onnistumiseksi on yhteinen tekijä kaikkien talviolosuhteissa rakennettavien betonielementtirunkojen kesken.

## Lähteet

- 1 Palomäki, Jenni. 2010. Talvityöt ja –kustannukset. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- 2 Elementtien asennussuunnitelma. 2004. Verkkodokumentti. Rakennustieto Oy. <<https://www.rakennustieto.fi/kortistot/tuotteet/102191.html.stx>> Luettu 1.2.2011.
- 3 Korkeakangas, Susanna. 2004. Väli- ja ulkoseinäelementtityö. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- 4 Koski, Hannu; Mäkelä, Tarja. 2010. Rakennustöiden turvalisuusohjeet. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- 5 Rakennus- ja asuntotuotanto. 2011. Verkkodokumentti. Tilastokeskus. <[http://pxweb2.stat.fi/database/statfin/rak/ras/ras\\_fi.asp](http://pxweb2.stat.fi/database/statfin/rak/ras/ras_fi.asp)>. Luettu 3.4.2010.
- 6 Korkeakangas, Susanna. 2004. Ontelo- ja tt-laattaelementtityö. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- 7 Koski, Hannu; Koskenvesa, Anssi; Mäki, Tarja & Kivimäki, Christian. Rakentamisen tuotantotekniikka. 2010. Helsinki: Rakennustieto Oy.

## Talviolosuhteiden menekkitietoja

Taulukko 1. Kerrostalon talvirakentamisen lisäkustannukset prosentteina vastaavista kesäajan rakentamisen kustannuksista [1, s. 1].

Kustannuslaji	Rakennusvaiheiden lisäkustannukset (%)		
	Perustustyövaihe	Runkotyövaihe	Sisävalmistusvaihe
Työmenekkilisä	2,6 - 2,9	0,6 - 0,7	-
Materiaalilisä	1,7 - 3,7	0,6 - 1,9	-
Energialisä	0,9 - 1,0	1,2 - 1,4	2,8 - 3,2
Kone- ja kalustolisä	1,8 - 2,2	1,2 - 1,4	0,1 - 0,2
Talvilisätyöt	1,6 - 1,8	0,7 - 0,9	0,2 - 0,4
Aikakustannuslisä	2,0 - 2,2	1,0 - 1,2	-
Yhteensä	13 - 15	5,5 - 7,5	3,3 - 3,7

Taulukko 2. Talvitoissa tarvittavaa kalustoa Talo 90:n mukaan [1, s. 5].

Talvilisätyöt (Talo 90)	Kalustovaihtoehdot
C81 Lumi- ja jäättyöt	höyrykehitin, höyrykattila, höyryletku, höyrytysauto, lämpöpuhallin, lumenluontivälineet, sääsuoja
C82 Roudan rikkominen ja sulatus	roudansulatusvaunu, roudansulattaja, roudansulatusmatto, kompressori ja maakilavasara
C83 Lämpösuojaus	eristematot, pressut, sääsuojahallit, suojaustarvikkeet
C84 Lämmitys ja kuivaus	säteilylämmittimet, lämpöpuhaltimet, vesikiertopuhaltimet, lämmitysmuuntajat, betonin sähkölämmitystarvikkeet

Taulukko 3. Lämpökäsittelymenetelmien energiankulutuksia [1, s. 5].

Menetelmä	Energiankulutus kWh/betonim <sup>3</sup>	Betonin kovettumisaika vrk
Lankalämmitys	60 - 100	1 - 3
Kuumailmalämmitys	150 - 500	2 - 5
Infrapunalämmitys	90 - 180	1 - 3
Muottilämmitys	50 - 100	1 - 3

Taulukko 4. Lumi- ja jäätöiden työmenekkitietoja talvella rakennettavasta perustusvaiheesta [1, s. 7].

Alue	Lumen luonti ja jään sulatus	
	perustusvaihe (tth/m <sup>2</sup> )	runkovaihe (tth/brm <sup>2</sup> )
Etelä-Suomi	0,05	0,10
Pohjois-Suomi	0,10	0,20

Taulukko 5. Lumi- ja jäätöiden työmenekkitietoja sataneen lumikerroksen paksuuden mukaan [1, s. 7].

Sataneen lumikerroksen paksuus	Lumen luonti ja jään sulatus (tth/m <sup>2</sup> )
>10 mm	0,005
>50 mm	0,010
>100 mm	0,200

Taulukko 6. Rakennuksen lämmityksen ja kuivauksen työmenekkitietoja [1, s. 7].

Talvikuukausina lämmitettävät rakennukset (brm <sup>3</sup> )	Lämmityksen ja kuivauksen työmenekki (tth/talvi- kk)
1500	50
3000	70
5000	100
10000	170

Taulukko 7. Töiden talvityöhaitta ja -lisäprosenttitiedot [1, s. 6].

Töiden talvityöhaitta ja -lisäprosenttitiedot				
	0...-2,5	-2,5...-7,5	-7,5...- 12,5	alle -12,5
Laattaelementti	10	20	30	40
Ulkoseinäelementti	10	20	30	40
Kappale-elementti	7	15	25	35
Elementtien jälkityöt	0	5	25	35
Kevytbetonielementti	7	15	25	35

Taulukko 8. Lumen luontiin ja jään sulatukseen kuluvat työtunnit [1, s. 7].

	Lumen luonti ja jään sulatus		
Alue	Etelä-Suomi	0,1	tth/brm <sup>2</sup>
	Pohjois-Suomi	0,2	tth/brm <sup>2</sup>

Taulukko 9. Lämmityksen ja kuivauksen työmenekki [1, s. 7].

Lämmityksen ja kuivauksen työmenekki	
brm <sup>2</sup>	tth/talvi- kk
1500	50
3000	70
5000	100
10000	170

Taulukko 10. Energiankulutus talviolosuhteissa [1, s. 8].

Lämpötila	Lämityksen energiankulutus kWh/rm <sup>3</sup> /kk			Koneet & valo	rakenteiden lämmitys
		>10000	Lumi & Jää		
2,5...-2,5	0,8	0,5	3	0,8	
-2,5...-7,7	1,4	1,3	3	1,6	
-7,7...-12,5	2,1	2,2	3	2,7	
-12,5...-17,5	2,6	3,2	3	3,7	
-17,5...-22,5	3,2	4,2	3	4,7	
-22,5...-27,5	3,8	5,2	3	5,6	

Taulukko 11. Talviolosuhteiden aiheuttama energian tarve, PR=paikallarakentaminen, OE=osaelementtitekniikka, TE=täyselementtitekniikka [1, s. 8].

Ulkolämpötila (C°)	Perustusvaiheen valujen lämmitys (kWh/r-ala)	Runkovaiheen valujen ja elementtisaumauksen lämmitys (kWh/rm <sup>3</sup> * kk)				Työmaarakennusten lämmitys (kWh/m <sup>2</sup> * kk)
		alle 10000 rm <sup>3</sup>		yli 10000 rm <sup>3</sup>		
		PR, OE	TE	PR, OE	TE	
2,5 - -2,5	4	1,2	0,8	1,0	0,5	29,4
-2,5 - -7,7	7	2,2	1,4	1,2	0,8	40,2
-7,7 - -12,5	10	3,1	2,1	1,7	1,1	51,4
-12,5 - -17,5	14	4,0	2,6	2,3	1,5	62,2
-17,5 - -22,5	20	4,8	3,2	2,8	1,8	72,6
-22,5 - -27,5	26	5,8	3,8	3,4	2,2	83,4

Taulukko 12. Talviolosuhteiden aiheuttama energian tarve [1, s. 8].

Ulkolämpötila (C°)	Rakenteiden työnai- kainen lämmitys ja kuivatus (kWh/rm <sup>3</sup> * kk)	Lumen ja jään sulatus (kWh/rm <sup>3</sup> * kk)	Sisävalmistusvaiheen lämmitys ja kuivatus (kWh/rm <sup>3</sup> * kk)
2,5 - -2,5	0,8	0,5	8,9
-2,5 - -7,7	1,6	1,3	12,0
-7,7 - -12,5	2,7	2,2	15,2
-12,5 - -17,5	3,7	3,2	18,4
-17,5 - -22,5	4,7	4,2	21,5
-22,5 - -27,5	5,6	5,2	24,5

## Elementtiasennuksen työmenekkitietoja

Taulukko 13. Väliseinäelementtiasennuksen työmenekki.

	Työmenekki tth/kpl	Määrä kpl	Yhteensä tth	
Väliseinäelementit		195		
Välivarastointi	0,2	195	39	
Mittaus	0,12	195	23,4	
Asennus	1,45	195	282,75	
Tukkolaudoitus, valu ja laudoituksen purku	0,5	195	97,5	
Suoritemääräkerroin			0,9	
Yhteensä			398	tth

Taulukko 14. Ulkoseinäelementtiasennustyön työmenekki.

	Työmenekki tth/kpl	Määrä kpl	Yhteensä tth	
Ulkoseinäelementit		240		
Välivarastointi	0,2	240	48	
Mittaus	0,12	240	28,8	
Asennus	1,3	240	312	
Tukkolaudoitus, valu ja laudoituksen purku	0,5	240	120	
Suoritemääräkerroin			0,9	
Yhteensä			458	tth

Taulukko 15. Laattaelementtiasennustyön työmenekki.

	Työmenekki tth/kpl	Määrä kpl	Yhteensä tth	
Ontelolaatta		629		
Asennus	0,3	629	188,7	
Tukkolaudoitus ja purku	0,25	629	157,25	
Pumppubet. Saumaus	0,1	629	62,9	
Suoritemääräkerroin			0,95	
Yhteensä			388	tth

Taulukko 16. Porraselementtiasennustyön työmenekki.

	Työmenekki tth/kpl	Määrä kpl	Yhteensä tth	
Porraselementti		13		
Mittaus	0,15	13	1,95	
Asennus	1	13	13	
Juotos	0,3	13	3,9	
Suoritemääräkerroin			1	
Yhteensä			19	tth

Taulukko 17. Hissikuiluelementtiasennustyön työmenekki.

	Työmenekki tth/kpl	Määrä kpl	Yhteensä tth	
Hissikuilun piellelementit		16		
Mittaus	0,15	16	2,4	
Asennus	1,5	16	24	
Juotos	0,3	16	4,8	
Ei suoritemääräkerrointa				
Yhteensä			31	tth

Taulukko 18. Elementtiasennustyön suoritemääräkertoimet.

Suoritemääräkertoimet				
kpl	<25	25-100	>100	
Ulkoseinä	1,2	1,0	0,9	
Väliseinä	1,2	1,0	0,9	
kpl	<10	10-40	>40	>80
Porras	1,1	1,0	0,9	0,8
kpl	<100	100-500	>500	
Ontelo	1,1	1	0,95	



## Talviolosuhteiden kustannusten lähtötiedot

Taulukko 19. Talven lisäkustannusten laskennan lähtötiedot

Laajuus	5253	brm <sup>2</sup>		
Tilavuus	16373	rm <sup>3</sup>		
Elementtien määrät				
Väliseinä	195	kpl		
Ulkoseinä	240	kpl		
Ontelo	629	kpl		
Porras	13	kpl		
Hissikuilu	16	kpl		
Asennusryhmän koko	3	Asentajaa	25	€/h
Alue	Etelä-Suomi			
Asennusolosuhteet				
	%	C°		
	30 %	0...-2,5		
	20 %	-2,5...-7,5		
	20 %	-7,5...-12,5		
	30 %	alle -12,5		
Runkovaiheen ulkolämpötilojen vaihtelu				
	kk	C°		
	1	2,5...-2,5		
	1	-2,5...-7,7		
	0,5	-7,7...-12,5		
	0,5	-12,5...-17,5		
	0,5	-17,5...-22,5		
		-22,5...-27,5		
Käytettävä energiamuoto				
	%			
		kaukolämpö		
	40 %	sähkö		
		polttoöljy		
	60 %	nestekaasu		
Energiahinnat				
	€/MWh			
	55	kaukolämpö		
	80	sähkö		
	66	polttoöljy		
	135	nestekaasu		

## Talviolosuhteiden aiheuttamat kustannukset

Taulukko 20. Talviolosuhteiden aiheuttamat lisäkustannukset

Kesäolosuhteet				
	Työn kesto			
		431,6	tth	
		53,9	tv	
		10,8	työviikkoa	
	Työkustannukset	32369	€	
Talviolosuhteet				
	Työn lisämenekki			
	Väliseinä	27,4	tth	
	Ulkoseinä	38,2	tth	
	Ontelo	32,4	tth	
	Porras	9,2	tth	
	Hissikuilu	2,1	tth	
	Muut	0,0	tth	
	Jälkityöt	71,2	tth	
	Yht	180,4	tth	
Työn kesto		612,0	tth	
		76,5	tv	
		15,3	työviikkoa	
Lisäystä kesään		180	tth	
		142	%	
Asennusryhmän kustannukset		45900	€	
	Lisäys kesään	13531	€	
Lumen luonti ja jään sulatus		525	tth	
Energiankulutus			kWh	
	Valujen ja saumauksen lämmitys		100693,95	
	Lumen ja jään sulatus		160455,4	
	Koneet ja valaistus		147357	
	Rakenteiden työnaikainen lämmitys		183377,6	
		Yht	591883,95	kWh
			591,9	MWh
Energiakustannukset				
	kaukolämpö	0	€	
	sähkö	18940	€	
	polttoöljy	0	€	
	nestekaasu	47943	€	
	Yhteensä	66883	€	

