

Opinnäytetyö AMK
Rakennustekniikka
Tuotantojohtaminen
2017

Joonas Voutilainen

PUURUNKOISTEN ULKOSEINÄRAKENTEIDEN JA - ELEMENTTIEN KÄYTTÄMINEN KERROSTALORAKENTAMISE- SA

OPINNÄYTETYÖ AMK | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikka | Tuotantojohtaminen

2017 | Sivumäärä 87 + 1

Ohjaaja: Esa Leinonen

Joonas Voutilainen

PUURUNKOISTEN ULKOSEINÄRAKENTEIDEN JA - ELEMENTTIEN KÄYTTÄMINEN KERROSTALORAKENTAMISESSA

Tässä työssä tutkitaan parvekkeiden taustaseinien tuotantotapojen eroavaisuuksia keskenään. Tutkittavina ja keskenään vertailtavina tuotantotapoina ovat perinteisellä tavalla paikalla rakennetut puuseinät sekä elementtitekniikalla rakennetut puuseinät.

Työn alussa selvitetään paikalla- ja elementtirakentamisen toteutusta ja rakentamisen työvaiheita sekä puuseinän laatuvaatimuksia ja hyvään lopputulokseen vaadittavaa laadunvarmistusta.

Työssä on tutkittu toteutustapojen välisiä eroavaisuuksia kosteudenhallinnassa, työturvallisuudessa, aikataulussa sekä kustannuksissa. Vertailujen tavoitteena on tuoda esiin molempien tuotantotapojen mahdollisuudet ja niiden riskit rakentamisen aikana. Kosteudenhallinnan osiossa selvitetään kosteusriskejä paikalla rakentamisessa sekä puuelementoinnissa. Lisäksi kosteudenhallinnan näkökulmasta selvitetään, miten ympäröivät ulkoilman olosuhteet pystyttäisiin hallitsemaan molempien tuotantotapojen kohdalla. Työturvallisuuden toteutustapoja selvitetään omassa luvussaan sekä paikalla rakentamisen että puuelementtiasennuksen näkökulmasta. Samalla pohditaan laajemmin olemassa olevia työturvallisuusriskejä. Työn lopussa selvitetään tuotantotavan valinnalla olevaa vaikutusta työmaan aikatauluun sekä syntyviin kustannuksiin.

Työn toimeksiantajana on Pohjola Rakennus Oy Länsi-Suomi, joka on tähän mennessä toteuttanut kaikkien kohteidensa parvekkeiden puiset taustaseinät paikalla rakentamalla.

Vertailun tuloksista voidaan todeta puuelementtirakentamisen olevan tilaajalle kustannustehokkain tapa toteuttaa puurunkoiset ei-kantavat ulkoseinät. Parvekkeiden taustaseinien rakentaminen on kohteesta riippuen yleensä aina hankkeen kriittisellä polulla, joten koko kohteen rakentamisaika lyhenee useammalla viikolla elementtitekniikkaa käyttämällä. Kokonaiskeston lyhenemisellä on vaikutus työmaan aikasidonnaisiin kustannuksiin, kuten työmaateknisiin kustannuksiin.

ASIASANAT:

puuelementti, puurunko, elementtirakentaminen, kosteudenhallinta, paikallarakentaminen

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Civil Engineering

2017 | Total number of pages 87 + 1

Instructor: Esa Leiononen

Joonas Voutilainen

USE OF OUTER WOODEN WALLS AND ELEMENTS IN APARTMENT BUILDINGS

The aim of this thesis is to study two different ways for building the outer walls of balconies. The thesis concentrates on these two different ways of building the outer walls of the balconies and compares the used ways to each other. First of these methods is the traditional way where the wooden walls are constructed on the site and the other is the elementary technique.

The thesis starts by examining how building on the site works and which are the different stages of the construction. It also concentrates on the demands for the quality of the wooden walls and to the quality assurance. After examining the traditional way, the thesis studies the elementary construction. It examines the installation of the elementary walls and different stages of the work. The quality requirements for elementary constructions are also investigated.

This thesis studies the differences between the two ways to build the wooden walls. The aspects that it considers are moisture management, work safety, timetable and costs. The aim of the comparison is to introduce the weaknesses and strengths between these two ways. The moisture management part studies the possible risks of these methods when it comes to moisture management. It also examines the outdoor circumstances and how to take these into consideration. Safety issues are in major role and the thesis concentrates on finding out the risks related to work safety. Further, at the end of the thesis, it is considered how the mode of production influences to the timetable and costs.

The employer here is the Pohjola Rakennus Ltd Länsi-Suomi. The employer has used the traditional way to construct the balcony outer walls in their sites.

The results of the comparison show that wood element construction is the most cost-effective way to build outer wooden walls. However, use of elementary walls can shorten the construction time considerably. As the time shortens it reduces the time-related costs on the construction.

KEYWORDS:

wood, wooden frame, element, moisture management, construction of elements, on-site construction

SISÄLTÖ

| | |
|--|-----------|
| 1 JOHDANTO | 7 |
| 2 PUUELEMENTTI- JA PAIKALLARAKENTAMINEN | 9 |
| 2.1 Paikallarakentaminen | 12 |
| 2.1.1 Toteutus ja työvaiheet | 12 |
| 2.1.2 Materiaalien toimitus, varastointi ja nostot | 15 |
| 2.1.3 Laatuvaatimukset ja laadunvarmistus | 16 |
| 2.2 Puuelementtirakentaminen | 20 |
| 2.2.1 Elementtien asennus ja työvaiheet | 20 |
| 2.2.2 Elementtien kuljetus, vastaanotto ja varastointi | 21 |
| 2.2.3 Asennussuunnitelma | 22 |
| 2.2.4 Laatuvaatimukset ja laadunvarmistus | 23 |
| 3 KOSTEUDENHALLINTA | 28 |
| 3.1 Kosteus rakennustyömaalla | 28 |
| 3.2 Kosteusriskit | 32 |
| 3.3 Olosuhteiden hallinta | 34 |
| 3.3.1 Työmaan kosteudenhallintasuunnitelma | 34 |
| 3.3.2 Kastumisen estäminen ja suojaus | 36 |
| 3.3.3 Paikallarakentamisessa | 39 |
| 3.3.4 Elementtirakentamisessa | 45 |
| 3.3.5 Kastuneiden rakenteiden kuivatus ja korjaus | 50 |
| 4 TYÖTURVALLISUUS | 53 |
| 5 PUUELEMENTTISEINIEN TOTEUTUS | 61 |
| 6 KUSTANNUSVERTAILU JA AIKATAULUT | 64 |
| 6.1 Kustannuksien muodostuminen | 64 |
| 6.2 Puuelementtirakentaminen | 66 |
| 6.2.1 Aikataulu | 66 |
| 6.2.2 Kustannukset | 67 |
| 6.3 Paikallarakentaminen | 71 |

| | |
|---------------------------------|-----------|
| 6.3.1 Aikataulu | 71 |
| 6.3.2 Kustannukset | 72 |
| 6.4 Työmaatekniset kustannukset | 79 |
| 6.5 Tulokset | 80 |
| 7 YHTEENVETO | 84 |
| LÄHTEET | 91 |

LIITTEET

Liite 1. Puuelementtien liitoksia

KUVAT

| | |
|--|----|
| Kuva 1. Puutavaran valmistustarkkuus. | 16 |
| Kuva 2. Seinien asennustarkkuudet. | 17 |
| Kuva 3. Seinäelementtien valmistustarkkuudet. | 24 |
| Kuva 4. Seinäelementtien asennustarkkuudet. | 25 |
| Kuva 5. Tarkastukset puuelementtityön aikana. | 27 |
| Kuva 6. Paikallarakennettujen puurunkojen suojaus. | 40 |
| Kuva 7. Paikallarakennetun puurungon suojaustoimenpiteet tällä hetkellä. | 41 |
| Kuva 8. Solumuovikaistan käyttö paikallarakennetuissa puurungoissa. | 42 |
| Kuva 9. Miten suojaustoimenpiteet tulisi tehdä. | 43 |
| Kuva 10. Tarkennettu kuva suojauksista. | 45 |
| Kuva 11. Puuelementtien yläpään suojaus, paikallavaluholvi. | 47 |
| Kuva 12. Puuelementtien yläpään suojaus ontelolaattakohteessa. | 48 |
| Kuva 13. Leikkauskuva puuelementtiseinästä, ei parvekerakenteita. | 49 |
| Kuva 14. Ylös nostetun kermikaistan riskikohdat. | 49 |
| Kuva 15. Putoamissuojaus, paikallarakennettu puurunko tai puuelementti. | 56 |
| Kuva 16. Putoamissuojaus, parvekelaatat ja puuelementti. | 57 |
| Kuva 17. Putoamissuojaus, puuelementti ilman parveketta. | 58 |

TAULUKOT

| | |
|---|----|
| Taulukko 1. Setlementtiasuntojen puuelementtiasennuksen työkustannus. | 68 |
| Taulukko 2. Skanssin puuelementtiasennuksen työkustannus. | 70 |
| Taulukko 3. Setlementtiasuntojen paikalla rakentamisen materiaalikustannus. | 73 |
| Taulukko 4. Setlementtiasuntojen paikalla rakentamisen työkustannus. | 74 |
| Taulukko 5. Skanssin rakennetyyppi 1:n materiaalikustannukset. | 75 |
| Taulukko 6. Skanssin rakennetyyppi 1:n, työkustannukset. | 76 |
| Taulukko 7. Skanssin rakennetyyppi 2:n materiaalikustannukset. | 77 |
| Taulukko 8. Skanssin rakennetyyppi 2:n työkustannukset. | 78 |
| Taulukko 9. Setlementtiasuntojen työmaatekniset kustannukset. | 80 |
| Taulukko 10. Tuotantotapojen vertailu, Skanssin rakennetyyppi 1. | 81 |
| Taulukko 11. Tuotantotapojen vertailu, Skanssin rakennetyyppi 2. | 81 |
| Taulukko 12. Setlementtiasuntojen tuotantotapojen vertailu. | 81 |

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö tehdään Pohjola Rakennus Oy Länsi-Suomen toimeksiannosta. Pohjola Rakennus Group PRG Oy on vuonna 1989 perustettu perheyriety, jolla on vankka osaaminen kaikilta talonrakentamisen osa-alueilta asuinrakentamisesta liike- ja tuotantiloihin, korjausrakentamiseen ja infrarakentamiseen. Pohjola Rakennus Oy Länsi-Suomi on vuonna 2015 Turkuun perustettu konsernin tytäryhtiö. Muita tytäryhtiöitä ovat Pohjola Rakennus Oy Häme, Pohjola Rakennus Oy Uusimaa, Pohjola Rakennus Oy Infra ja Pohjola Rakennus Oy Keski- ja Itä-Suomi. Pohjola Rakennus rakentaa vuosittain 600–700 asuntoa sekä toimitilakohteita ja julkisia hankkeita Pirkanmaalle, Uudellemaalle, Jyväskylään sekä Hämeenlinnan ja Turun seudulle. Konserni työllistää noin 1 500 henkilöä, joista omaa henkilökuntaa on noin 150 henkilöä. Konsernin liikevaihto vuonna 2015 oli n. 125 miljoonaa euroa. (Pohjola Rakennus Oy 2017.)

Opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää kantamattomien puu-ulkoseinien käyttöä sekä niiden elementointia uudiskerrostalokohteissa. Kantamattomista ulkoseinistä puhuttaessa tarkoitetaan parvekkeiden puurunkoisia taustaseiniä tai kantamattomalla rungon osuudella olevia puuseiniä, joilla ei sijaitse parvekerakenteita. Rakennuskohde, jossa puuseiniä käytetään, voi olla joko paikallavalu-, betonielementtirunkoinen tai jokin niiden yhdistelmä. Tässä työssä käytettäessä jäljempänä termejä *paikallavalu* tai *elementtikohde*, tarkoitetaan niillä toteutettavan kohteen kantavaa runkorakennetta. Tutkimus on toimeksiantajan käyttöön tuleva selvitys, jota voidaan hyödyntää sekä käyttää tulevissa kohteissa oman tuotannosuunnittelun apuna. Tarkoituksena on saada toimeksiantajalle kattava selvitys ulkoseinien puuelementoinnin kannattavuudesta ja toteutustavoista paikallavalu- ja elementtikohteissa. Selvityksessä vertailtavana tuotantovaihtoehtona on paikallarakennettu puurunkoinen ulkoseinä. Eri tuotantovaihtoehtojen, paikallarakennettujen puurunkojen ja puuelementtien välillä vertaillaan kustannuksia, logistiikkaa, kosteudenhallintaa, työturvallisuutta sekä aikataulua.

Tutkimus on tehty ainoastaan puurunkoisista ulkoseinistä, eivätkä esimerkiksi betonielementit tai paikallavaletut seinät sisälly vertailuun.

Tavoitteena on tutkimuksen kautta löytää toimeksiantajaorganisaatiolle taloudellisin vaihtoehto toteuttaa kohteidensa puurunkoiset ulkoseinät. Työn lopputuloksina on tarkoitus suunnitella ja saada toimeksiantajan käyttöön puuelementteihin liittyvät tyyppileikkaukset ja –detaljit sekä paikallavalu- että ontelolaattakohteista. Lisäksi syntyy yhteenveto eri toteutustapojen kokonaiskustannuksista, selvitys kosteudenhallinnan ja työturvallisuuden hallinnasta sekä aikataulun vaikutuksista rakennushankkeeseen. Elementointiratkaisulla tavoitellaan ensisijaisesti kustannussäästöjä tämänhetkiseen toteutustapaan verraten. Taloudellisinta toteutustapaa tavoiteltaessa ja vertailtaessa ei tuotantoon vaikuttavista muista asioista tule tinkiä, vaan tuotannon tason tulee pysyä vähintään vaaditulla tasolla.

Kosteudenhallinta kokonaisuutena näyttäytyy vahvana tutkimuksen osana tässä opin- näytetyössä. Työssä pyritäänkin löytämään toimintatapa, jolla kosteusriskit saataisiin minimoitua sekä koko toimitusketju toteutettua niin, että kosteusriskit pystytään hallitsemaan ja kastumiset estämään. Haastavana osana elementoinnissa esiintyy myös kohteen työturvallisuus. Työmaan työturvallisuus puuelementtikohteessa saattaa heikentyä huomattavasti ilman erityistä suunnittelua, ja aiheuttaa näin ylimääräisiä työturvallisuusriskejä työmaalla. Tavoitteena on puuelementtien käytöstä huolimatta työturvallisuuden tason säilyttäminen.

Työ koostuu kuudesta pääkohdasta, jotka ovat paikallarakentaminen, puuelementtirakentaminen, kosteudenhallinta, työturvallisuus, aikataulu ja kustannusvertailu.

2 PUUELEMENTTI- JA PAIKALLARAKENTAMINEN

Puuelementtien käyttö on mahdollista kerrostalokohteissa, joiden kantava runko on paikallavalettu, täyselementtinen tai niiden yhdistelmä, jossa seinät ovat paikallavalettuja ja välipohjat toteutettu joko täysin tai osittain ontelolaatoilla.

Suomessa puuelementtien käyttö pientalojen rakentamisessa on alkanut jo noin 1940-luvulla ja laajamittaisemmin siitä eteenpäin. Puuelementtejä on totuttu näkemään omakoti- ja rivitalojen kantavina seinärakenteina kuin kerrostalorakentamisessa ei-kantavina rakenteina. Puurakenteisten elementtien käyttö parvekkeiden taustaseinissä ei ole ennennäkemätöntä tai uutta, mutta siitä huolimatta niiden käyttö kerrostalojen ei-kantavina rakenteina on syystä tai toisesta vähäistä. Paikallarakentaminen saatetaan mieltää helpommaksi tavaksi toteuttaa sekä hallita prosessi rakennustöiden edetessä. Lisäksi kokemus ja tietämys ovat varmasti laajempia paikallarakentamisesta. Puuelementtejä on käytetty ja käytetään edelleen parvekkeiden taustaseinissä, mutta Turun seudulla kerrostalorakentamisessa elementtejä ei kuitenkaan ole nähty käytettävän suurissa määrin viime vuosina. Puuelementtejä on varmasti myös Turun seudulla käytetty, muttei siinä määrin ja laajuudessa mitä muualla Suomessa. Pohjola Rakennus Oy Länsi-Suomi aikoo käyttää lähiaikoina alkavissa kohteissaan puuelementtejä kantamattomilla rungon osuuksilla.

Betonirunkoisissa kerrostalokohteissa ulkoseinien puuelementtien käyttöä rajoittavat palomääräykset, joiden mukaan puurakenteisia elementtejä voidaan käyttää 5–8 kerroksisissa kerrostaloissa vain betoniseinäisten parvekeseinien taustaseiniin (Siikanen 2016). Puuelementtien käyttöä parvekkeiden taustaseininä rajoittaa lisäksi kohteen parveketyyppi, sen kannatustapa ja liitokset. Puuelementtejä voidaan myös käyttää kohteessa, jossa parvekkeita ei sijaitse lainkaan rungon kantamattomalla seinäosuudella. Tällöin rakennuksen koko julkisivu voidaan elementoida ehjänä välipohjien läpi. Lähes poikkeuksetta, puurakenteisia elementtejä käytetään betonirunkoisissa kerrostalokohteissa pelkästään ei-kantavina rakenteina (Siikanen 2016).

Kerrostalojen lisäksi puuelementtirakenteita voidaan käyttää rivitaloissa kantavina tai ei-kantavina rakenteina sekä pilarirunkoisissa liike-, teollisuus- ja varastorakennuksissa ei-kantavina ulkoseininä (Siikanen 2016).

Ensisijaisesti puujulkisivujen elementoinnilla haetaan kustannussäästöjä. Mahdolliset kustannussäästöt elementoinnista syntyvät pääosin lyhentyneen rakennusajan johdosta. Kustannussäästöjä voidaan tapauksesta ja tilanteesta riippuen perustella myös elementtien asennuksen sekä tuotekaupan johdosta syntyneistä kustannuseroista paikallarakentamiseen nähden. Lyhentyneestä rakennusajasta johtuvat säästöt koostuvat pääosin pienentyneistä työmaan käyttö- ja yhteiskustannuksista. Tuotannon ja toteutustavan välisiin kustannusvaikutuksiin ja -eroihin puuelementoinnin ja paikallarakentamisen kesken otetaan kantaa jäljempänä tässä työssä.

Kustannussäästöjen lisäksi elementoimalla vältetään paikallarakentamisen vaatimasta jatkuvasta varastointitilan tarpeesta, tarpeellisista ja ylimääräisistä materiaalihaalauksista sekä suojaustarpeesta. Toimittajien joustavuus tuo myös etua tilaajalle, sillä elementit voidaan toimittaa haluttuun valmiusasteeseen asti valmistettuna ja räätälöitynä omiin tarpeisiin sekä kohteeseen sopivaksi.

Puiset julkisivut tai parvekkeiden taustaseinät voidaan elementoinnin lisäksi toteuttaa myös paikallarakentamalla. Puuseinien toteuttaminen paikallarakentamalla on perinteinen ja useimmiten käytetty tuotantotapa parvekkeiden taustaseiniä rakennettaessa. Puurungon rakenne, vaatimukset, toiminnallisuus, yksityiskohdat ja asennussijainti kohteessa ovat pääpiirteissään samoja ja yhteneväisiä riippumatta siitä, onko puuseinä toteutettu elementeillä vai paikallarakentamalla.

Kaikkien vaikuttavien osa-alueiden valossa paikallarakentaminen saatetaan tänä päivänä mieltää helpoimmaksi tavaksi toteuttaa ei-kantavat puu-ulkoseinät. Nämä seikat tuovat varmasti omalta osaltaan ilmi sen suosion rakentamisessa. Varmasti kokemus paikallarakentamisesta ja sen tuoma varmuus toteutuksesta edistävät valintaa haluttuun suuntaan päätöstä tehtäessä. Vertailua tulisi tehdä kohteen kannalta muidenkin tärkeiden asioiden kannalta. Toteutustapoja vertailtaessa tulisi ottaa huomioon niiden keskinäiset kustannuserot, kosteudenhallinta eri tilanteissa ja vaiheissa sekä työturvallisuuden ja toteutusaikataulun vaikutukset.

Elementti- ja paikallarakentamisen välimuoto on pre-cut-järjestelmä, jolla pyritään siirtämään osa työvaiheista teollisuuden tuotantotiloihin. Järjestelmä on tehdasvalmisteinen komponenttijärjestelmä, jossa puutavaran katkaisu ja työstö määrämittäisiin tapahtuu tehtaalla. Pre-cut-järjestelmässä suunnittelulla on keskeinen asema, ja käytännössä sen tuomat säästöt ovat ainoastaan sahatavaran hukassa. Tästä syystä järjestelmää ei nähdä kustannustehokkaana vaihtoehtona kerrostalon puurunkoisia ulkoseiniä rakennettaessa.

2.1 Paikallarakentaminen

2.1.1 Toteutus ja työvaiheet

Vuonna 2008 on astunut voimaan ympäristöministeriön asetus, jossa on määrätty rakennusten lämmöneristyksestä. Rakentamismääräyskokoelman mukaisesti ulkoseinien lämmönläpäisykertoimen vertailuarvona tulee käyttää $0,17 \text{ W/m}^2$, mikä käytännössä tarkoittaa, että ulkoseinät tulee toteuttaa noin 200–250 millimetrin lämmöneristevahvuksina. Höyrynsulku rungossa on sijoitettu 48x48 sisäpuolisen pysty- tai vaakakoolauksen ja rungon väliin. Runkopuutavarana käytetään mitallistettua sahatavaraa kooltaan 48x148, 48x173 tai 48x198 kohteen luonteen ja suunnitelmien mukaan. Sisäpuolen pysty- tai vaakakoolauksessa käytetään mitallistettua 48x48 puutavaraa. Sisäpuolen koolausväli pystytään hyödyntämään sähkön kaapeloinnissa ja rasioinnissa niin, ettei höyrynsulkuun tarvitse tehdä läpivientejä tai reikiä. Kantamattomasta rakenteesta huolimatta runkopuutavarana käytetään yleensä lujuusluokiteltua sahatavaraa. Mahdollisissa ulkoseinän syvennyksissä tai julkisivun kevennyksissä joudutaan kokonaisrunkovahvuutena käyttämään esimerkiksi 200 mm:n vahvuutta tai jopa pienempää. Arkkitehti on ottanut nämä kohdat huomioon määritellesään seinärakenteen U-arvoa. U-arvo laskee edellä mainituissa kohdissa jonkin verran, muttei määräävästi koko seinärakenteen kannalta. Puurungon rakentamisessa kiinnitystarvikkeina käytetään pääasiassa kuumasinkittyjä ja sinkittyjä nauloja, kulmalevyjä ja ruuveja.

Arkkitehdin tehtävänä on suunnitella työpiirustukset, joiden perusteella puurunkojen rakentaminen voidaan kohteessa toteuttaa. Työpiirustuksia tulisi olla vähintään puurunkojen julkisivuista, pohjapiirustukset, leikkauspiirustuksia sekä selvitys rakennetyypeistä.

Parvekkeiden taustaseinät paikallarakentamalla toteutetaan perinteisellä kantavan puurungon rakentamismenetelmällä. Puurungon sahatavara toimitetaan työmaalle tehdasmittaisena ja sen rakentaminen alusta loppuun tapahtuu työkohteessa. Paikallarakennettu seinärakenne mitoitetaan ja rakennetaan aina asuntokohtaisesti ja suunnitelmien mukaisesti. Runkotolppajako on tavanomaisesti k600, mutta asunnon ulkoseinän ja aukkojen kokojen sekä huoneistokoon takia se saattaa paikoittain vaihdella. Puurunkotyö alkaa ala- ja yläsidepuun asennuksella, minkä jälkeen tolpparunko saadaan pystytettyä niiden väliin. Rungon pystytyksessä otetaan huomioon ikkuna- ja oviaukot sekä niiden sijainti. Rakennuksen kantavan rungon edetessä kerrokseen voidaan nostaa valmiiksi puurunkoseiniin tarvittavaa materiaalia, kuten puutavaraa, mineraalivillaa, kipsilevyä, tuulensuojalevyä, koolauslautaa yms. Näin puuseinien rakentaminen nopeutuu eikä materiaaleja tarvitse säilyttää ja suojata ulkotiloissa. Yleensä ei kuitenkaan ole mahdollista saada kaikkea puurunkoihin tarvittavaa materiaalia kerrokseen, sillä ne veisivät liikaa tilaa ja näin ollen rakentuminen hidastuisi ja vaikeutuisi.

Paikallarakennetut parvekeseinät voidaan toteuttaa monella eri tavalla sekä aikataulullisesti eri vaiheessa kantavan rungon edetessä. Kaikissa vaihtoehdoissa määrääväksi aloituksen ajankohdaksi tulevat useimmiten vallitsevat ulkoilmaolosuhteet sekä niiden hallitseminen muita työvaiheita silmällä pitäen Aikataulutuksesta riippuen kohteen koko kantava runko voi olla rakennettu valmiiksi ennen puurunkotöiden aloitusta tai vaihtoehtoisesti puurunkotyöt voivat kulkea sitä mukaa ylöspäin kuin kantava runkokin. Täyselementtikohteessa parvekeseiniä voi periaatteessa aloittaa välittömästi seuraavan kerroksen holvin ollessa valmis. Kosteudenhallinta ja sadevesien poisjohtaminen tulee tässä tapauksessa olla järjestetty niin, ettei se haittaa puurunkotöiden tekemistä. Lisäksi puurungon aloitusedellytykset tulee muilta osin olla valmiit, kuten mahdolliset parveke-asennukset yms. Paikallavaletussa betonirungossa parvekeseinien puutöiden aloitusedellytykset täytyvät vasta, kun kerroksen holvimuotti ja -tuenta on purettu sekä vastaavasti muut liittyvät työt on tehty valmiiksi. Yleensä tässäkin tapauksessa kosteudenhallinta määräytyy ohjaavaksi tekijäksi puurunkotöiden aloitukselle. Pelkästään puurunkotöiden kannalta paras ratkaisu olisi pitkittää niiden aloitusta siihen saakka, kunnes vesikatto on saatu vedenpitäväksi. Tällä tavalla pystytään minimoimaan kosteusriskit sekä välttämään kosteuden aiheuttamilta ongelmilta. Sisävalmistustöiden näkökulmasta edellä mainittu vaihtoehto ei olisi mahdollista, ellei kohteen rakennusaika antaisi sitä myöden. Pitkittä-

mällä puurunkotöiden aloitusta vesikaton valmistumiseen asti välttää kosteusongelmilta, mutta puolestaan sisävalmistustöiden aloitusajankohta pitkittyy samassa suhteessa puuseinien aloituksen kanssa. Sisävalmistustöiden pitkittyminen johtuu siitä, että osa töistä on riippuvaisia puurunkojen olemassaolosta ja osa sisävalmistustöiden vaatimista lämpötilaolosuhteista. Sisävalmistustöiden vaatimat sisäilmaolosuhteet on mahdollista saavuttaa vasta, kun puuseinät ovat vähääkään lämpöä pitäviä.

Lämmöneristeiden asennus voidaan aloittaa puurunkotyön valmistumisen mukaan. Kun eristeitä aloitetaan asentamaan, tulee ottaa huomioon ja varmistua työkohteen kuivuudesta. Kosteutta ei enää tässä vaiheessa saa johtua ylemmistä kerroksista huoneistoon, jossa puurunkotyön lämmöneristystyö on aloitettu. Jos kohteen vesikatto ei ole vedenpitävä vielä tähän mennessä, tulee vedenpoisto ylemmistä kerroksista järjestää asianmukaisella tavalla niin, että puurunkotyön työkohteet pysyvät kuivina. Jos kuivanapitoa ei pystytä järjestämään riittävällä tavalla ja eristystyön jälkeen kosteutta tai vettä johtuu puurungon rakenteisiin, tulee kuivatus järjestää välittömästi ennalta suunnitellulla tavalla. Jos rakenteita on ehditty peittämään ennen kosteuden esilletuloa, tulee rakenteet purkaa siihen pisteeseen asti, että kuivatus ja materiaalien vaihto on mahdollista toteuttaa. Puuseinät tulisi eristää ennen höyrynsulkumuovin tai levypintojen asennusta, jolloin asennettuja eristeitä päästään vielä korjaamaan ja paikkaamaan rakenteen molemmilta puolin.

Paikallarakennetun puuseinän runko sekä tuulensuojalevytyt menevät yleensä yhtenäisenä läpi huoneistojen välisen kantavan teräsbetoni- tai elementtiseinän. Runko ei välttämättä mene koko vahvuudeltaan läpi huoneistojen välisen seinän, vaan se on upotettu syvyysuunnassa esim. noin 50 mm, jolla on mahdollistettu rungon kiinnittyminen seinään. Näin ollen eristevahvuus huoneistojen välisen seinän kohdalla on myös hieman muuta seinää pienempi. Huoneistojen välinen seinäosuus on yleensä paloa osastoiva EI30-rakenne tai vastaava. Tästä syystä tulee huomioida, että huoneistoseinän ohi kulkevalla rungon osuudella lämmöneristeen tulee täyttää myös edellä mainittu osastointivaatimus. Normaalitapauksessa tähän riittää elementeissäkin käytetty elementtivilla, joka täyttää rakenteessa vaadittavat palo-ominaisuudet.

Paikallarakennetun puuseinän ulkoverhouksena voidaan käyttää lähes mitä tahansa ulkoseinän verhousvaihtoehtoja. Yleisimmin toteutettujen puuseinien ulkoverhouksena ovat paneelointi tai ohutlevyrappaus. Edellä mainittujen lisäksi verhouksena voi olla julkisivumuuraus, maalattu julkisivulevy tai vastaava.

2.1.2 Materiaalien toimitus, varastointi ja nostot

Puurungon materiaaleja vastaanottaessa tarkistetaan toimituksen sisältö, kunto sekä suunnitelmien- ja sopimuksenmukaisuus. Samassa yhteydessä tarkistetaan, että materiaaleilla on CE-merkinnät ja että toimitussisältö ja materiaali ovat sovitun ja halutun mu-kaista. Puutavaratoimituksen mukana on rahtikirja sekä tuoteseloste, joista tulee ilmetä mm. toimitetussa puutavarassa käytetty puuraaka-aine.

Kun puutavaraa tai muuta puurungon materiaalia toimitetaan työmaalle, on työmaa-alueelta varatta riittävän paljon tilaa materiaalien nostoa, mahdollisia siirtoja sekä välivarastointia varten. Materiaalitoimitukset sekä asennusaikataulu ja –järjestys on suunniteltava niin, että materiaalia ei tarpeettomasti välivarastoida työmaalla. Ahtaiden työmaa-alueiden logistiikan suunnittelun ja hallinnan kannalta tarpeettoman välivarastoinnin välttäminen työmaalla on ehdotonta. Tarvittaessa välivarastoitaessa alueen tulee olla selkeä ja riittävän iso, jotta se on hallittavissa. Varastointialue tulee olla järjestetty niin, että toimitettu materiaali ei vaurioidu välivarastoinnin aikana. Välivarasto tulee myös olla suunniteltu ja toteutettu niin, että sen alusta kestää puutavarasta ja muusta materiaalista aiheutuvan kuorman. Kuiva puutavara välivarastoidaan tasaiselle ja irti maasta rakennetulle alustalle. Puutavaraniiput ladotaan ilmastavasti asettamalla korokepuut eri kerrosten väliin. Välivarastoinnin ajaksi puutavaraniippujen sekä muiden materiaalien päälle levitetään peite, jotta materiaalit eivät joutuisi tekemisiin kosteuden kanssa eivätkä liian vahingoittamaksi.

Nostoja tehdessä asentajilla ja nostinlaitteen käyttäjällä tulee nostojen aikana olla esteetön näköyhteys toisiinsa tai häiriötön puheyhteys esim. radiopuhelinten välityksellä. Nostojen aikana tilanteessa, jossa nosturin tai muun nostolaitteen käyttäjä ei pysty jatkuvasti valvomaan taakan liikkumista, on käyttäjän apuna oltava jatkuvasti merkinantaja. Isojen puutavaraniippujen nostojen hallitsemiseksi voidaan nostoissa käyttää apuna ohjausköyttä. Nostohetkellä nostolaitteen käyttäjän on otettava huomioon vallitsevat olosuhteet, kuten tuuli-, lumi-, lämpötila-, sadeolosuhteet. Kovalla tuulella (> 10 m/s) nostoissa tulee noudattaa erityistä varovaisuutta ja erittäin kovalla tuulella (> 15 m/s) työskentely tulee keskeyttää. Nostoissa noudatetaan nostolaittekohtaisia ohjeita ja määräyksiä. Tiettyillä saksilavoilla työskenneltäessä tuulen enimmäisnopeus on esimerkiksi vain 12,5 m/s. Nostojen aikana nostoalueella liikkuminen kielletään ja estetään kokonaan. (Ratu 0416 2010.)

2.1.3 Laatuvaatimukset ja laadunvarmistus

Laatuvaatimukset

Ennen puurunkotyön aloitusta edeltävien työvaiheiden ja rakenteiden tulee olla valmiita, suunnitelmienmukaisia, tarkastettuja ja hyväksytyjä. Puurungon rakentamisen edeltäviä työvaiheita ovat esimerkiksi betonipintojen hionta, mahdolliset lämmöneristämiset, alustan paikkaukset tai piikkaukset yms. Työn alkaessa työkohteeseen tulee rauhoittaa puurunkotyölle riittävässä ja ennalta sovitussa laajuudessa. Alustavaatimuksena puurunkotyölle on rakennusjätteestä, lumesta, jäästä ja vedestä puhdistettu alusta. Kosteuden siirtyminen ympäröivistä betonirakenteista puurungon rakenteisiin estetään suunnitelmissa esitetyllä ja ennalta suunnitellulla tavalla sekä hyvää rakennustapaa noudattaen. (Ratu 201-S 2014)

Työmaan kosteudenhallintasuunnitelmasta tulee ilmetä, miten paikallarakennettuun puurunkoon kohdistuva, sääolosuhteista ja betonirungon kuivumisesta johtuva kosteusvaikutus tullaan hallitsemaan. Suunnitelmassa tulee olla huomioitu puurunkoon kohdistuvat rakennusaikaiset kosteudenlähteet ja niiden torjuminen. Lisäksi tulee olla suunniteltu, miten kosteudenlähteet ja niiden vaikutuksien kohdistuminen puurunkoon muuttuu, kun kantavan betonirungon rakentaminen etenee. (Ratu 201-S 2014)

| | pituuden suurin sallittu poikkeama |
|-------------------------------------|------------------------------------|
| Pituuden mukaan lajiteltu puutavara | -25 mm...+50 mm |
| Määrämittaan katkaistu puutavara | ±2 mm |

Kuva 1. Puutavaran valmistustarkkuus (RunkoRYL 2000, luku 511:111).

Työvaiheesta riippuen tarkastetaan puurungon mittatarkkuus- ja laatuvaatimukset; alustan suoruus, puurungon suoruus, vaakasuoruus sekä oikea korko, puhtaus ja kuivuus. Työkohteessa urakoitsijan tulee huolehtia järjestyksestä, siivouksesta ja jätteiden lajittelusta. (Ratu 201-S 2014)

Puurunkotyössä käytetään työvaiheen ja käsiteltävien materiaalien mukaisia henkilökohtaisia suoja- ja turvavälineitä, toimivia ja turvallisuusmääräykset täyttäviä työkoneita, laitteita ja työte-

lineitä sekä turvallisia työmenetelmiä. Ennen työn aloitusta varmistetaan koneiden ja laitteiden turvallisuudesta sekä pidetään tarvittavat käyttöönotto- ja telinetarkastukset. (Ratu 201-S 2014)

Valmiista työstä tarkastetaan, että se täyttää sopimusasiakirjoissa määrätyt vaatimukset materiaalien, mittatarkkuuden, työstön, kiinnitysten, liitosten ja rakenteen toimivuuden osalta. Käytetyt työ- ja kiinnitysmenetelmät eivät saa huonontaa seinärakenteen osien tai valmiin rakenteen laatua. Puurunkotyön edetessä edeltävät työvaiheet tarkastetaan ja dokumentoidaan aina ennen rakenteiden peittämistä. (Ratu 201-S 2014)

Tarvittaessa valmis työ suojataan säärasituksilta tai muiden työvaiheiden mahdollisesti aiheuttamilta vahingoilta. Säärasituksilta suojaaminen tapahtuu tilaajan ohjeiden ja suunnitelmien mukaisesti. Puurunkorakenteen tulee vastata suunnitelmia sekä rakenteille asetettuja toiminta-, ulkonäkö- ja asennusvaatimuksia. (Ratu 201-S 2014)

| Ulottuvuus ja sijainti | Suurin sallittu poikkeama | | |
|--|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | Luokka 1 | Luokka 2 | Luokka 3 |
| Sivusijainti perussuorasta $\Delta 1$ | ± 3 mm | ± 5 mm | ± 10 mm |
| Runkotolppien väli $\Delta 2$ | ± 3 mm | ± 5 mm | ± 10 mm |
| Ikkuna- tai oviaukon koko | ± 3 mm | ± 5 mm | ± 10 mm |
| Ikkuna- tai oviaukon sijainti | ± 3 mm | ± 5 mm | ± 10 mm |
| Vapaa väli (vastakkaiset seinät) $\Delta 3$ | ± 3 mm | ± 5 mm | ± 10 mm |
| Seinärungon suoruus $\Delta 4$ | $\pm 1,5$ ‰ ¹⁾ | $\pm 1,5$ ‰ ¹⁾ | $\pm 1,5$ ‰ ¹⁾ |
| Seinärungon poikkeama pystysuorasta $\Delta 5$ | | | |
| – korkeus enintään 3 m | ± 5 mm | ± 5 mm | ± 5 mm |
| – korkeus yli 3 m | ± 8 mm | ± 8 mm | ± 8 mm |

¹⁾ Mittauspituudesta, kun mittauspituus on vähintään 2 m.

$\Delta 1$... $\Delta 5$ viittaavat kuvaan 711:K3 (liitteessä 711:L1 Rungon asennustarkkuuksien selityksiä)

Kun puurakenteiden toteutusstandardi on valmis, noudatetaan sen asennustarkkuuksia.

Kuva 2. Seinien asennustarkkuudet (RunkoRYL 2010, taulukko 711:T28).

Laadunvarmistus

Ennen töiden aloitusta pidetään aloituspalaveri, jossa sovitaan työn toteutukseen liittyvät asiat, kuten asennus- ja laatusuunnitelmat, varastoinnin, säilytyksen ja suojausten hoitaminen, vastuuhenkilöt, laadunvarmistus- ja työturvallisuusasiat, aikataulu sekä työajat. Aloituspalaverista tehdään muistio, johon kirjataan mahdolliset muutokset. Muistio liitetään työmaa-asiakirjoihin. Aloituspalaverin yhteydessä pidetään työkohteen vastaanototarkastus, jossa tarkistetaan aloittavan työkohteen valmius sekä varmistetaan siitä,

että työ voidaan toteuttaa suunnitelmien mukaisesti. Samassa yhteydessä varmistetaan mahdollisten käyttöön tulevien nostokoneiden alustan kantavuus ja riittävä tasaisuus. Vastaanottotarkastuksesta kirjoitetaan muistio.

Työmaatarkastuksissa käytössä olevien koneiden ja laitteiden yms. kunto ja toimivuus tarkastetaan ja niiden sopivuus tehtävään työhön ja työkohteeseen varmistetaan. Tarkastukset tehdään ennen koneiden ja laitteiden käyttöönottoa ja tiedot kirjataan työmaapäiväkirjaan. (Ratu 0416 2014)

Laadunvarmistustoimenpiteenä työkohteesta tehdään mallityö ennalta sovitusta alueesta. Mallityön tekevät samat henkilöt samoilla menetelmillä, välineillä ja tuotteilla, joilla varsinainen työ tullaan tekemään. Mallityö tehdään riittävän suurelle alueelle niin, että työmenetelmä vastaa varsinaisessa työssä käytettävää menetelmää. Mallissa tehdään suunnitelmien mukaiset laadunvarmistuskokeet esim. puurunkoseinän suoruuden ja tiiviiden varmentamiseksi sekä tarkistetaan työmenetelmän ja tuotteiden soveltuvuus kohteeseen. Mittatarkkuusvaatimuksien lisäksi työn tulee täyttää myös esteettiset laatuvaatimukset. Mahdolliset muutokset ja korjaukset tulee tehdä ja hyväksyä ennen seuraavaan työvaiheeseen siirtymistä. Mallitöiden tarkastamisesta kirjoitetaan muistio, joka liitetään työmaa-asiakirjoihin. (Ratu 0416 2014)

Työn aikana kaikki työn laatuun vaikuttavat asiat ja laadunvarmistuksen edellyttämät toimenpiteet kirjataan esim. työmaapäiväkirjaan. Kirjattavia asioita ovat esim. sää, ilman lämpötila ja suhteellinen kosteus, tehdyt laadunvalvontakokeet ja -mittaukset sekä niiden tulokset. Työn aikana seurataan toteutuvan asennuksen laatua ja verrataan sitä hyväksytyyn malliin. Poikkeamia ilmetessä niiden syyt selvitetään ja kirjataan välittömästi. Puurungon asennuksen aikana jatkuvasti valvottavia asioita ovat muun muassa:

- mittatarkkuus (pysty- ja vaakasuoruus sekä käyryys)
- aineiden, tarvikkeiden ja kaluston kuljetukset, nostot ja varastointi
- telineet ja nostolaitteet
- asennusolosuhteet (lämpötila, tuuli, kosteus, valaistus ja kohteen siisteys)
- väliaikaiset tuennat, suojaukset ja kiinnitykset
- materiaalien yhteensopivuus ja kunto
- kondenssiveden poisto ja peittyvien työsuoritusten asianmukaisuus. (Ratu 0416 2014)

Työn valmistuttua, ennen päätoteuttajan tekemää vastaanottotarkastusta ja työn luovutusta, pidetään itselleluovutus. Työ tarkistetaan luovutussuunnitelman mukaisen tarkistuslistan avulla. Puutteet ja virheet tulee korjata ennen päätoteuttajan tekemää vastaanottotarkastusta. Työn päätyttyä urakoitsija kokoaa luovutusasiakirjat ja mahdolliset käyttö- ja huolto-ohjeet, jotka luovutetaan rakennuttajalle. Samassa yhteydessä tarkistetaan valmis työ ennen työn luovutusta rakennuttajalle. Työn tarkastamisesta, mahdollisista huomautuksista ja korjauskehotuksista kirjoitetaan tarkastuspöytäkirja. Katselmuksen tulokset, mittauspöytäkirjat, materiaalien toimitusasiakirjat ja muu kirjallinen materiaali kootaan työmaalla ylläpidettäviin laadunvalvonta-asiakirjoihin, jotka luovutetaan tilaajalle vastaanottotarkastuksessa. (Ratu 0416 2014)

2.2 Puuelementtirakentaminen

2.2.1 Elementtien asennus ja työvaiheet

Seinäelementtityön vaiheita on alasidepuun asennus, elementin asennus ja kiinnitys sekä tiivistys ja saumaus. Elementtiasennuksen työvaiheet saattavat kohteesta riippuen poiketa toisistaan jonkin verran. Toisistaan poikkeaminen johtuu yleensä kohteen kantavasta runkorakenteesta, parvekkeiden tyypistä sekä niiden ja elementtien välisistä detaljeista. Ennen elementtiasennustyön aloitusta toteutussuunnitelmat tulee tarkastaa ja käydä läpi. Seinäelementtityön aloittaviksi työvaiheiksi luokitellaan elementtien vastaanotto, tarkastukset ja väliavarastointi, jos se on tarpeellista. Elementtien asennustyön aikana työn ylläpidosta syntyy asennusryhmälle työvaiheita, joita ovat muun muassa työn aikaiset mittaukset, mahdolliset materiaalsiirrot sekä työnaikaisen siisteyden ja työturvallisuuden ylläpitäminen. Asennustyön vaiheittaisen tai lopullisen valmistumisen johdosta joudutaan tekemään vielä jälkisuojauksia, jätteiden lajittelua sekä siivous. (Ratu 0424 2014)

Ennen asennustyön aloitusta tarkistetaan asennusalustan suunnitelmien mukaisuus. Asennusalusta puhdistetaan tarvittaessa liasta, vedestä, jäätystä ja muista epäpuhtauksista ennen asennustyön aloitusta. (Ratu 0424 2014)

Kiviaineisen alustan tai ympäröivän rakenteen ja puun välissä tulee käyttää kapillaarisen kosteuden nousun katkaisevaa eristettä, esimerkiksi solumuovi- tai kermikaistaa. Tiivisteistä asennetaan alasidepuun alle elementtivalmistajan ohjeiden mukaisesti. (Ratu 0424 2014)

Puuelementtien asennuspaikat mitataan paikoilleen rakennuksen mittalinjoista tai mitta-pisteistä esimerkiksi mittanauhalla tai suuremmassa laajuudessa takymetrimittauksena. Asennuslinjat merkitään betoniin, minkä jälkeen alasidepuu voidaan kiinnittää oikeaan sijaintiinsa ja suoraan linjaan koko rakennuksen pituudella. (Ratu 0424 2014)

Aukolliset elementit vahvistetaan aukkojen kohdalta ennen nostoja. Aukon yli menevät tuet poistetaan vasta, kun elementti on asennettu ja kiinnitetty suunnitelmien mukaisesti ja riittävässä laajuudessa. Seinäelementtejä saa nostaa vain nosto-ohjeissa esitetyistä

nostopisteistä. Rankarakenteisilla elementeillä nosto voidaan tyypillisesti tehdä elementtiin asennetuista nostolenkeistä. (Ratu 0424 2014)

Työmaa-alueelta tulee varata riittävästi tilaa elementtien nostoa, siirtoa ja välivarastointia varten. Nostojen ja asennuksen aikana nosto- ja asennusalueella on liikkuminen kielletty. Seinäelementtien purku- ja lastauspaikat sijoitetaan niin, että seinäelementtejä ei nosteta varastoon työntekijöiden ylitse. Nostoissa otetaan huomioon nostohetkellä vallitsevat sääolosuhteet, kuten tuuli-, lumi-, lämpötila- ja sadeolosuhteet. Seinäelementtejä nostettaessa elementin ohjauksessa tulee apuna käyttää ohjaukskäyttöä. Elementtien nostoa ohjataan käsimerkein tai radioyhteyden välityksellä. (Ratu 0424 2014)

Elementtien asennuksen yhteydessä tulee varmistua elementtien riittävästä tuennasta. Elementtien minimitukipinta-vaatimusten tulee täytyä kaikissa olosuhteissa. Asennusajaksi vakavuuteen on kiinnitettävä erityistä huomiota. Seinäelementit tuetaan vinoilla tarkasti pystyasentoon. Vinotuet kiinnitetään elementtiin sekä välipohjaan rakennesuunnittelijan tai elementtitoimittajan ohjeiden mukaan. Tilapäistukia ei saa poistaa ennen kuin elementin kokonaisjäykistys ja kiinnitys koko laajuudessaan on varmistettu. Elementtityypistä ja kohteesta riippuen elementti voidaan asennuksen aikana suoraan kiinnittää alasidepuuhun, yläsidepuuhun ja reunoiltaan ympäröiviin betoniseiniin niin, että riittävä vakavuus saavutetaan eikä väliaikaistuentaa tarvitse tehdä. Elementtien kiinnitys ja väliaikaistuenta tehdään rakennesuunnittelijan tai elementtitoimittajan antamien asennusohjeiden mukaisesti. Liitokset tehdään yleensä ruuveilla sekä kulmalevyillä. (Ratu 0424 2014)

2.2.2 Elementtien kuljetus, vastaanotto ja varastointi

Elementtitoimitukset suunnitellaan toimitettavaksi oikea-aikaisesti, todellisuudessa yleensä noin yhden kerroksen elementit kerrallaan riippuen kohteen koosta. Työmaateiden, kääntö- ja lastauspaikkojen tulee olla riittävän leveitä sekä kantavia niin, että elementtien kuljetusautot pääsevät ajamaan työmaalle. Työmaalle saapuvia elementtikuormia vastaanottaessa tarkistetaan toimituksen sisältö, elementtien kunto sekä niiden suunnitelmien- ja sopimuksenmukaisuus. Mahdollisista virheistä ja puutteista tehdään merkinnät rahtikirjaan sekä niistä ilmoitetaan toimittajalle. Rikkoutuneet elementit valokuvataan tarvittaessa ja tiedot vaurioista lähetetään elementtitehtäälle. (Ratu 0424 2014)

Elementit asennetaan kuljetusalustalta suoraan kohteeseen ilman välivarastointia aina kun se on mahdollista. Mikäli elementtejä joudutaan kuitenkin välivarastoimaan työmaalla, huolehditaan siitä, että elementit eivät pääse vaurioitumaan välivarastoinnin aikana. Elementit sijoitetaan välivarastoon asennusjärjestys huomioon ottaen irti maasta ja ne tuetaan valmistajan ohjeiden mukaisesti. Varastoinnin, kuljetuksen tai pystytyksen aikana elementin rakenneosiin ei saa kohdistua liiallisia rasituksia. (Ratu 0424 2014)

Elementeissä kuljetuksen aikana olleet suojaukset tulee säilyttää ehjinä eikä niitä saa poistaa ennen asennusta. Jos vesi tiivistyy suojausten sisään, suojaukset avataan alareunasta tuulettumisen parantumiseksi. Kun suojauksia avataan, tule huolehtia, kosteutta ei pääse suojausten sisään huomaamatta sinä aikana, kun elementti on suojattuna ja se on asentamatta. Elementit varastoidaan aina kuivien, tukevien ja tasaisten noin 20 cm korkeiden aluspuiden päällä. Elementin suojauksista huolehditaan myös asennuksen aikana sekä ennen seuraavan kerroksen elementin asennusta. Elementin yläpinta on altis suoralle sateelle siihen asti, kunnes seuraavan kerroksen elementti on asennettu. Eryistä huomiota tulee kiinnittää elementtien lämmöneristyksen suojaukseen. Suojausten kuntoa ja riittävyttä ylläpidetään koko työn ajan. Suojauksen alle jätetään tuuletusväli, joka estää homeen muodostumisen ja pitää puun kosteuden hyväksytyllä tasolla. (Ratu 0424 2014)

2.2.3 Asennussuunnitelma

Elementtiasennustyötä varten on laadittava kirjallinen asennussuunnitelma ennen asennustöiden aloittamista. Asennussuunnitelma on oltava kirjallisessa muodossa työmaalla ja päättöteuttajan on varmistettava sen olemassaolo. Elementtien asennussuunnitelmassa on esitettävä tiedot käytettävistä elementeistä, niiden nostaminen ja asentaminen, elementtien asennusjärjestys, mittausjärjestelmä ja mittatarkkuus, tukipintojen vähimmäismitat, väliaikainen tuenta, lopullinen kiinnitys sekä työtasot ja putoamissuojaus. (Ratu TT 5.11 2004)

Asennussuunnitelman sisällön lähtökohtana on valtioneuvoston asetus elementtirakentamisen työturvallisuudesta 18.6.2003/578. Asennussuunnitelma on hankekohtainen, ja siinä otetaan huomioon myös kosteudenhallintasuunnitelman vaatimukset. Asennussuunnitelmassa esitetään työmenetelmät puurakenteen turvalliseksi asentamiseksi. (RIL 240-2006)

Suunnitelman olemassaolosta vastaa se toimija, joka toteuttaa elementtien asennustyön käytännössä. Mikäli asennustyötä ei tehdä päätoteuttajan toimesta, tulee asennussuunnitelmaa laativan elementtiasennusurakoitsijan neuvotella asennustyön käytännön kysymyksistä päätoteuttajan kanssa, koska asennustyö vaikuttaa olennaisesti koko työmaan toimintaan. Kysymykseen tulee mm. turva-alueet, kulkutiet ja katokset, putoamissuojaus, nostoturvallisuus yms. Päätoteuttaja viime kädessä huolehtii elementtirakentamisen turvallisuussuunnittelusta ja rakennustyömaan alueen käytön suunnittelusta. (RIL 240-2006)

Asennussuunnitelman tavoitteena on saada aikaan selkeät toimintaperiaatteet työmaan turvallisuuden varmistamiseksi. Asennussuunnitelmassa on esitettävä nostoista nostotyön nostokalusto, taakkojen paino elementtityypeittäin, nostopaikat, nostoapuvälineet, nostojen ohjaus ja mahdolliset rajoitukset. Suunnitelmassa on elementin asennusnosturiksi valittu torninosturi, ajoneuvonosturi tai muu suoritusarvoltaan riittävä ja muilta ominaisuuksiltaan tarkoitukseen soveltuva nosturi. Nostolaitteiden nostokyvyn ja ulottuvuuden on oltava riittävä. Elementin nostokohta, kuten esim. nostokorvake, on määritettävä yksityiskohtaisesti. Lisäksi asennussuunnitelmassa on esitettävä varastointialueen turvallista käyttöä varten tarvittavat tiedot. Suunnitelmassa on esitettävä ohjeet väliaikaisesta tuennasta ja sen purkamisesta ottaen huomioon tukien kuormat ja olosuhteet. (Ratu TT 5.11 2004)

2.2.4 Laatuvaatimukset ja laadunvarmistus

Laatuvaatimukset

Elementin asennusalustan tulee olla puhdas, kiinteä ja suora sekä kantavuudeltaan rakennesuunnitelmien mukainen. Alustan mitat, etäisyydet, asennuslinjat ja tasaisuus tarkastetaan ennen asennusta. (Ratu 1202-S)

Elementtien tulee olla elementtisuunnitelmien mukaisia ja täyttää asetetut mittatarkkuusvaatimukset. Seinäelementtien valmistustarkkuuksissa noudatetaan RunkoRYL 2010:n taulukkoa 721:T1. Kiinnitystarvikkeiden tulee olla suunnitelmien mukaisia, korroosiolta suojattuja ja riittävän kestäviä. (Ratu 1202-S)

| Ulottuvuudet ja sijainti | Suurin sallittu poikkeama | |
|---|---------------------------|----------|
| | Luokka 1 | Luokka 2 |
| Pituus | | |
| – pituus < 2,1 m | ± 3 mm | ± 5 mm |
| – pituus 2,1...6,0 m | ± 1,5 ‰ | ± 2,5 ‰ |
| – pituus > 6,0 m | ± 10 mm | ± 20 mm |
| Korkeus | | |
| – korkeus < 3,0 m | ± 3 mm | ± 5 mm |
| – korkeus 3,0...6,0 m | ± 1,5 ‰ | ± 2,5 ‰ |
| – korkeus > 6,0 m | ± 10 mm | ± 20 mm |
| Paksuus ilman ulkoverhousta kiinnitystuen kohdalla | ± 3 mm | ± 5 mm |
| Paksuus ilman ulkoverhousta kiinnitystukien välillä | ± 4 mm | ± 6 mm |
| Nurkkapisteiden välisten ristimittojen ero | | |
| – elementin suurin mitta ≤ 2,1 m | ± 4 mm | ± 7 mm |
| – elementin suurin mitta 2,1...6,0 m | ± 1,5 ‰ | ± 2,5 ‰ |
| – elementin suurin mitta > 6,0 m | ± 15 mm | ± 28 mm |
| Suoruus ¹⁾ | | |
| – pituus | ± 1,5 ‰ | ± 2,5 ‰ |
| – korkeus | ± 1,5 ‰ | ± 1,5 ‰ |
| Ovi- ja ikkuna-aukkojen sijainti | ± 3 mm | ± 5 mm |

¹⁾ Mittauspituudesta, kun mittauspituus on vähintään 2 m.

Kun puurakenteiden toteutusstandardi on valmis, noudatetaan sen valmistustarkkuuksia.

Kuva 3. Seinäelementtien valmistustarkkuudet (RunkoRYL 2010, taulukko 721:T1).

Elementtejä vastaanottaessa tarkistetaan toimituksen sisältö, kunto ja tilauksenmukaisuus. Elementeistä tarkistetaan esimerkiksi silmämääräisesti lämmöneristeiden kunto ja painumat, höyrynsulun tiiviys ja kunto, tuuletusvälin leveys ja avoimuus. Mahdollisista puutteista tai vaurioista tehdään merkintä rahtikirjaan ja vaurioituneet elementit palautetaan tarvittaessa tehtaalle. (Ratu 1202-S)

Puuelementtien asennustyössä käytetään normaaleja työntekijän henkilökohtaisia suojaimia. Elementtiasennustyössä käytettävien nostolaitteiden tulee olla tarkoitukseen souvia ja tarkastettuja. Nostojen aikana taakkojen tulee olla huolella kiinnitetyjä ja nostolenkkien hyväkuntoisia ja oikein kiinnitetty. Elementtejä ei tulisi asentaa kovalla sateella tai tuulella. Elementit suojataan välivarastoinnin ja asennuksen aikana sekä asennuksen jälkeen. Elementtien tulee olla asennettu asennuslinjojen mukaisesti ja pystysuoraan. Elementteihin ei saa tehdä reikiä eikä loveuksia ilman erillistä lupaa. Asennettujen elementtien tulee olla tuettu tai kiinnitetty riittävän vakavuuden saavuttamiseksi suunnitelmien mukaisesti. Työn aikana peittyvät rakenteet tarkastetaan ja dokumentoidaan valokuvaamalla ennen niiden peittämistä. (Ratu 1202-S)

Valmiin elementtiasennuksen tulee täyttää sopimusasiakirjoissa määrätty toleranssi- ja laatuvaatimukset (elementtien, asennuksen, kiinnityksen ja tiivistyksien osalta). Asennetuissa elementeissä ei saa olla repeämiä, lohkeamia, työvälinaiden jälkiä tai haitallisia

naarmuja. Pintakäsiteltyjen pintojen tulee olla puhtaita eivätkä likatahrat saa haitata käsiteltävien pintojen pintakäsittelyä. Asennetut elementit on suojattava kosteudelta ja tarvittaessa seuraavilta työvaiheilta. Elementtien asennustyö ja valmis työ tarkastetaan ennen rakenteiden peittämistä muilla rakenteilla. Tarvittaessa asennetut elementit voidaan lämpökuvata mahdollisten lämpövuotojen paikallistamiseksi. (Ratu 1202-S)

| Ulottuvuus ja sijainti | Suurin sallittu poikkeama, mm | | |
|--|-------------------------------|----------|----------|
| | Luokka 1 | Luokka 2 | Luokka 3 |
| Seinän sivusijainti perussuorasta | ± 5 | ± 8 | ± 12 |
| Vapaa väli (vastakkaiset seinät) | ± 5 | ± 8 | ± 12 |
| Seinän poikkeama pystysuorasta | | | |
| – korkeus enintään 3 m | ± 3 | ± 5 | ± 8 |
| – korkeus yli 3 m | ± 5 | ± 8 | ± 12 |
| Sauman leveys, poikkeama nimellismitasta | ± 3 | ± 5 | ± 8 |
| Ulkosauman hammastus, puuverhous | 3 | 5 | 8 |
| Elementtien yläreunan hammastus | 3 | 5 | 8 |

Kun puurakenteiden toteutusstandardi on valmis, noudatetaan sen asennustarkkuuksia.

Kuva 4. Seinäelementtien asennustarkkuudet (RunkoRYL 2010, taulukko 721:T8).

Elementtien asennustarkkuusluokat ovat:

- luokka 1: rakennusosat, joilta vaaditaan erityistä mittatarkkuutta ja joille asetetaan erityisen korkeat ulkonäkövaatimukset
- luokka 2: asuin-, liike- ja toimisto- tai vastaavien rakennusten rakennusosat (yleisimmin käytetty asennustarkkuusluokka)
- luokka 3: hallirakennusten yms. tilojen rakennusosat, joille voidaan sallia luokkaa 2 alhaisemmat mittatarkkuus- ja ulkonäkövaatimukset. (Ratu 1202-S)

Laadunvarmistus

Työmaan työnjohdon ja elementtiasennusryhmän työnjohdon välinen aloituspalaveri pidetään vähintään viikkoa ennen puuelementtien asennustyön aloitusta. Palaverissa tarkastetaan, että asennustyön aloitusedellytykset ovat kunnossa ja työt päästään aloittamaan suunnitellusti ja suunnitellussa aikataulussa. Elementtiasennusryhmän työnjohdon, työntekijöiden ja mahdollisesti muiden rungon asennukseen liittyvien osapuolten aloituspalaveri pidetään työmaalla välittömästi ennen työn aloittamista. (Ratu 1202-S)

Kohde jaetaan tarvittaessa toteutusjärjestyksen mukaisiin osakohteisiin, jotka tarkastetaan ennen asennustyön aloittamista. Osakohteen vastaanottotarkastuksessa tarkastetaan, että työkohde ja edeltävät rakenteet ovat kunnossa. Tarkastuksista laaditaan pöytäkirja, johon kirjataan mm. tarkastukseen osallistujat, tarkastetut osakohteet, tarkastuksessa havaitut puutteet sekä päivämäärä, johon mennessä korjaukset sovitaan tehtäväksi. Havaitut puutteet korjataan ja tarkastetaan uudelleen ennen työn aloitusta osakohteessa. Osakohteiden vastaanottotarkastuksessa ovat läsnä elementtiasennusryhmä, ryhmän työnjohtaja sekä pääurakoitsijan edustaja. (Ratu 1202-S)

Mallityö elementtiasennuksesta tehdään sopimusasiakirjojen esittämistä ja niissä sovitusta kohteista. Yleensä mallityönä toimii elementtiasennuksen ensimmäinen työkohde. Mallityön tekee sama työryhmä samoilla menetelmillä, välineillä ja tuotteilla, joilla varsinainen työ tullaan tekemään. Mallityö tehdään riittävän laajaksi niin, että se vastaa varsinaista työtä. Mallissa tehdään suunnitelmien mukaiset laadunvarmistuskokeet sekä tarkastetaan käytetyt työmenetelmät sekä käytettyjen materiaalien soveltuvuus kohteeseen. Työn tulee täyttää puuelementtien asennuksen mittatarkkuusvaatimukset, puuelementtien ulkonäkövaatimukset ja liitosten suunnitelmien mukaiset toimivuusvaatimukset. Muutokset ja korjaukset tulee tehdä ja hyväksyä ennen asennustyön jatkamista. Mallitöiden tarkastamisesta kirjoitetaan muistio, joka liitetään työmaa-asiakirjoihin. Hyväksytty mallityö toimii vertailukohtana seuraaville valmistuvilla osakohteilla. (Ratu 1202-S)

Työntekijöille laaditaan muistilista työn aikana tarkistettavista asioista, kuten alustan tarkastuksesta, materiaalien käyttöohjeista sekä valmiin asennuksen mittatarkkuus- ja ulkonäkövaatimuksista. Asennustyöryhmän työntekijät seuraavat oman työnsä laatua jatkuvasti työn edetessä. Sovittaessa tarkastuslista voi toimia myös laadunvarmistusdokumenttina, kun siihen liittyy työntekijöiden kuittaus tehdystä työstä. (Ratu 1202-S)

| Tarkastukset puuelementtityön aikana | | Tarkastaja/päiväys | | | | |
|---------------------------------------|--|--------------------|----|----|----|----|
| | | Vaatimukset | 1. | 2. | 3. | 4. |
| - materiaalit | | | | | | |
| - elementit | | | | | | |
| - naulat | | | | | | |
| - muut kiinnitys- ja liitostarvikkeet | | | | | | |
| - mittatarkkuus | | | | | | |
| - sijainti | | | | | | |
| - pysty- ja vaakasuoruus | | | | | | |
| - aukot | | | | | | |
| - sijainti | | | | | | |
| - koko | | | | | | |
| - tuennat, sidonnat | | | | | | |
| - vino- ja vaakatuennat | | | | | | |
| - tuulisiteet | | | | | | |
| - jäykistykset | | | | | | |
| - rakenteen toimivuus | | | | | | |
| - tuuletusvälin avonaisuus | | | | | | |
| - vedeneristys | | | | | | |
| - savuhormien suojaetäisyydet | | | | | | |
| - aluskatteen tiiviyys | | | | | | |
| - työturvallisuus | | | | | | |
| - henkilökohtaiset suojaimet | | | | | | |
| - telineet, tikkaat | | | | | | |
| - nostolaitteet | | | | | | |

Kuva 5. Tarkastukset puuelementtityön aikana (Ratu 1201-S 2014)

Luovutustarkastuksia pidetään työn edetessä osakohteiden valmistumisen mukaisessa järjestyksessä tai koko kohteen elementtiasennuksen valmistuttua. Tarkastuksissa tarkastetaan valmiin työn laatuvaatimukset ja verrataan työtä mallityönä hyväksytyyn asennukseen. Asennustyön ja puuelementtirungon tulee täyttää hyväksytyyn mallityön, sopimusasiakirjojen ja hyvän rakennustavan asettamat vaatimukset. Tarkastuksessa havaitut puutteet ja virheet kirjataan tarkastuspöytäkirjaan ja korjataan tarkastuksessa sovitun aikataulun mukaisesti. Korjaustöiden jälkeen pidetään jälkitarkastus. (Ratu 1202-S)

3 KOSTEUDENHALLINTA

3.1 Kosteus rakennustyömaalla

Sadevesi on näkyvin rakennusta rasittava kosteusmuoto. Eniten sadevettä tulee vesikattoon sekä muihin rakennuksen vaakapintoihin. Sadevesi ei näkyvyydestään huolimatta ole kaikkein kastelevin sadetyyppi, koska se valuu nopeasti painovoimaisesti sinne minne pääsee eikä jää vaikuttamaan pitkäksi aikaa pinnoille. Suomessa yleisin sadetyyppi on pystysade, joka rasittaa vaakasuoria pintoja. Haitallisin sadetyyppi on viistosade, johon liittyy aina myös kova tuuli. Se voi seinillä nostaa vettä jopa ylöspäin ja voi työntää vettä konvektiona kaikkiin aukinaiisiin rakenteisiin ja rakoihin julkisivupinnoilla. (Siikanen 2014; RIL 250-2011)

Lumisade voi keveytensä johdosta kulkeutua pitkiäkin matkoja tuulen mukana, mikä voi aiheuttaa kosteusongelmia ja -vaurioita yllättäviinkin paikkoihin, kun lumi alkaa sulaa. Lumen suurimmat ongelmat ovat sen tuulen mukana kulkeutuminen ahtaisiin väleihin, joista sen poistaminen on hankalaa ennen sulamisen alkamista. Lumi on sadetyypeistä vähiten kasteleva, kunhan sitä ei päästetä sulamaan. Kastelevin sadetyyppi on räntä, joka jää usein pitkiksi ajoiksi vaikuttamaan loiville ja vaakasuorille pinnoille. Lisäksi räntä on jo sataessaan märkää, joten sen pinnoilta poistamiselle ei yleensä juurikaan ole aikaa. Jääkerros voi joskus estää veden suunnitellun kulun ja siten lisätä kosteuskuormitusta. (Siikanen 2014; RIL 250-2011)

Sadevesien hallitseminen työmaaolosuhteissa on erittäin haastavaa ennen vesikattotöiden ja vaakapinnoilla olevien vedeneristysten valmistumista. Vesikattotöiden valmistuttua ei käytännössä sadevesien aiheuttamaa kosteutta pitäisi, eikä saisi enää esiintyä alemmissa kerroksissa. Kosteuden esiintymistä ei voida kuitenkaan täysin poissulkea, jos kohteessa on tämän jälkeen vielä esimerkiksi avoimia katosrakenteita, parvekkeita tai aukkoja seinärakenteissa, joiden kautta kosteuden siirtyminen mahdollistetaan.

Betonirungossa veden johtumisreittejä alempiin kerroksiin on monia ennen vesikaton vedenpitävyyttä. Suurimmat veden siirtymisreitit ja kosteudenhallinnan osalta haastavimmat paikat ovat välipohjissa ja vaakapinnoilla sijaitsevat hormit, aukot, kuilut yms. Usein nämä edellä mainitut ovat talotekniikan hormoneja, porrashuoneen aukkoja, hissikuiluja tai vastaavia. Varsinkin porrashuoneet ja hissikuilut ovat yleensä sellaisia, että ne kulkevat

pystysuunnassa läpi koko rakennuksen ja näin ollen kosteuden siirtyminen mahdollistetaan aina alimpiin kerroksiin asti koko runkorakentamisvaiheen ajan. Kantavan rungon rakennusvaiheessa kuilujen vedenpitävyyden järjestäminen on käytännössä mahdollista, joten kosteudenhallinnan kannalta oleelliset toimenpiteet tulee pystyä järjestämään ja tekemään kuilujen osalta kerrostasoilla niin, että kosteuden siirtyminen siitä eteenpäin asuntoihin ja käytäville estetään.

Vettä voi johtua myös parvekerakenteita pitkin ylhäältä alaspäin. Yleisimmin parveketyypistä riippumatta välipohjan lämpökatko kulkee parvekelaatan ja välipohjalaatan välissä. Lämpökatkosta johtuen sauma tai liitos ei ole vedenpitävä, vaan parveketyypistä riippuen joko kokonaan tai lähes kokonaan eristetty kivivillalla, polyuretaani- tai polystyreenieristeellä. Haastavin kohta kosteudenhallinnan kannalta parvekerakenteissa on vaakaliitoskohdat. Ilman suojaus- tai veden poisjohtamistoimenpiteitä, satava lumi tai vesi siirtyy parvekelaatan ja välipohjalaatan välistä suoraan alempiin kerroksiin. Lisäksi suoraan parvekkeen vaakapinnoille satava viistosade siirtyy helpointa mahdollista reittiä eteenpäin parvekkeelta. Useimmiten viistosade ajaa vettä niin kauas rakennukseen sisälle päin, että sen siirtyminen suoraan sateen aikana parvekelaatan ja välipohjalaatan välistä on mahdollista. Heikompi lumisade saattaa kinostaa lunta parvekkeen päällä, minkä jälkeen se voi myös siirtyä joko suoraan laattojen välistä alaspäin tai vaihtoehtoisesti parvekelaatan vedenpoistoreiän kautta alemman kerroksen parvekkeelle. Veden siirtyminen vedenpoistoreikää pitkin ilman vedenpoistoputkea aiheuttaa sen, että alas tippuva vesi roiskuu ympäriinsä. Jos alemmissa kerroksissa puurunkorakentaminen on jo aloitettu, rasittaa alaspäin tippuva ja roiskuva vesi sen rakenteita. Jos parvekelaattojen vedenpoistoreikiin ei ole asennettu lopullisten syöksyputkiasennusten tilalle väliaikaisia vedenpoistoputkia, kohdistuu kaikki vesi- ja lumisateen aiheuttama rasite niin pitkälle alempiin kerroksiin, kun sitä ei ole estetty. Väliaikaisilla parvekkeiden ulosheittäjillä pystytään minimoimaan seinärakenteen suuntaan siirtyvä kosteus eri muodoissaan. Ulosheittäjien johdosta kosteuden siirtyminen alempiin kerroksiin ei ole mahdollista. Tämä ei suoranaisesti poista veden aiheuttamia ongelmia mutta on yksi ratkaisu ongelman poistamiseen.

Kova viistosade tai seinille kinostava lumisade voi myös vahingoittaa jo rakennettuja puuseinärakenteita. Valmiille seinäpinnalle satava vesi ei suoraan osuessaan vahingoita sitä, mutta pidempään jatkuessaan vesi valuu seinärakennetta pitkin sen juureen, ja sitä myöten myös mahdollisesti alempiin kerroksiin. Lumi on haasteellinen kasautuessaan

keskeneräisten seinärakenteiden sisälle tai muille vaakapinnoille. Lumi sulaessaan aiheuttaa lähes aina hallitsemattoman veden siirtymisen eri paikkoihin. Lisäksi kasautunut lumi alkaa aina sulaa makaavalta pinnalta ylöspäin, jolloin kinos voi olla olemassa vielä, kun sulamisvesi aiheuttaa jo ongelmia tai tuhoa toisaalla.

Kantavan paikallavalurungon rakentamisen aikana ulkoilman sääolosuhteet ehtivät useimmiten muuttua radikaalisti suuntaan tai toiseen. Varsinkin talvirakentamisessa muuttuvat olosuhteet aiheuttavat ongelmia työmaalla. Kun ulkoilman lämpötila vaihtelee plus- ja pakkasasteiden välillä, ehtivät rakenteiden pinnat ja pinnoilla makaava kosteus jäätyä, ja vesi muuttamaan olomuotoon useaan kertaan. Pakkasella pinnoilla makaava lumi tai jää on helppo hallita sen olomuodosta johtuen, mutta sulaessaan pinnoille jätettynä se muuttuu entistä haastavammaksi. Pakkasen ja sen tuoman kuivuuden takia ei betonipinnoilla oleva jää ole ollut välttämättä edes havaittavissa silmämääräisesti. Kerroksen kattopinnoilla ilmenevä kosteus voi olla myös peräisin välipohjalaatan valussa käytetyn betonimassan sisältämästä vedestä.

Paikallavalukohteessa rungon kantavilla ulkoseinillä olevat betonielementit saumataan pystysaumabetonilla kerrallaan yleensä vasta yhden tai kahden kerroksen valmistuttua. Ennen pystysaumajoen pumppausta nämä saumat toimivat hyvin veden siirtymisreitteinä alempiin kerroksiin. Nämä siirtymäreitit tulisi ennaltaehkäistä jo elementtien asennusvaiheessa. Paikallavalukohteessa valmiita elementtejä käytetään yleensä ulkoseinissä, hissikuilussa, porrashuoneissa tai muissa kuiluissa. Paikallavalukohteessa kosteuden siirtyminen saattaa tapahtua selittämättömistäkin paikoista, joita ei aina pystytä todentamaan tai paikantamaan.

Jos ulkoseinäelementit on asennettu ja kerroksissa aletaan nostaa lämpöä, tulee ulkoseinät olla eristetty joko osittain tai kokonaan ulkopuolelta. Jos ulkoseinäelementit eivät ole tehtaalla tai työmaalla eristetty ulkopuoleltaan ja sisäilman lämpötilaa aletaan nostaa, alkaa seinä yleensä hikoilemaan niiltä osin. Ulkoseinissä saattaa olla alueita, jotka on ollut tehtaalla saakka lämmöneristämättä syystä tai toisesta. Voi olla, että elementtiasennuksen liittyminen muihin suorituksiin on sitä vaatinut tai muiden suoritusten johdosta elementtien eristeitä on jouduttu poistamaan. Kohdat, joista lämmöneristeitä on poistettu, hikoilevat runsaasti sisätilojen lämpötilaa nostettaessa. Hikoilu saattaa olla niin runsasta, että se aiheuttaa kosteudenhallinnallisia ongelmia kerroksissa.

Kohteen ollessa betonielementtirunkoinen joko osin tai kokonaan, pätee siihen lähes samat kosteuden vaikutukset rakentamisen aikana kuin paikallavalurakentamisessakin.

Suurin eroavaisuus syntyy oikeastaan siinä kohtaa, jos kantavan betonielementtirungon välipohjat on toteutettu ontelolaatoilla. Betonielementtirunkoinen kohde voi olla myös toteutettu paikallavaletulla välipohjalaatalla. Tässä tapauksessa siihen kohdistuu samat erityispiirteet kuin paikallavalukohteessakin. Ontelolaattakohteessa oman erityispiirteensä tuo kosteudenhallinta ontelolaattapinnoilla. Ontelolaattapintojen kanssa tulisi pitää erityisesti huolta sen kuivana pidosta sekä lumen ja jään poistamisesta. Ontelolaatat ovat erityisen paljon vettä läpäiseviä verrattuna paikallavalettuun välipohjaan. Ontelolaattapinnalla makaava vesi pääsee valumaan suoraan ontelolaattakentän läpi ennen kuin onteloiden saumavalu on tehty. Ontelon saumavalusta huolimatta ontelolaattakenttä ei ole vesitiivis johtuen sillä sijaitsevista vedenpoistoreistä tai mahdollisesti huonosti valetusta saumavalusta. Työmaalla ennen saumavalua tai tehtaalla huolimattomasti tehdyt ja vaurioituneet onteloiden tulppaukset saattavat aiheuttaa ongelmia myöhemmin kosteuden kanssa. Ontelolaattojen vesireikien tehtaalla tehty poraus saattaa olla työmaaolosuhteissa tukkiintunut, mikä estää myös omalta osaltaan suunnitellun veden poisjohtumisen ontelolaattakentältä tai onteloista. Onteloiden tukkiintuminen voi johtua porausvirheestä elementtitehtaalla, vesireikien tukkiintumisesta lietteellä työmaalla, porausvirheistä tai poraamatta jättämisestä työmaalla. Ontelolaattojen vesireikien työmaalla avaamatta jättäminen saattaa aiheuttaa ontelokentällä makaavan veden siirtymisen reuna-alueille, josta sen siirtyminen suoraan ulkoseinärakenteeseen mahdollistuu. Jo pelkästään esijännitetyn ontelolaatan pinnan kaarevuus mahdollistaa sen, että vesi ohjautuu reuna-alueille.

Rakennusosien kostuminen, jatkuva kosteus tai kuivumisen pitkittyminen voi aiheuttaa kosteusvaurioita. Pitkään kosteina pysyvissä rakennusosissa voi alkaa kasvaa home- ja lahosieniä, hiivoja ja bakteereita, joita yhteisesti nimitetään *mikrobeiksi*. Jos rakennusosa on lyhytaikaisesti kostea ja sen jälkeen kuivuu, kostuminen ei aiheuta mikrobien kasvun alkamista. Kosteusvauriot johtuvat yleisesti jaotellen

- suunnitteluvirheistä tai suunnitelman puutteesta
- rakennustyössä tehdyistä virheistä
- puutteista rakentamisen laadunhallinnassa
- rakennusosien vanhenemisesta ja puutteellisesta huollosta tai
- käyttövirheistä. (RT 05-10710 1999.)

Sateen vaikutus voidaan jakaa ajallisesti kahteen jaksoon: rakentamisen aikaiseen ja sen jälkeiseen vaiheeseen. Rakentamisen aikainen sade voi kastella rakennustarvikkeita ja puolivalmiita rakenteita. Sade vaikuttaa rakennustarvikkeeseen monin eri

tavoin: esim. niin, että se vaurioituu välittömästi, se vaurioituu myöhemmin tai että sen sisältämä vesi vaurioittaa muita aineita. Kosteudelle arkoja materiaaleja ovat ensisijaisesti erilaiset sisustustarvikkeet. Varsinaisista rakennustarvikkeista kosteudelle arimpia ovat erilaiset puu- ja puupohjaiset tuotteet, kuten ovet, ikkunat, puutavara ja levy materiaalit. Lämmöneristeistä ovat sateelle arimpia mineraalivillat. Yleensä sateen vaikutus lämmöneristeisiin on sellainen, että kosteiden eristeiden mukana tulee rakenteeseen rakennekosteutta. Kivi- ja betonipohjaiset tuotteet eivät turmellu sateen vaikutuksesta. Liiallinen kosteus näissäkin vaikuttaa myöhemmin rakennekosteutena. Jos ainakin kivipohjaiset tuotteet suojataan sateelta jotka tulevat lämmöneristeiden sisäpuolelle, vältetään myöhemmin monilta ongelmilta. Rakentamisessa rakenteilla olevia rakenteita ei juurikaan suojella sateelta muuten kuin niiltä osin, joilla sateen turmiollinen vaikutus näkyy ja vaikuttaa välittömästi. Tällä sektorilla on varmasti sellaisia kehitettäviä ratkaisuja, jotka maksaisivat itsensä takaisin siinä missä kosteusvaurioiden määrä vähenisi. (Björkholtz 2004)

Kosteus aiheuttaa laajenemista ja kutistumista eri materiaaleissa. Se voi myös pehmentää tiettyjä materiaaleja, kuten esim. kipsilevyä. Kipsi pehmentyy kastuessaan ja kovettuu kuivuessaan uudestaan. Puu voi kuivuessaan saada muodonmuutoksia ja halkeamia. Puu myös laajenee kastuessaan sekä syitä vastaan että niitä pitkin. Tätä ei tarvitse huomioida normaalisti sahatavaran kanssa mitenkään. Levyissä ja pintamateriaaleissa tämä pitää ottaa huomioon, sillä kosteudesta johtuvat muodonmuutokset voivat aiheuttaa rakoja tai pullistumia. Materiaalien laajeneminen ja kutistuminen, pehmentyminen tai kovettuminen eivät ole suurin kosteuden aiheuttama ongelma puuseinäissä käytettyjen materiaalien osalta. Ongelma syntyy, jos rakenteisiin jätetään rakentamisen aikana syntyneitä kosteusvaurioita, ja niistä jälkikäteen, myöhemmin loppukäytön aikana ja loppukäyttäjälle aiheutuu kosteusvaurioihin liittyviä ongelmia. Lisäksi kosteuden aiheuttamat vauriot eivät ole ongelma materiaaleille niin kauan kuin niiden muodon- ja olomuutokset eivät aiheuta puuseinäarakenteiden purkamiseen ja materiaalien vaihtamiseen johtavaa päätöstä, vaan selvittää suunnitelmallisella rakenteiden kuivatuksella.

3.2 Kosteusriskit

Rakennuksen valmistumis- ja käyttöönottovaiheessa rakennusaineissa ja rakenteissa oleva rakennekosteus on peräisin materiaalien valmistusprosessissa käytetystä vedestä ja rakennustuotteiden kuljetuksen, varastoinnin ja rakennustyön aikana tapahtuneesta

kastumisesta. Rakennekosteudella tarkoitetaan sitä vesimäärää, joka rakenteesta poistuu ennen kuin rakenne on kosteustasapainossa ympäristönsä kanssa. Rakennekosteuden määrä yleensä vähenee silloin, kun materiaalit on suojattu asianmukaisella tavalla sateelta ja maan kosteudelta. Kastuneet, kosteutta kestävätkin rakenteet tulevat kuivattua riittävän nopeasti. (RT 05-10710).

Rakennekosteus poistuu kuten kosteus yleensäkin, kahdessa eri vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa pinta on kostea ja kuivumisnopeus pysyy suurin piirtein vakiona. Niin kauan kuin pinta on kostea, ylittää se kriittisen kosteuspitoisuuden ja pysyy myös kosteana sitä pidempään, mitä suurempi kapillaarinen imukyky rakenteella on. Kuivuminen on myös nopeaa niin kauan kuin pinta on kostea. Toisen vaiheen aikana kuivumisnopeus ei pysy vakiona vaan pienenee jatkuvasti. Tämä johtuu siitä, että kostea rintama siirtyy yhä syvemmälle rakenteeseen, joten kuivumiseen tarvittava matka ja vastus kasvavat. Poistumaan pyrkivä kosteus voi olla hyvinkin suuri, ja sen on poistuttava riittävässä määrin rakenteesta ennen esim. pintojen pinnoitustöitä. (Björkholtz 2004; RIL250-2011)

Rakennekosteudesta johtuvat vauriot johtuvat useimmissa tapauksissa siitä, että rakennusosa ei ole ehtinyt riittävästi kuivua ennen kuin sen päälle on tehty sitä peittävä rakennusosa tai pintakerros. Rakennusosiin voi jäädä ylimääräistä kosteutta esimerkiksi, kun

- rakennuksen sisä- ja ulkomaalauksia on tehty ennen kuin rakennusosat ovat ehtineet kuivumaan
- rakennusosia ja rakennustarvikkeita ei ole rakennusaikana riittävästi suojattu sateelta
- puurakenteet on tehty liian kosteasta puutavarasta, (RT 05-10710).

Kapillaarisuudella tarkoitetaan rakennusaineiden ja kykyä imeä ja siirtää vettä itseensä niiden ollessa kosketuksissa veden kanssa. Kapillaarikatkoa käytetään paikoissa, joissa vettä voi siirtyä haitallisia määriä rakennusaineesta toiseen, kuten bitumi perusmuurin ja seinän välillä sekä huopakaista puun ja betonin välillä. (Björkholtz 2004.)

Jos kostea ilma pääsee kosketuksiin sellaisen pinnan tai huokosseinän kanssa, jonka lämpötila alittaa ilman kastepistelämpötilan, tiivistyy pinnalle tai huokosseinämään kosteutta. Ratkaisevia tekijöitä kosteuden tiivistymiselle rakenteiden sisäpinnoille ovat: rakenteen lämmönvastus, sisäpinnan lämmönvastus, sisäilman kosteuspitoisuus ja ulkoilman lämpötila. Kosteuden tiivistyminen rakenteen sisään voi tapahtua, jos kosteuspitoisuudet rakennuksen vaipan eri kohdissa vaihtelevat jatkuvasti. Tämä johtuu ympäröivien

olosuhteiden suurista muutoksista. Rakenne ei saisi olla sellainen, että sen kosteuspi-toisuus rakentamisen aikana kasvaa. On tarkasteltava paitsi ulkoa tulevaa kosteutta, myös sisältä tulevaa kosteutta. Osa jälkimmäisestä tiivistyy vedeksi jossakin rakenteen kohdassa, mikäli vesihöyryn osapaine ylittää tämän kohdan lämpötilaa vastaavan kylläs-tyspaineen. (Björkholtz 2004)

Rakennuksen homevauriot ja - ongelmat johtuvat aina rakenteiden kostumisesta. Home-kasvua säätelevät tekijät ovat pintojen ja rakenteiden kosteus sekä lämpötila, ravinteet ja aika. Ainoa ratkaisu homeongelmaan on, että kosteusvaurioita tai kosteuskertymiä ei pääse rakennuksessa syntymään. Tämä tapahtuu

- estämällä kosteuden tunkeutuminen rakenteisiin (suojaus sekä rakentamisen että käytön aikana)
- estämällä pintojen haitallinen kostuminen
- huolehtimalla siitä, että mahdollisesti kostuneet/kastuneet rakenteet ja pinnat kui-vuvat nopeasti joko itsestään tai niitä kuivatetaan. (Björkholtz 2004)

Kosteuden vaikutusta rakenteiden sisällä ja pinnoissa on tietysti mahdotonta käytän-nössä kokonaan estää, mutta vaikutuksen tulee olla korkeintaan rakenteen/materiaalin kosteussietokyvyn mukainen ja kuivumisen tulee aina olla mahdollista. (Björkholtz 2004)

Rakennuksen kosteudenhallinnan tarkoitus on estää ylimääräisen ja vahinkoa aiheutta-van kosteuden syntyminen rakenteisiin suunnittelun, toteutuksen, ylläpidon ja käytön kei-noin. (Björkholtz 2004)

3.3 Olosuhteiden hallinta

3.3.1 Työmaan kosteudenhallintasuunnitelma

Kosteudenhallintasuunnitelman tai sen osan tulee valmistua ennen rakennusosien val-mistusta tai rakentamista. Kosteudenhallintasuunnitelmassa määritetään mm. puura-kenteiden tavoitekosteudet rakentamisen eri vaiheissa sekä keinot ja tarkastukset tämän varmistamiseksi. Kosteudenhallintasuunnitelma kattaa koko prosessin puuosien tehdas-valmistuksesta asentamiseen ja valmiiseen rakennukseen. Suunnitelman avulla pyritään estämään tai ainakin pienentämään rakennustyömaan kosteusvaurioita. Työmaan kos-teudenhallinnan tavoitteena on erityisesti:

- estää materiaalien ja tuotteiden haitallinen kastuminen
- varmistaa rakenteiden riittävä kuivuminen ilman aikatauluviivytyksiä
- vähentää kuivatustarvetta. (RIL250-2011)

Työmaan kosteudenhallinta voidaan jakaa seuraaviin pääkohtiin:

- kosteusriskien kartoitus
- kuivumisaika-arviot
- olosuhteiden hallinta ja suojaus
- kosteusmittaussuunnitelma
- organisointi, seuranta ja valvonta. (RIL250-2011)

Kosteusriskien oikea arviointi tulee perustua kohteen ominaispiirteiden ja vaativien kosteudenhallintatehtävien selvittämiseen mm. suunnitelmien perusteella. Detaljien tarkastamisen avulla saadaan parhaiten selville mahdolliset rakenteen toteutuksesta johtuvat kosteusvauriot. Tarkastamisella varmistetaan myös se, ettei rakennuksessa ole rakenteita, joissa on rakennusfysikaalinen suunnitteluvirhe. (RIL250-2011)

Kuivumisaika-arvioiden avulla ohjataan työmaata ottamaan eri rakenteiden vaatima kuivumisaika huomioon työmaa-aikataulussa. Tarvittaessa annetaan ohjeita kuivumisen kannalta kriittisten rakenneosien tehostetusta kuivatuksesta. (RIL250-2011)

Työmaan olosuhteiden hallinnalla pyritään minimoimaan rakennusten kosteusriskit sekä varmistamaan, että kohteet voidaan toteuttaa suunnitelman mukaisessa aikataulussa erilaisissa sääolosuhteissa. Olosuhteiden hallinnassa olennaisena osana ovat oikein tehdyt rakenteiden suojaustoimenpiteet. Työkohteen kunnollisella suojauksella, joka voidaan tehdä erillisillä sääsuojilla tai julkisivusuojilla, estetään tuotteiden vaurioituminen, ulkonäöllisten ja muiden laaturvirheiden syntyminen sekä terveyshaittoja aiheuttavien mikrobikasvustojen syntyminen. Suojauksella parannetaan usein myös työolosuhteita, jolloin työ mukavuus ja -tehokkuus paranevat, sairastumisalttius vähenee sekä työn laatu paranee.

Kosteusmittaussuunnitelma laaditaan siten, että mittauksin voidaan varmistua siitä, että rakenteet ovat kuivuneet suunnitellusti. Mittaussuunnitelma on otettu huomioon jo työmaa-aikataulua laadittaessa, jotta työmaata hidastavilta yllätyksiltä vältytään. (RIL250-2011)

Työmaan kaikkien osapuolien tulee olla tietoisia oman osansa kosteusteknisistä seikoista ja ilmoittaa mahdollisista havaituista kosteusriskeistä tai -vaurioista. Sopimusasiakirjoissa tulee käydä ilmi osapuolien tehtävät ja vastuut kosteudenhallinnassa. On myös tärkeää dokumentoida kaikki kosteudenhallinnan suorittaminen, mahdolliset vesivahingot, mittaustulokset ja rakenteiden päällystämispäätökset asianmukaisesti asiakirjoihin (Merikallio 2002).

3.3.2 Kastumisen estäminen ja suojaus

Rakennuksen vaakapinnoille kuten katoille, parvekkeille ja terasseille satava vesi johdetaan pois kaltevuuksien ja rakennusaikana ensisijaisesti väliaikaisten vedenpoistojärjestelmien avulla. Väliaikaisten vedenpoistojärjestelmien avulla kohde saadaan pidettyä mahdollisimman kuivana sisäpuolelta.

Rakenteet ja rakennusmateriaalit tulee suojata sateelta, sillä sateen aiheuttama kosteus lisää huomattavasti kuivumisaikaa ja rakenteiden kastuessa myös materiaalihukkaa sekä ylimääräisiä työkustannuksia. Rakennustuotteiden ja -materiaalien suojauksessa tulee ottaa huomioon, mitkä materiaalit menevät käyttökelvottomiksi kosteudesta ja mitkä materiaalit voivat imeä paljon kosteutta itseensä ilman näkyvää vahinkoa, mutta voivat myöhemmässä vaiheessa aiheuttaa kosteusvaurioita rakenteelle. (Merikallio 2002)

Rakennusmateriaalien ja -tuotteiden kostumisen ja kastumisen vähentämiseen vaadittavat keinot ovat:

- vaadittava materiaalien toimittajalta materiaalin riittävää tai ylimääräistä suojaamista kuljetus- ja toimitusvaiheessa
- materiaaleissa noudatettava valmistajan varastointiohjeita
- toimitukset ajoitettava oikea-aikaisesti työmaalle, ei liian aikaista toimitusta
- varastointialueiden ja menetelmien suunnittelu ajoissa
- materiaalivarastojen asiallinen sääsuojaus
- keskeneräisten rakenteiden sääsuojaus
- varmistettava että keskeneräiset rakenteet ja työvaiheet ehditään suojaamaan ennen työmaalta poistumista. (Merikallio 2002)

Työmaalla on myös varauduttava tilanteisiin, joissa kosteutta pääsee johtumaan suurempia määriä kerroksiin ja tiloihin, joihin sen ei enää tietyssä rakennusvaiheessa oletettu pääsevän. Lisäksi hallitsemattomia ja ennalta arvaamattomia tilanteita sekä vahinkoja on mahdollista sattua, kuten vesivahingot. Äkillisiä vesivahinkoja voi syntyä lämpö- tai käyttövesiverkostojen vuotoista, työmaa-aikaisten vesilinjojen hajoamisista tai säiliöissä säilytettävän veden vuotoista tai kaatumisista. Vahinkoihin on hyvä varautua varmistamalla väliaikaisten vesiverkostojen liitoksista ja sulkemalla pääsulut aina työpäivän päätyttyä sekä viikonloppujen ajaksi. Lisäksi äkillisten tilanteiden varalta tulee varmistua, että työmaalla on nopeasti saatavilla vesi-imurit sekä muut mahdolliset kuivatuslaitteet.

Kantavan rungon rakennusvaiheessa voidaan kastumista estää seuraavin keinoin:

- rungon nostaminen mahdollisimman nopeasti, jotta ylemmät kerrokset suojaavat alempia kerroksia
- veden valuminen alemmille holville; suljetaan holvissa olevat aukot vesitiiviiksi
- estämällä veden valuminen puurungon eristetilaan ja sisälevytyksiin
- välipohjien saumavalut vesitiiviiksi
- pintabetonilaattojen valu mahdollisimman aikaisessa vaiheessa
- tehdään väliaikainen viemäröinti välipohjiin, esimerkiksi lattiakaivojen kautta
- suojaamalla rungon sivut varhaisessa vaiheessa suoja- tai eristepeitteellä ja peittämällä aukot suojapeitteellä
- lumen poistaminen pinnoilta mekaanisesti, ei sulattamalla
- veden poistaminen holvipinnalta mahdollisimman nopeasti sen ilmaannuttua (Merikallio 2002).

Asentamalla puuelementit vasta kun vesikatto ja muut parveke- tai katosrakenteet ovat vedenpitäviä, vältetään puuelementteihin kohdistuvilta kosteusrasituksilta niin paljon kuin on mahdollista. Kun kosteusrasituksilta vältetään mahdollisimman paljon, minimoidaan samalla rakentamisaikaiset kosteusriskit. Puuelementtirakentamisessa kosteusriskit ovat suuremmat paikallarakentamiseen verrattuna, sillä elementissä koko seinärakenne on useimmiten valmiusasteeltaan lähes valmis. Paikallarakennettujen puurunkojen valmiusasteeseen voidaan niiden rakentamisen aikana vaikuttaa niin, että eniten kosteudelle arkoja materiaaleja ei asenneta ennen kuin olosuhteet sen sallivat. Niin ikään puuelementtien valmiusasteeseen ei enää toimituksen ja asennuksen jälkeen voida vaikuttaa. Puuelementtien kohdalla voidaan enää vaikuttaa vain keinoihin, joilla kastuminen estetään. Käytännössä paikallarakennetut puurungot voivat olla rakennettu

valmiiksi ja lämmöneristetty sekä levytetty ulkopuolelta, mutta sisäpuolen kipsilevytys jätetty tekemättä, jolloin syntyneisiin kosteusvaurioihin päästään vielä helposti käsiksi. Avonainen runkorakenne helpottaa myös kosteuden ja vaurioiden paikantamista. Rakenteita voidaan myös laittaa umpeen sitä mukaa, kun ajan kuluessa todetaan, miten kosteudenhallinta on onnistunut kohteessa.

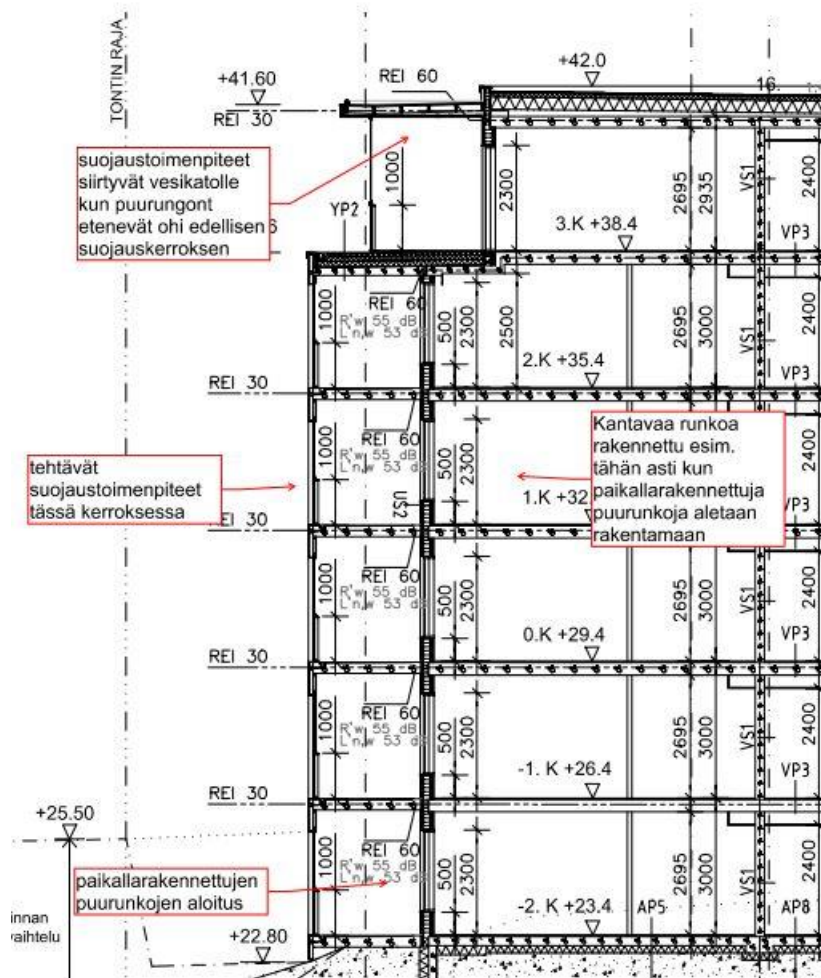
Paikallarakentaessa ja puuelementein toteutettujen runkojen kastumista voidaan estää järkevästi muutamilla jo käytössäkin olevalla keinolla. Lisäksi on olemassa keinoja, joilla saatetaan välttyä suuremmilta kosteuden vaikutuksilta, muttei täysin kokonaan. Nämä keinot saattavat olla nopeita työmaan kannalta toteuttaa sekä toimivat käytännössä hyvin silloin, kun kosteusrasitus on lähinnä lumen muodossa. Lumen muodossa oleva kosteus on helpompi poistaa välittömästi sen satamisen jälkeen, eikä se pääse kovin nopeasti tunkeutumaan rakenteisiin. Keinot, joilla mahdollinen kastuminen yleensä yritetään estää, ovat useimmiten ainoastaan väliaikaisia. Suojaustoimenpiteet voivat väliaikaisesta suojaustarpeesta huolimatta olla rakenteita, jotka jäävät pysyvästi rakenteeseen. Samat suojaustoimenpiteet ovat useimmissa tapauksissa toteutettavissa niin paikallarakennettujen puurunkojen kuin puuelementtienkin kohdalla. Yhteensopivuus ja samojen suojaustapojen käyttö edellyttää kuitenkin yhteneväisiä rakenteita. Puuelementtejä käytettäessä on suojaustapojen soveltaminen eri elementtiasennustapojen kohdalla mahdollista. Molempien puurunkorakentamisvaihtoehtojen kohdalla on aina kohteen alkuvaiheessa erikseen suunniteltava puuseinien suojaukset sekä määriteltävä toimenpiteet, joilla suojaus tullaan toteuttamaan. Määriteltäessä suojaustoimenpiteitä tulee ottaa jokaisen hankkeen kohdalla erikseen huomioon juuri kyseenomaisen hankkeen erityispiirteet. Vakiintuneita käytäntöjä on kuitenkin mahdollista käyttää kohteessa kuin kohteessa, kun otetaan edellä mainitut asiat huomioon.

Jokaisesta ontelolaatoilla toteutetusta kohteesta tulisi tehdä kohdekohtainen onteloiden poraussuunnitelma huolimatta siitä, onko kohde toteutettu paikallarakennetuilla puurungoilla vai puuelementeillä. Poraussuunnitelma toimii työmaalla laadunvarmistuksen työkaluna ontelovesien poraamiselle. Ontelovesien poistumisen varmistamisen lisäksi suunnitelma tulee laatia niin, että siinä on huomioitu puuseinille ontelon pintaa pitkin siirtyvän veden pois ohjaaminen. Puuseinien reuna-alueiden porauksien lisäksi tulee huomioida muut ylimääräiset porauksia vaativat kohdat.

3.3.3 Paikallarakentamisessa

Paikallarakennettujen puurunkojen sääsuojamiseen on olemassa muutamia enemmän käytössä olevia vakiintuneita käytäntöjä. Tämän lisäksi eri kohteiden kohdalla tulee ilmi erilaisia kohtalaisen tason suojaustoimenpiteitä. Useimmissa tapauksissa puurunkojen sääsuojamiseen vaadittavia ja suunniteltuja toimenpiteitä ei ole ennalta määritelty riittävässä laajuudessa. Suojaustoimenpiteet määritellään usein liian myöhään ja usein vasta, kun kosteudenhallinnan kannalta ongelmalliset kohdat tulevat ilmi rakentamisen edetessä. Paikallarakennettujen puurunkojen säältä suojaaminen tulisi määritellä viimeistään ennen kantavan rungon rakentamisen aloitusta, jolloin on vielä mahdollista vaikuttaa jatkossa tehtäviin toimenpiteisiin. Viimeistään tässä kohtaa tulisi myös päivittää kosteudenhallintasuunnitelma sisällöltään koskemaan myös puurunkojen kosteudenhallintaa. Ennen kantavan rungon rakentamisen aloitusta tulisi myös tarkastaa suunnitelmat koko kohteen osalta niin, että tehtävät suojaustoimenpiteet vastaisivat koko kokonaisuutta. Erityisesti tulisi paneutua detaljeihin, jotka poikkeavat olennaisesti muusta suojattavasta kokonaisuudesta. Olennaisesti muusta kokonaisuudesta poikkeavat kohdat rakennuksessa ovat yleensä kriittisimpiä kosteudenhallinnan näkökulmasta varsinkin, jos niitä ei ennalta riittävän ajoissa ole otettu huomioon töiden ja suojaustoimenpiteiden suunnittelussa.

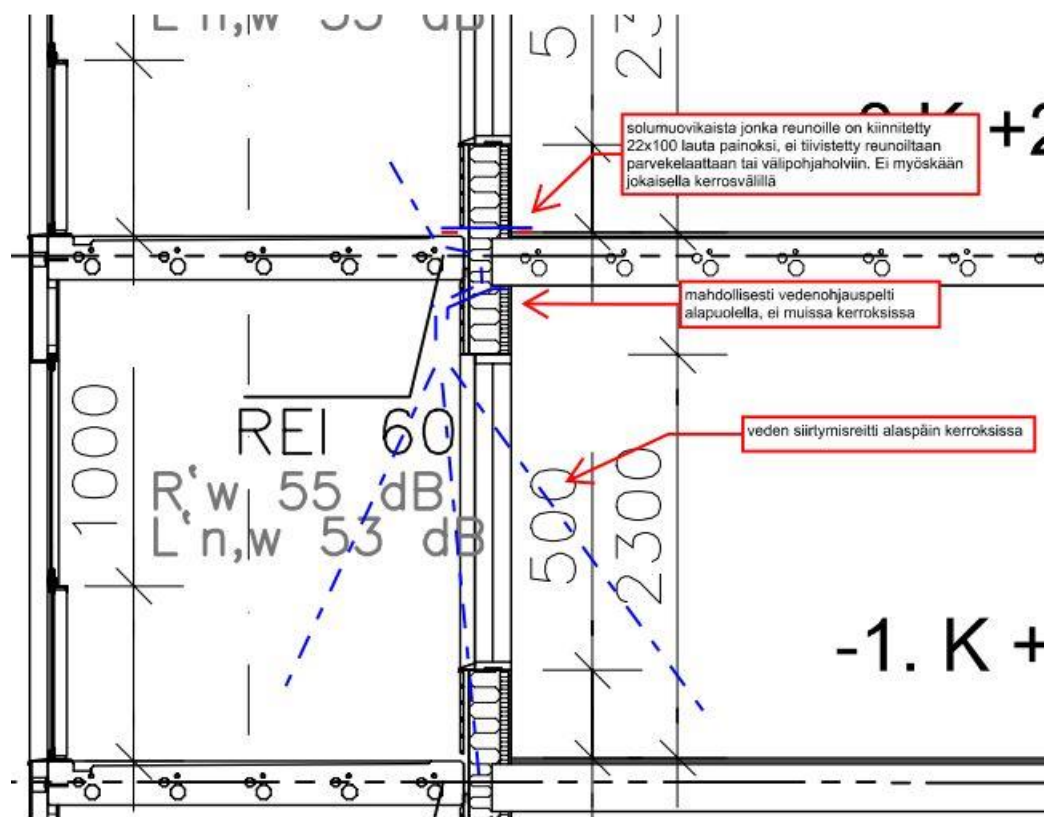
Paikallarakennettujen puuseinien kohdalla suojaustoimenpiteet on tähän mennessä toteutettu yleensä ajatuksella, että kantavan betonirungon edetessä tehdään tarvittavat suojaustoimenpiteet ainoastaan yhdellä kerrostasolla (kuva 6). Ylimääräisiä suojauksia on voitu tehdä satunnaisesti muillakin kerrostasoilla, mutta ne ovat olleet lähinnä kosteuden siirtymistä hidastavia. Toteutettujen suojaustoimenpiteiden jälkeen on puurunkojen rakentaminen aloitettu alimmasta kerroksesta. Puurunkojen ylöspäin etenemisen jälkeen suojaustoimenpiteet siirrettäisiin kerrostasolta vesikatolle. Käytännössä tämä tarkoittaa siis sitä, että vedenpitävä vesikatto toimisi loppuajan suojana. Nämä suojaukset saattaisivat olla riittäviä puurunkojen suojaamisen, mutta niiden tulisi myös olla erittäin radikaaleja, jotta voitaisiin estyä kokonaan kosteuden esiintymiseltä. Todellisuudessa kosteuden siirtymistä ei pystytä näillä keinoilla estämään täysin kokonaan.



Kuva 6. Paikallarakennettujen puurunkojen suojaus.

Yleisesti käytössä olevat suojaustoimenpiteet on toteutettu pääasiassa bitumikermikaistoilla tai erilaisten vedenohjauspeltien avulla. Jokainen rakennuskohde asettaa omat erityispiirteensä suojaamisten suhteen, jäljempänä on käyty läpi muutamia normaalitapauksissa toteutettuja suojuuksia. Yhdellä tai useammalla kerrostaosalla tehtyjä suojuuksia on toteutettu esimerkiksi vedenohjauspellin ja kermikaistan yhdistelmällä (kuva 7). Kerrostaosalta katsottuna on vedenohjauspelti tilanteesta riippuen kiinnitetty joko ylemmän kerroksen holvin kylkeen tai vaihtoehtoisesti sen alapuolelle. Pellin ajatuksena on ohjata ylemmistä kerroksista parvekelaatan ja holvin välistä johtuvaa vettä parvekelaatan puolelle. Parvekelaatan puolelta vesi ohjataan vedenpoistoreikään asennettujen ulosheittäjien kautta ulos rakennuksesta. Lisävarmistuksena toimii vielä kerros kermikaistaa, joka

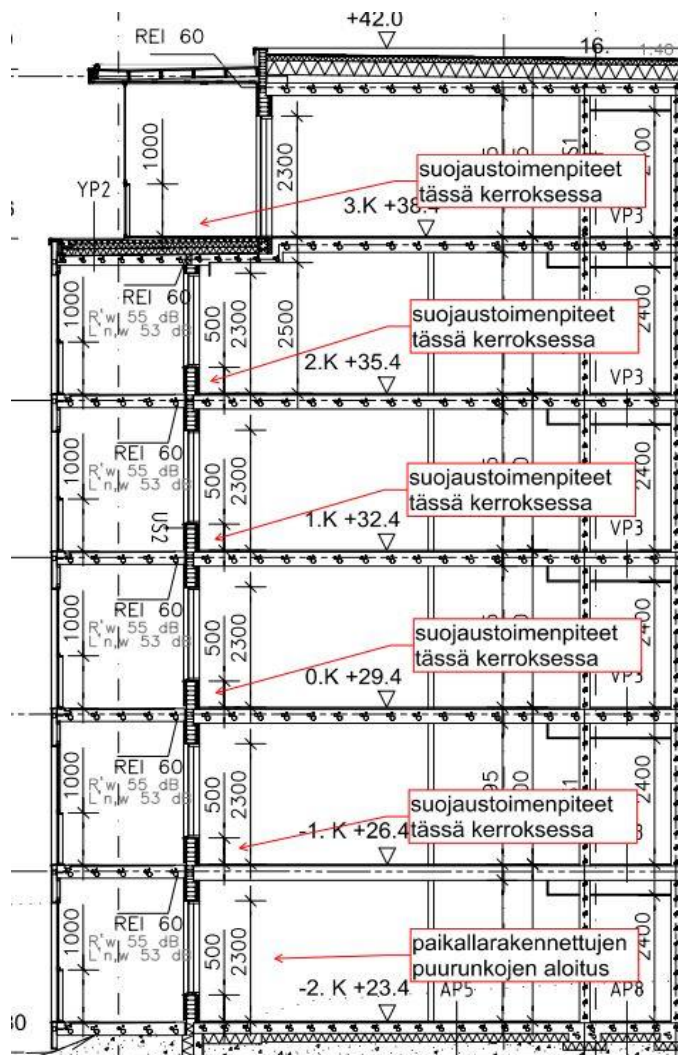
Suurimman satavan veden etenemisen estämistä on yritetty kermikaistan lisäksi toteuttaa esimerkiksi solumuovikaistoilla tai vastaavilla (kuva 8). Solumuovikaistaa on saatettu enemmissä määrin käyttää talviolosuhteissa, jolloin on pystytty estämään satavan lumen kinostuminen parvekelaatan ja holvin välisen lämmöneristeen päälle. Lämmöneristeen päälle kasautuessa ja pikkuhiljaa sulamaan alkaessa johtuisi vesi suoraan alempiin kerroksiin. Solumuovikaista ei kuitenkaan sovellu käytettäväksi olosuhteissa, joissa suurimmalla todennäköisyydellä sade on veden muodossa. Solumuovikaista pysäyttää suurimman satavan veden, mutta sen huonosta tiivistettävyydestä johtuen suurin osa vedestä johtuu kuitenkin alemmas kerroksissa.



Kuva 8. Solumuovikaistan käyttö paikallarakenneissa puurungoissa.

Edellä mainitut suojaustoimenpiteet ovat työmailla yleisesti käytössä olevia ja osittain hyviksikin todettuja, sillä ne edelleen ovat käytössä. Todellisuudessa edellä esitetyt toimenpiteet eivät pidä kosteutta poissa kokonaan rakennuksen sisältä, eivätkä estä sen kulkeutumista alempiin kerroksiin. Kun halutaan estää veden alaspäin kulkeutuminen ja rakenteiden vaurioituminen kokonaan, tulisi vaadittavat suojaustoimenpiteet tehdä ja niiden vedenpitävyydestä varmistua rakennuksen jokaisella kerrostasolla (kuva 9). Kustan-

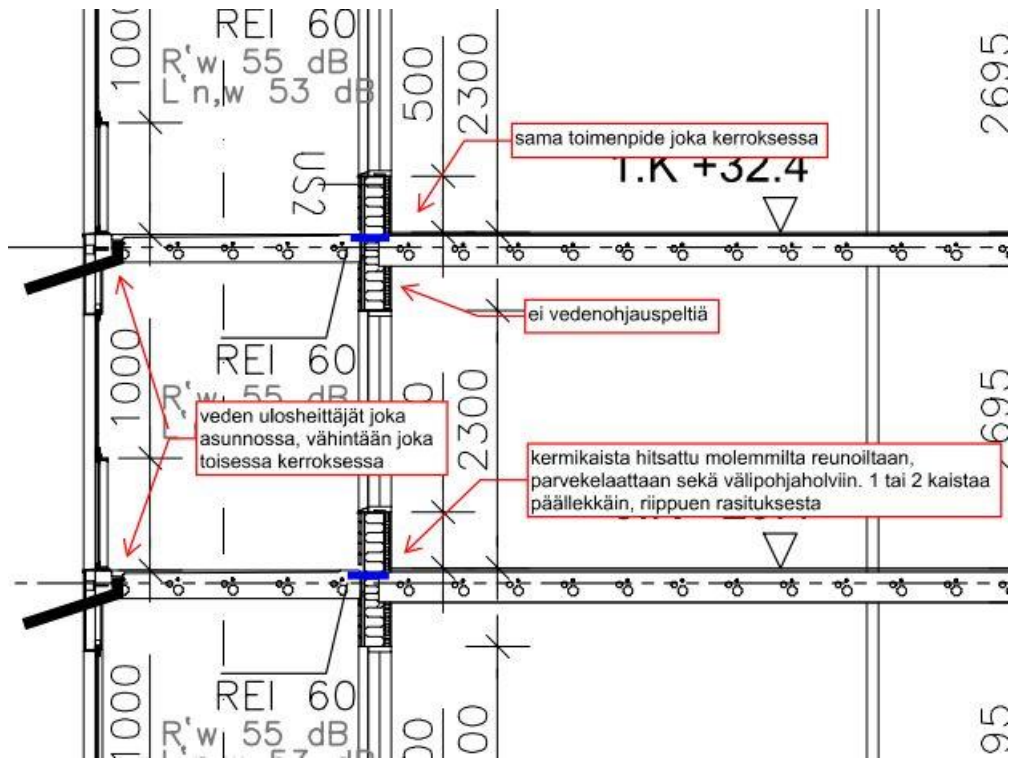
nukset suojaustoimenpiteiden järjestämisestä jokaisella kerrosten tasolla ovat huomattavasti suuremmat tämänhetkiseen toimintatapaan verrattuna. Suojaustoimenpiteet moninkertaistuvat, mikä näkyy suoraan myös kustannuksissa. Suojauksista johtuvaa kustannusten nousua tulisi viime kädessä kuitenkin arvioida ja vertailla niihin kustannuksiin, jotka syntyvät huonojen tai riittämättömien suojaustoimenpiteiden takia tehtävistä puurakenteiden avauksista ja korjauksista. Kohteen kannalta riittäviin suojauksiin laitettu panos on tilanteesta ja kohteesta riippuen aina kannattavampaa kuin kosteuden johdosta tehtävät rakenteiden avaukset ja korjaukset. Lähtökohtaisesti ja tarkemmin kustannuksia laskematta tulee suuremmassa kohteessa rakenteiden korjaukset ja aikatauluviivästy- miset maksamaan tilaajalle huomattavan paljon enemmän, mitä rakennusvaiheessa tehtävät riittävät ja kosteuden siirtymistä ennaltaehkäisevät suojaukset.



Kuva 9. Miten suojaustoimenpiteet tulisi tehdä.

Jotta välttyttäisiin kosteuden siirtymiseltä kokonaan, tulisi suojaustoimenpiteet tehdä jokaisella kerrostasolla kosteutta läpäisemättömillä rakenteilla. Kun suojaukset toteutetaan vedenpitävällä rakenteella, ei kerrostasoilla tarvitse käyttää vedenojauospeltejä tai vastaavia väliaikaisia vedenojauusrakenteita. Tästä huolimatta tulee parvekkeilta vedenpoisto toteuttaa veden ulosheittäjillä, niin kuin tähänkin mennessä. Kosteuden pysäyttämiseen jokaisella kerrostasolla on olemassa eri suojausmahdollisuuksia, mutta ainoaksi mekaanista rasitusta kestäväksi ja vedenpitäväksi rakenteeksi on todettu olevan parvekelaatan ja holvin väliin asennettava kermikaista (kuva 10). Kermikaista tulisi asentaa jokaiseen kerrokseen holvin ja parvekelaatan väliin lämmöneristeen päälle. Kermikaistan tulee olla reunan päällä vähintään 50 mm tai niin, että kiinnitymisestä betonipintaan varmistutaan. Kaista tulee aina hitsata kuivalle ja puhtaalle alustalle. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että parvekelaatan ja mahdollisten ontelolaattojen sileä pinta tulee olla liuostettu bitumilla kiinnityksen varmistamiseksi. Kun holvi on paikallavalettu, tulee kermiin kiinnitysalusta reuna-alueilla hioa timanttilaikalla sekä tarvittaessa pinta vielä liuostaa. Jos oletuksena on, että tietyissä paikoissa kaistaan kohdistuu rakennusaikana suurta mekaanista rasitusta, voidaan kohtaa vahvistaa hitsaamalla toinen kermikaista alemman päälle. Kermikaistaa ei ole välttämättä pakollista poistaa päälle tulevan puurungon alta ennen sen rakentamista. Puurunko voidaan rakentaa kaistan päälle suoraan ottaen huomioon, että parvekelaatan ja holvin välinen lämmöneriste ulottuu yläpäästään kermiin asti. Jos on olettamus, että kaistan alla lämmöneriste ei ulotu puurungon alapintaan asti, on syytä irrottaa kaista koko puurungon matkalta ja varmistua, ettei kylmäkatkoja rakenteeseen synny.

Suojaustoimenpiteet paikallarakennettujen puurunkojen kohdalla tulee aina tapaus- ja kohdekohtaisesti suunnitella erikseen. Suunnittelussa tulee ottaa huomioon kohteen erityispiirteet sekä laajuus, jossa suojauksia toteutetaan. Jos kohde toteutetaan rakentamalla kantava runko ja vesikatto valmiiksi ennen puurunkotöiden aloitusta, on tarvittavien suojaustoimenpiteiden määrä huomattavasti pienempi eikä edellä mainittua kermikaistaa ole syytä asentaa jokaiselle kerrostasolle.



Kuva 10. Tarkennettu kuva suojauksista.

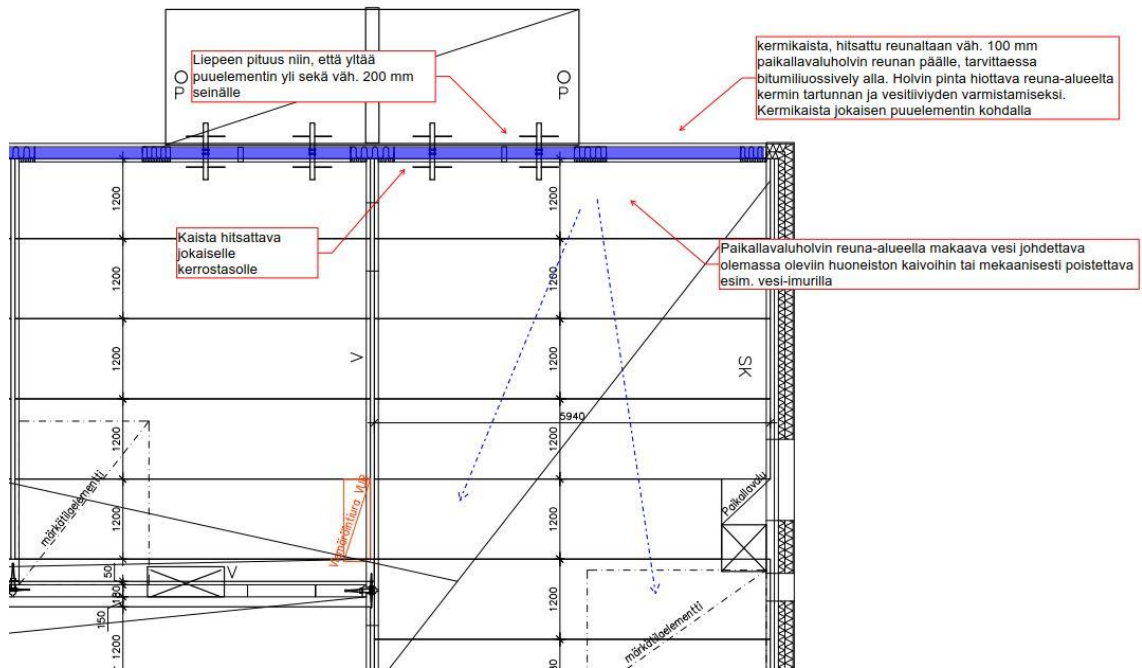
3.3.4 Elementtirakentamisessa

Kokemus puuelementtien käytöstä paikallarakennettujen parvekkeiden taustaseinien sijasta on vähäistä suurimmalla osalla työmaan henkilöstöstä. Puuelementtien asennus ei itsessään poikkea suuremmin betonielementtiasennuksesta, lähinnä pelkästään kiinnitystekniikaltaan. Sen sijaan puuelementit ovat betonielementeistä poiketen suojattava kosteuden vaikutuksilta sen ajan, kun puurakenteet ovat alttiita sateen aiheuttamalle kosteudelle. Yleensä puuelementit tilataan ja toimitetaan valmiusasteeltaan sellaisina, että elementti itsessään on erittäin herkkä kosteuden vaikutuksille. Johtuen vähäisestä kokemuksesta puuelementtien käytöstä ei tiedetä tarkalleen puuelementtirakentamisen kaikkia mahdollisia kosteusriskejä. Käytettäessä puuelementtejä voidaan varautua niihin riskeihin ja kosteudenhallinnan kannalta olennaisiin ongelmakohtiin, joita ennalta pystytään ennakoimaan sen hetkiselällä kokemuksella. Puuelementtien käytössä ilmenee ensimmäisten rakennuskohteiden jälkeen aina kosteudenhallinnallisia ongelmakohtia ja –tilanteita, joita ei ole ennalta pystytty huomioimaan. Tästä syystä suurpiirteiset ennalta suunnitellut ja arvioidut rakennusaikana syntyvät ongelmakohdat tulisi ottaa vakavasti huomioon ennen puuelementtiasennuksen aloitusta. Asennuksen aloituksen jälkeen ja

rakentamisen edetessä ilmenee tilanteesta ja kohteen vaativuudesta riippuen aina tilanteita, joita ei ole osattu ottaa huomioon suunniteltaessa puurakenteiden suojauksia. Puuelementtien korkeasta valmiusasteesta johtuen niiden korjaukset kastumisen jälkeen ovat aina huomattavasti suuremmat mitä paikallarakennettujen puurunkojen kohdalla. Ennen kohteen rakennustöiden aloitusta tulee puurunkojen asennuksen aloitusajankohta määrittellä aikataulullisesti kohteen muiden töiden mukaan, mutta huomioon tulisi ottaa myös asennusajankohdan ajoitus niin, että kosteuden estäviltä suojaustoimenpiteiltä vältyttäisiin mahdollisimman paljon. Tämä tarkoittaa lähinnä siis sitä, että puuelementit kannattaa asentaa vasta vesikaton valmistuttua, jos se on aikataulullisesti ja kohteen luonteen mukaan mahdollista.

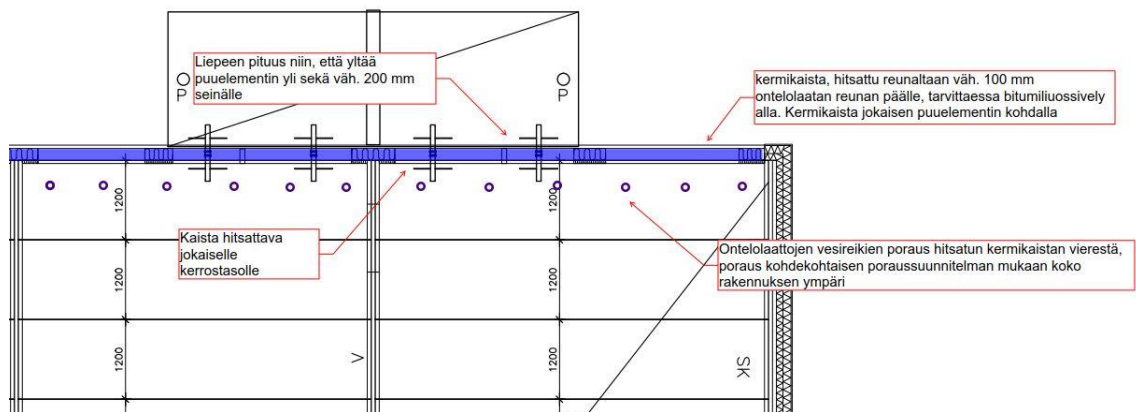
Lähtökohtaisesti ajatuksena on, että puuelementtien yläpää suojattaisiin jokaiselle kerrostasolla koko rakennuksen ympäri. Tilanteesta ja kohteen luonteesta riippuen voidaan suojaustoimenpiteitä kuitenkin keventää. Jos kohde on esimerkiksi suunniteltu ja aikataulutettu toteutettavaksi niin, että puuelementtien asennus aloitetaan vasta vesikaton ja muiden katosrakenteiden valmistuttua, voidaan suunnitelluista suojaustoimenpiteistä poiketa tai keventää niitä. Vastaavat seikat tulee ottaa huomioon suunniteltaessa oman kohteen puuelementtien suojauksia rakentamisen aikana. Työmaalla tehtävien kastumista ehkäisevien suojaustoimenpiteiden lisäksi tulee puuelementtitehtaan kanssa keskustella niin kuljetuksen aikaisesta sääsuojauksesta kuin tehtaalla valmiiksi tehtävistä suojauksista. Tehtaan kanssa on hyvä sopia elementtien normaalin kuljetuksen aikaisen sääsuojauksen lisäksi ylimääräisestä suojasta elementin yläpäähän. Tällä toimenpiteellä ehkäistään tilanteet, jossa kuljetuksen aikainen sääsuojakerros vaurioituu joko kuljetuksen, purun tai asennuksen aikana.

Järkevin tapa suojata puuelementtien yläpää rakentamisen aikana on asentaa niiden päälle kermikaista koko rakennuksen ympäri (kuva 11). Kaistan tulee olla riittävän leveää niin, että se ulottuu puuelementin ulkopintaa vasten noin 200 mm. Välipohjan puolella kaista tulee hitsata kiinni noin 100 mm:n leveydeltä. Tarvittaessa holvin reuna-alue on hiottava tasaiseksi sekä liuostettava bitumilla riittävän tartunnan varmistamiseksi. Paikallavaletulla betoniholvilla makaava vesi tulee ohjata joko olemassa oleviin kaivoihin tai poistaa mekaanisesti betonipinnalta.



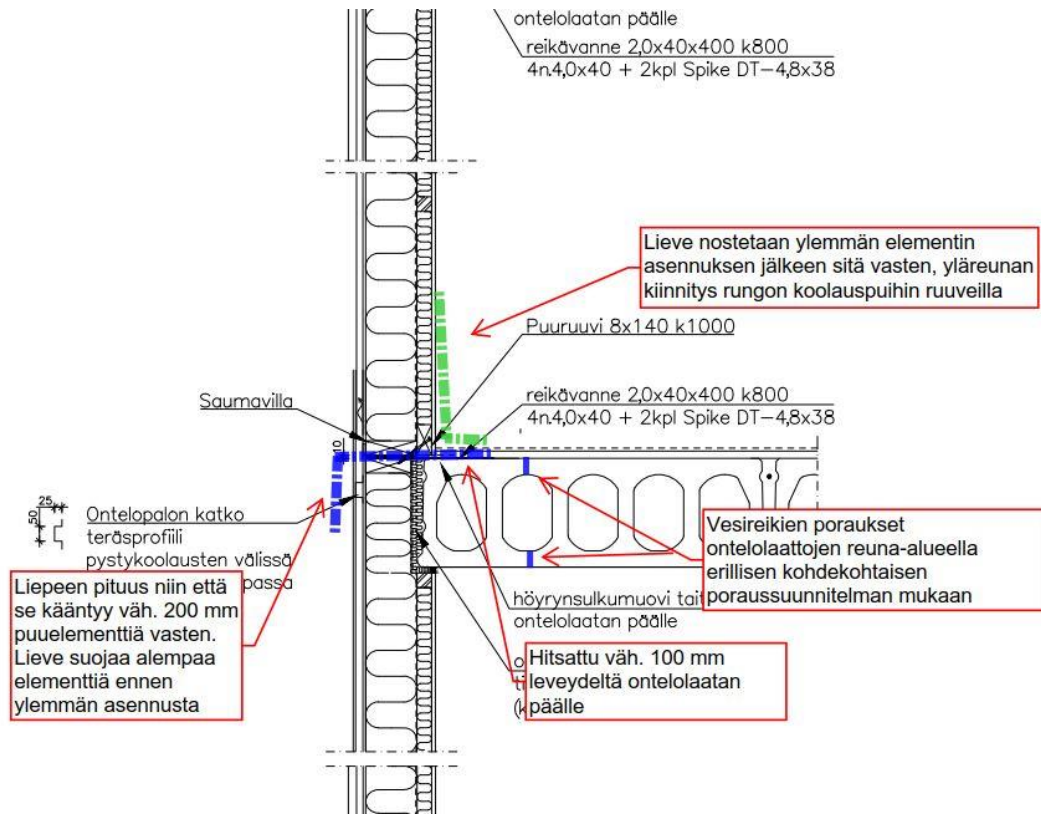
Kuva 11. Puuelementtien yläpään suojaus, paikallavaluholvi.

Jos rakennuksen välipohjat on toteutettu ontelolaatoilla, on tehtävät suojaustoimenpiteet samat kuin paikallavaluholvin kohdalla (kuva 12). Tämän lisäksi ontelolaattakohteesta on tehtävä kohdekohtainen ontelolaattojen onteloporauksien suunnitelma. Olemassa olevien onteloiden vesireikien auki porauksien lisäksi tulee suunnitella ylimääräisten vesireikien poraus reuna-alueelle, johon puuelementit on asennettu. Suunnitelmassa tulee ottaa huomioon myös muut mahdolliset ongelmakohtat. Muita ongelmakohtia saattavat olla esimerkiksi hormien tai vastaavien reuna-alueet sekä ontelolaattojen päät, joihin vesi saattaa lammikoitua ontelolaatan kaarevasta pinnanmuodosta johtuen. Ylimääräisten porattavien vesireikien tarkoituksena on estää veden lammikoituminen tai ohjautuminen puuelementin suuntaan ja sen juureen.

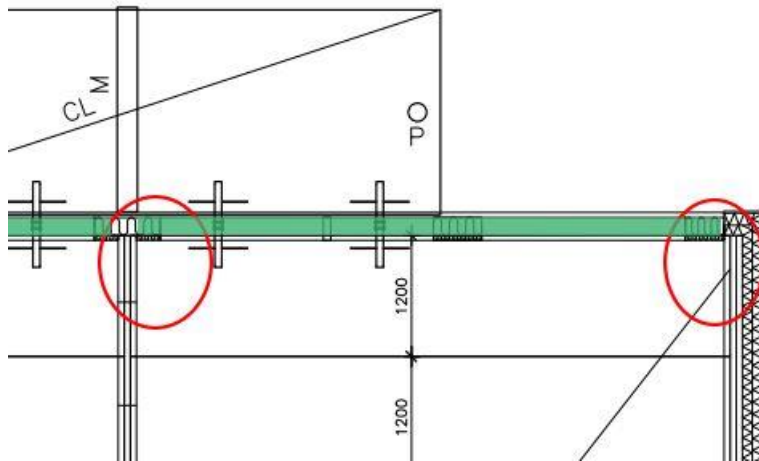


Kuva 12. Puuelementtien yläpään suojaus ontelolaattakohteessa.

Jos kohteessa ei ole parvekerakenteita puuelementtiseinällä, tulee asennetun kermikaistan lieve kääntää asennetun puuelementin ulkopintaa vasten riittävän paljon, jotta satava vesi ohjautuu alaspäin (kuva 13). Kaista tulee olla myös hitsattu tiiviisti ja riittävällä tartunnalla välipohjan päälle. Kun seuraavan kerroksen puuelementtejä aloitetaan asentamaan, lieve nostetaan ja käännetään sitä mukaa pois alemman elementin päältä. Seuraavan kerroksen puuelementtien asennuksen jälkeen voidaan lieve nostaa elementin sisäpintaa vasten ja kiinnittää siihen. Näin sisäpuolelta holvin pintaa pitkin puuelementin alapäähän kohdistuvaa kosteusrasitusta pystytään estämään. Parvekkeettomalla seinän osuudella on suojauksen toteutustapa täysin samanlainen riippumatta siitä, onko kantava välipohja paikallavalettu vai ontelolaatoista. Paikallavaluholvin sekä ontelolaattojen kohdalla oleelliset riskikohdat ovat paikoissa, joissa seinää vasten nostettu kermikaista katkeaa. Näitä kohtia ovat päätyseinät sekä kantavat väliseinät huoneistojen välillä (kuva 14). Näissä kohdissa kaista tulee katkaista seinän molemmilta puolilta, eikä se näin ollen ole enää tiivis seinän juuresta. Ontelolaattakohteessa ontelon kaarevan pinnan pinnalla makaava vesi siirtyy juuri puuelementin pätyihin missä kermikaistan tiiveys on heikoimmillaan. Tästä syystä ontelolaattakohteessa porataankin ontelolaatan pätyihin ylimääräiset vedenpoistoreiät. Jos puuelementtiseinän kohdalla on parvekerakenteita, ei kermikaistan asennus ja työvaiheet eroa tilanteesta, jossa kaista asennetaan parvekkeettomalle seinälle.



Kuva 13. Leikkauskuva puuelementtiseinästä, ei parvekerakenteita.



Kuva 14. Ylös nostetun kermikaistan riskikohdat.

3.3.5 Kastuneiden rakenteiden kuivatus ja korjaus

Ulkoseinät voivat kastua suoran viistosateen vaikutuksesta tai ylempää tulevien valumatai sulamisvesien johdosta. Ensisijaisesti puu-ulkoseinät kastuvat rakennetta rasittavalla tavalla valumavesien johdosta. Viistosateen vaikutus on pienempi suoraan ylhäältä tuleviin valumavesiin verrattuna, sillä se ei suoraan pääse vaurioittamaan puuseinän rakennetta ja kosteudelle herkimpiä materiaaleja.

Rakenteiden kuivatus tulee ottaa huomioon kosteudenhallintasuunnitelmaa laadittaessa. Rakenteiden kuivatuksen tarkoituksena on luoda optimit olosuhteet rakenteen kuivumiselle niin, että tarvittaessa rakenne kuivuu aikataulun mukaisessa ajassa. Tämä tarkoittaa, että ympäröivän ilman suhteellinen kosteus RH tulee saada riittävän alhaiseksi niin, että kuivuminen on mahdollista tapahtua. Se, millaiset kuivumisolosuhteiden tulee olla, riippuu siitä, kuinka paljon aikaa on olemassa rakenteen kuivumiseen ja kuivattamiseen, kuinka paljon rakenteet ovat kastuneet rakentaessa, mistä materiaalista rakenne on tehty ja millainen rakenne on. (Merikallio 2002)

Kuivatusta suunniteltaessa tulee ottaa huomioon rakennusajankohta, sillä ulkoilman kosteuspitoisuus vaihtelee paljon vuodenajasta riippuen. Lämpimään ilmaan mahtuu enemmän kosteutta kuin kylmään ilmaan. Seuraavat asiat tulee ottaa huomioon kuivatuksen suunnittelussa:

- kuivattavaan tilaan ei saa päästä lisäkosteutta, pitää varmistua ennen kuivatuksen aloitusta
- kuivatettavasta tilasta pitää poistaa irtovesi ja lumi, niitä ei saa kuivattaa tai sulattaa
- rakennus tai tila pitää osastoida niin, ettei kosteus pääse siirtymään kuivatettavasta tilasta viereisiin tiloihin ja tiivistymään sen kylmempiin pintoihin
- kuivatettavassa tilassa ei saa olla kylmiä pintoja joihin kosteus voi tiivistyä
- kosteuden täytyy päästä hallitusti poistumaan
- mikäli kosteuden poistuminen vaatii ilmankuivaimia, täytyy tilan olla tiivis
- otetaan ulkoiset olosuhteet huomioon
- suunnitellaan rakenteiden kuivatus ajoissa ja varsinkin kriittisten rakenteiden kohdalla
- seurataan rakenteiden kuivumista tiiviisti

- varmistetaan että työmaalla on kuivatukseen tarvittava kalusto ja niiden toimivuus. (Merikallio 2002)

Kosteiden tai kastuneiden puurunkojen korjaukseen vaikuttaa paljon asiat, kuten miten kastuminen on tapahtunut, kuinka paljon runko on kastunut, missä vaiheessa puurungon rakentamista kastuminen on tapahtunut ja onko kastuminen ylipäättään loppunut tai pysytäänkö se korjaushetkestä eteenpäin estämään. Kun kastuminen tapahtuu, tulee välittömät toimenpiteet kuivatuksen suhteen aloittaa. Rakenteiden korjauksen aloituksessa tulee kuitenkin arvioida sen aloituksen järkevä ajankohta. Korjauksen aloitukseen eniten vaikuttaa se, miten nopeasti kastuneet rakenteet saadaan kuivatettua, voidaanko rakenteita kuivattaa vai onko siitä huolimatta olemassa riski myöhäisemmässä vaiheessa syntyville kosteusvaurioille, missä laajuudessa rakenteet joudutaan purkamaan ja onko veden johtuminen rakenteisiin saatu pysäytettyä. Ennen kuivatustoimenpiteitä tulee uudelleenkastumisen riski olla ehkäisty. Myös korjaustoimenpiteiden alettua tulee varmistua vedenpitävyydestä niin, ettei rakenteita enää korjauksen jälkeen jouduta kastumisen johdosta kuivattamaan tai korjaamaan.

Paikallarakennettu puurunko joudutaan kastumisen tapahduttua avaamaan sisälevypinnasta aina niin pitkälle rakenteisiin kuin kastuminen on tapahtunut. Jos esimerkiksi lämmöneristeet ovat samassa yhteydessä kastuneet, tulee ne koko laajuudessaan irrottaa ja hävittää asianmukaisesti. Kastuneita lämmöneristeitä ei käytetä enää uudestaan rakenteen kuivatuksen jälkeen. Kun veden uudelleenjohtuminen rakenteeseen on estetty, voidaan kuivatus aloittaa. Kuivatuksessa tulee ottaa huomioon jo edellä mainitut olosuhteet kuivatuksen onnistumiseen. Jos kastuminen tapahtuu, kun puurunko on rakennettu ja eristeet asennettu, vältetään sisäpuolen pintamateriaalien ja höyrynsulun purulta. Rakenteita ei tästä syystä ole järkevää edes laittaa kokonaan umpeen ennen kuin ollaan täysin varmoja siitä, että kyseiseen puurunkoon ei enää kohdistu kosteusrasitusta. Jos rakenne on jo kokonaan ummessa tai esimerkiksi höyrynsulussa, kun kastuminen tapahtuu, tulee ennen avaustoimenpiteitä arvioida vahingon suuruus. Tilannekohtaisesti arvioidaan, tarvitaanko avausta vai riittääkö pelkkä kuivatus. Yleensä pelkkä kuivatus ei ole järkevä vaihtoehto, sillä kastumisen laajuudesta ei välttämättä pintapuoleisesti saada täyttä totuutta. Jos kuitenkin ollaan varmoja siitä, että laajempaa kastumista ei ole tapahtunut, voidaan rakennetta kuivattaa ilman rakenteen avausta. Yleensä näissä tapauksissa kosteus on vähäistä ja se on rakenteen reuna-alueilla, jolloin voidaan joiltain osin olettaa sen olevan paikallista. Kuivatuksen jälkeen rakenne voidaan laittaa umpeen al-

kuperäisten suunnitelmien mukaisesti. Tilaajan tulee aina tapauskohtaisesti ennen kuivatettujen rakenteiden kiinnilaittoa hyväksyä ja mahdollisesti dokumentoida kuivatetut rakenteet.

Puuelementtien rakenteiden kastuessa toimintatavat ovat täysin samoja, kuin edellä mainitut paikallarakentamisen toimenpiteet. Ainoa eroavaisuus paikallarakennettuihin puurunkoihin nähden on, että rakenteita joudutaan aina purkamaan valmiista pinnasta asti riippuen elementin valmiusasteesta.

4 TYÖTURVALLISUUS

Rakennustyön ja rakennustyömaan turvallisuuden suunnitelmallinen ylläpito on keskeistä työtapaturmien ja terveydellisten haittojen ehkäisyssä. Rakennustyön turvallisuus koostuu niistä toimenpiteistä, joilla ennakoidaan mahdollisia turvallisuusvaaroja ja pyritään niiden torjuntaan. Näitä toimenpiteitä ovat ennakosuunnittelu, työmaalla tehtävät tarkastukset ja turvallisuusseuranta sekä tapaturmantutkinnan palaute. (Lehtinen 2015)

Valtioneuvoston antamassa rakennustyöasetuksessa veloitetaan päätoteuttajaa suunnittelemaan työt ja työvaiheet turvallisiksi toteuttaa. Suunnittelu tulee tehdä aina ennen suunnittelun kohteena olevien töiden aloittamista. Rakennustöiden turvallisuussuunnittelulle ei ole rakennustyöasetuksessa asetettu erityistä sisältöön tai muuhun seikkaan liittyvää muotovaatimusta. Vaikka turvallisuussuunnittelua koskevissa määräyksissä sanotaan, että työturvallisuutta koskevat suunnitelmat on tehtävä kirjallisesti, ei siinä kuitenkaan nimetä tai muuten yksilöidä näitä suunnitelmia. (Lehtinen 2015)

Työturvallisuutta seurataan rakennustyömaalla tapahtuvalla turvallisuusseurannalla, missä erilaisin havainnoin tarkastetaan ja seurataan työturvallisuusseikkojen toteutumista. Työturvallisuusseurannassa havainnoidaan mahdolliset puutteet, ne kirjataan muistiin yhdessä niiden toimenpiteiden kanssa joilla vaaratekijät poistetaan ja työturvallisuustaso saadaan ylläpidettyä. Lisäksi havaitut puutteet ja vaaratekijät poistetaan. Perinteisesti rakennustyömaan työväliseenä turvallisuusseurannassa on ollut viikoittainen viikkotarkastus TR-mittaus, jossa työnjohto kiertää työmaan tarkastaen työturvallisuustason ja puutteet. (Lehtinen 2015)

Työmaalla käytetään aina suojakypärää, turvakenkiä, näkyvää vaateetusta ja silmiensuojaimia. Pölyävissä työvaiheissa on käytettävä hengityksensuojainta sekä tarvittaessa raitisilmanaamaria. Työkoneiden käyttö edellyttää kuulonsuojainten käyttöä. Lumen ja jään aiheuttama liukkaus kulkuteillä, telineillä ja henkilönostimissa on otettava huomioon ja pyrittävä poistamaan aina, kun se on mahdollista. Telineistöä ja nostoja ei saa tehdä liian kovalla tuulella. Putoamissuojaukset toteutetaan ja rakennetaan ensisijaisesti rakenteellisin kaitein. Jos rakenteellinen putoamissuojaus ei ole mahdollista tai työ on lyhytaikaista, käytetään turvalajaita ja turvaköyttä niihin soveltuvalla tarraimella. Henkilökohtaista putoamissuojainta käytetään myös, kun työtä tehdään henkilönostimen nostokorista. (Ratu 0424 2014)

Työtä tehdessä tulisi huolehtia oikeista ja ergonomisista työasennoista. Työtasoja käytettäessä niiden tulisi olla oikean korkuisia, levyisiä ja tukevia. Tarvittavissa nostoissa ja siirroissa käytetään nostoapuvälineitä apuna aina kun mahdollista. Työn helpottamiseksi ja ergonomian säilyttämiseksi käytetään työssä apuna pukkeja, jatkovarsia tai muita työskentelyä helpottavia apuvälineitä. Työmaan työturvallisuutta voidaan parantaa myös sillä, että varmistetaan työntekijän riittävästä perehdyttämisestä työmaahan ja työtehtävään. Perehdyttämisessä työntekijä perehdytetään työhön, työolosuhteisiin, työmaahan sekä työturvallisuuteen. Perehdyttämisen suorittaa aina päätoteuttajan työnjohtaja tai hänen nimeämänsä henkilö. Urakoitsijoiden tulee huolehtia asennuspaikan yleisestä järjestyksestä, ylimääräisten rakennusaineiden ja työvälineiden poistamisesta sekä rakennusjätteiden siivoamisesta asennuspaikalta. Urakoitsijan tulee myös huolehtia työkohteen siisteydestä ja työturvallisuusvaatimusten täyttämistä sekä työmaatarkastuksissa havaittujen vikojen korjaamisesta. (Ratu 0416 2014)

Telineet tulee olla varustettu kaitein, kun putoamiskorkeus työtasolta on 2 metriä tai enemmän. Myös tätä alempana tulee käyttää kaiteita, jos putoamisesta aiheutuu erityinen tapaturman vaara. Kiinteän rakenteen ja kaiteettoman työtason väliin jäävän aukon koko saa olla enintään 0,25 m, suuremmat aukot on suojattava kaitein. Kaiteen korkeuden on oltava vähintään 1 metri ja kaiteessa on käsijohteen lisäksi oltava välijohde ja jalkalista. Vaihtoehtoisesti puusta rakennetun kaiteen tilalla voidaan käyttää myös esim. kaide-elementtiä, verkkoja ja levyjä. Minkään johteen alapuolinen vapaa tila ei saa ylittää 0,5 metriä. (Ratu 0424 2014)

Päätoteuttajan on otettava huomioon rakennustyön turvallisuudesta annetun valtioneuvoston päätöksen 7. §:ssä tarkoitetussa rakennustöiden turvallisuussuunnittelussa elementtirakentamisen erityiset turvallisuustoimenpiteet. Päätoteuttajan on tunnistettava ja selvitettävä elementtirakentamisesta aiheutuvat haitta- ja vaaratekijät ja suunniteltava niiden poistaminen. Päätoteuttajan on myös suunniteltava rakennustyömaa-alueen käyttö, rakennustyön turvallisuudesta annetun valtioneuvoston päätöksen 8. §:n perusteella. Työmaa-alueen käytön suunnittelussa tulee kiinnittää elementtirakentamisen kohdalla erityistä huomiota ainakin seuraaviin seikkoihin:

- elementtien vastaanotto- ja varastointipaikat
- nostureiden ja nostopaikkojen sijoitukset
- nostureiden nostosäteet- ja kapasiteetit
- elementtien siirto- ja kuljetustiet sekä työmaaliikenteen liittymiskohdat

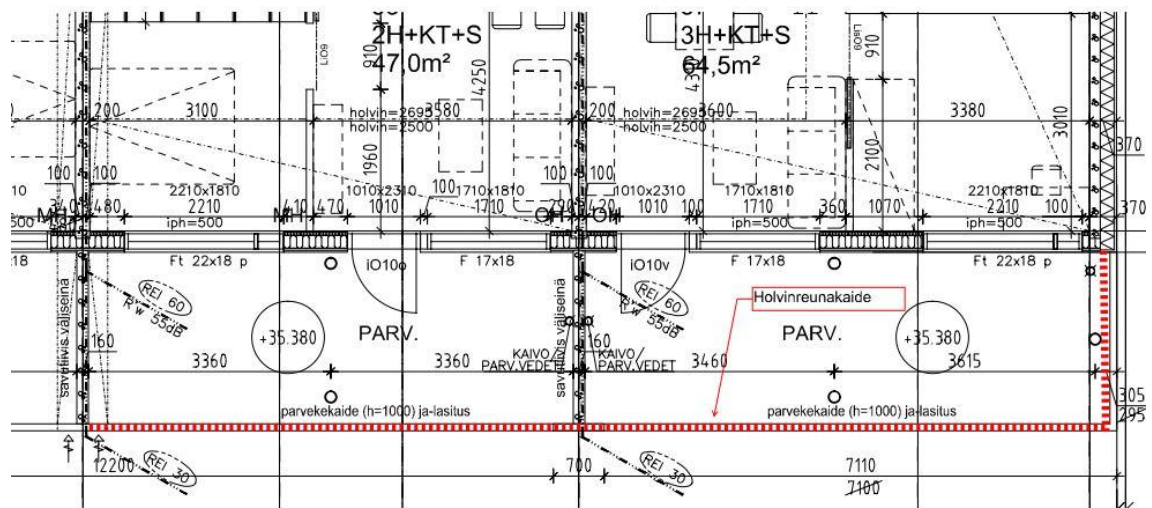
- henkilönostolaitteiden sijoitukset ja kulku- sekä nousutiet (valtioneuvoston asetus elementtirakentamisen työturvallisuudesta 578/2003.)

Asennustyössä käytettävien torni- ja ajoneuvonosturien tulee olla suoritusarvoiltaan riittäviä ja käyttötarkoitukseensa sopivia. Nostureissa on oltava turvakytkimet, jotka on tarkastettava aina ennen asennustyötä ja vähintään kerran viikossa. Turvakytkinten lisäksi on tarkastettava jarrut, varolaitteet ja nostoapulaitteet. Nostolaitteessa ja apuvälineissä, kuten rakseissa, on oltava merkintä niiden suurimmasta sallitusta kuormasta. Elementit tai niiden pakkaus on varustettava näkyvällä ja pysyvällä merkinnällä, josta ilmenee elementin kokonaispaino tai likimääräinen paino. Asennustyössä käytetään vain kyseiselle elementtityypille soveltuvia nostorakseja tai nosto-osia. Nostokonetta käytävällä kuljettajalla tulee olla kyseisen nostokonetyypin kuljettajan kortti tai lupakirja. Nostovaijereiden, -ketjujen, -hihnojen ja ohjausköysien kuntoon on kiinnitettävä asennustyön aikana jatkuvasti huomiota. Nostot tulee tehdä vapaan alueen kautta ja nostojen aikana elementtien alla liikkuminen on estettävä. Nostokoukkujen tulee olla lukkiutuneessa asennossa ja ketjujen kiertymistä tulee seurata. (Ratu TT 5.11)

Asennustyössä käytettävien henkilönostimien, tikkaiden ja telineiden on oltava telinemääräysten mukaisia. Asennuksessa väliaikaistuentana käytössä olevien elementtitekien tulee kestää sekä vetoa että puristusta. Tukien säätötolppien ja niiden vahvistusoskien paikoillaanpysyvyys tulee olla varmistettu. Tukien yläpään kiinnityspisteiden tulee sijaita elementin painopisteen yläpuolella ja tuen kiinnittymisessä elementtiin huomioidaan valmistajan sekä rakennesuunnittelijan ohjeet tai määräykset. Elementtien tuenta ja kiinnitys on aina varmistettava ennen nostoapuvälineiden irrotusta elementistä. Nostorakseja irrotettaessa tulee käyttää henkilönostimia, tukevia telineitä tai A-tikkaita, mutta nojatikkaita ei saa käyttää irrotuksessa. Työnaikaiset kaiteet ja aukkojen suojaukset tulee tehdä välittömästi elementtiasennuksen jälkeen. (Ratu TT 5.11)

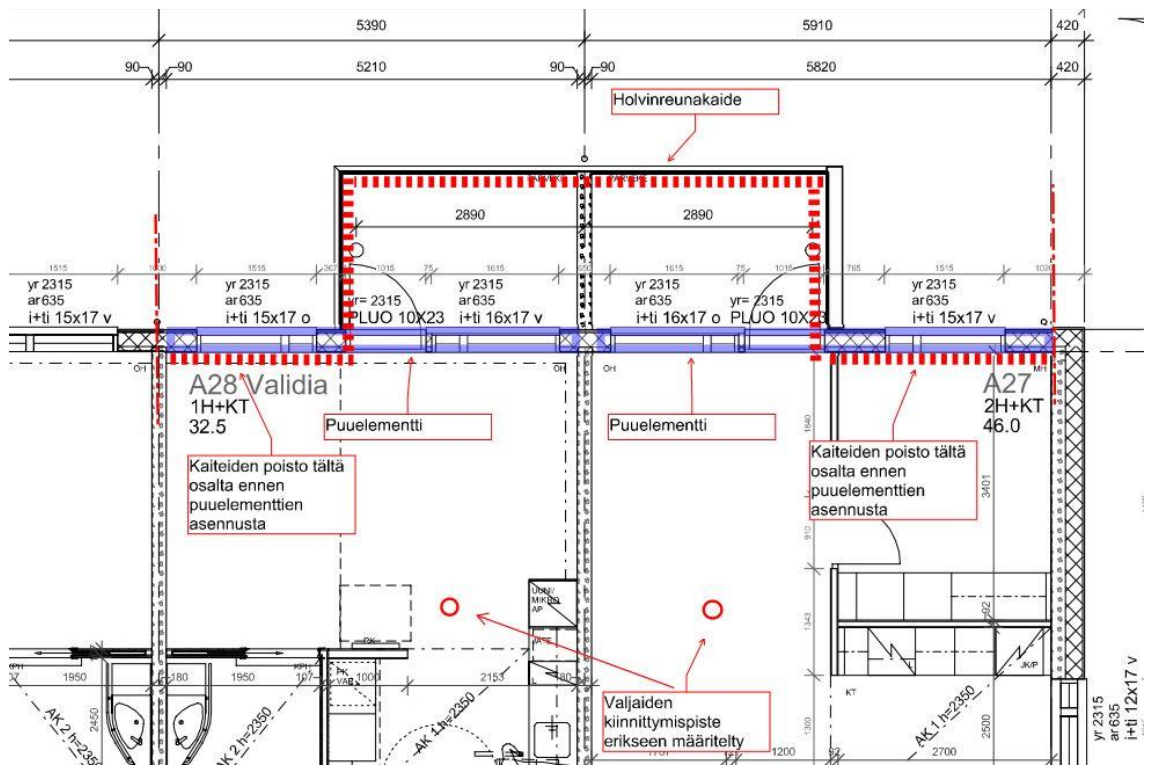
Kun kohteessa tehdään parvekkeiden taustaseinät paikallarakennettuina puurunkoisina seininä, mikä tarkoittaa myös sitä, että kohteessa on parvekelaatat, joiden päältä rungon ulkopuolisia töitä päästään suorittamaan. Jos parvekelaatat ovat samassa linjassa muiden asuntojen kanssa, ei putoamisvaaraa ole mahdollista syntyä parvekkeiden välillä. Useimmiten parvekkeiden laattaelementtien yhteydessä ja kantavan rungon noustessa asennetaan myös huoneistoja rajaavat betoniset pieliementit parvekkeille, jolloin kulku asuntojen välillä estyy kokonaan eikä siltä osin putoamissuojauksesta tarvitse huolehtia. Paikallarakentamisen yhteydessä parvekelaatoille jää siis yleensä ainoastaan laatan toinen sivu työturvallisuuden kannalta suojaamattomaksi. Useissa parveketapauksissa voi

suojaamatta olla kuitenkin myös joko toinen lyhemmästä syrjästä tai molemmat. Yleisesti näillä parvekkeilla käytetään putoamissuojauksena holvinreunakaiteita sekä kaidemateriaalina puutavaraa (kuva 15). Jos parvekelaatan rakenteesta tai rakennustavasta johtuen koukkupääkaiteita ei voida asentaa, käytetään vastaavia parvekelaatan päälle kiinnitettäviä pulttikiinnitteisiä pinta-asennuskaiteita. Jotta välttyttäisiin putoamisvaaralta kaiteita sekä johteita asennettaessa, on kaiteet helppoa ja suositeltavaa asentaa jo maassa juuri ennen parvekelaatan ylös nostamista. Näin ei tarvitse laatan asennuksen jälkeen kurkotella parvekelaatan reunalla asentamassa kaiteita henkilökohtaisten putoamissuojavarusteiden kanssa.



Kuva 15. Putoamissuojaus, paikallarakennettu puurunko tai puuelementti.

Jos parvekkeiden taustaseinät toteutetaan puuelementeillä, pätee siihen samat työturvallisuuden liittyvät asiat ja putoamissuojausvaatimukset kuin paikallarakennettujen puurunkojen kohdalla (kuva 15). Edellä mainittu kohta pätee siinä tilanteessa, jossa parvekkeiden asennus kantavan rungon yhteydessä on toteutettu niin kuin paikallarakennettujen puurunkojenkin yhteydessä. Tämä tarkoittaa siis sitä, että ennen puuelementtien asennusta tulee parvekelaatat olla asennettu puuelementtien vaatimassa laajuudessa. Näin ollen putoamissuojauksena toimii parvekelaatan reunoille asennetut reuna-kaiteet (kuva 15, 16). Samat työturvallisuusseikat eivät enää päde tilanteessa, jossa kantavan betonirungon ja parvekelaattojen välistä asennusjärjestystä on muutettu, eikä tilanteessa jossa parvekerakenteita ei ole lainkaan seinän osuudella, johon puuelementit asennetaan.



Kuva 16. Putoamissuojaus, parvekelaatat ja puuelementti.

Puurunkoiset ei-kantavat seinät voidaan suunnitella toteutettavaksi parvekkeiden taustaseinien lisäksi myös kantavan rungon ei-kantaville osille, joissa ei ole parvekerakenteita. Kerrostalon kantava betonirunko on yleensä suunniteltu samansuuntaiseksi, jolloin ei-kantavat sivut johon puurunkoja suunnitellaan, ovat rakennuksen vastakkaisilla syrjillä. Tämä tarkoittaa, että seinästä ei tule ulospäin ulkonevia rakenteita lainkaan ja näin ollen paikalla rakennettu puurunko on mahdotonta toteuttaa. Nämä aukot ovat kuitenkin elementoitavissa puurungoilla niin kuin muutkin aukot. Elementeillä toteuttaminen vaatii ja sen mahdollistaa se, että elementtien kiinnitys tapahtuu vain ja ainoastaan rungon sisäpuolelta. Puuelementit voidaan edellä mainitussa tilanteessa asentaa joko samaa tahtia kantavan betonirungon kanssa tai vastaavasti vasta, kun betonirunko on nostettu ylös ja vesikatto asennettu.

Samaa tahtia kantavan rungon kanssa asennettavat puuelementit asennetaan yleisimmin vasta ylemmän kerroksen välipohjaholvin valmistuttua. Näin ollen puuelementti saadaan heti välipohjan valmistumisen jälkeen asennettua kahden välipohjalaatan väliin.

Puuelementit voidaan asentaa myös kantavan rungon ja vesikaton valmistuttua seinille joissa ei ole parvekkeita. Putoamissuojauksen järjestäminen ei oleellisesti poikkea tilanteesta, jossa elementit on asennettu samaa tahtia kantavan rungon noustessa (kuva 17). Avonaiset reuna-alueet tulee olla suojattu holvinreunakaiteilla koko kantavan rungon työn aikana siihen asti, kunnes puuelementtien asennus aloitetaan. Kaiteiden purku ennen elementtien asennusta sekä itse puuelementtien asennus suoritetaan niin kuin edellisessäkin tilanteessa valjastyöskentelynä.

Huolimatta edellä mainituista asioista työturvallisuuden järjestämisestä sekä putoamisen estämisestä tulee tarkempi putoamissuojaussuunnitelma tehdä erikseen jokaisen hankkeen kohdalla. Hankekohtaisen putoamissuojaussuunnitelman kohdalla tulee ottaa huomioon juuri kyseisen kohteen erityispiirteet sekä mahdolliset vaaranpaikat. Lisäksi suunnitelmassa tulee ottaa huomioon kantavan rungon ja puuelementtiasennuksen keskinäiset riippuvuudet sekä molempien työjärjestyksestä mahdollisesti syntyvät työturvallisuusriskit. Edempänä mainittiin puuelementtien ja kantavan rungon välisistä riippuvuuksista sekä työjärjestyksestä.

Työjärjestys on kuitenkin suunniteltava kohdekohtaisesti ottaen huomioon erityispiirteet, jotka vaikuttavat työn etenemiseen. Puuelementtien suunnitteluun, toteutukseen sekä työjärjestyksen suunnitteluun vaikuttaa suuresti myös esim. välipohjien toteutustapa, puurunkojen asennustapa kantavaan runkoon sekä kantavien väliseinien toteutustapa.

Tapaturmavaarat, joihin puuelementtiasennuksen aikana tulee kiinnittää huomiota:

- elementtien siirroissa, nostoissa tai asennuksen aikana nostopisteiden pettäminen ja elementin putoaminen
- elementtien asennuksen aikana henkilöputoamisvaara tai puristumisvaara elementin ja olemassa olevien rakenteiden väliin
- elementin asennuksen aikana elementin kaatumis- ja putoamisvaara
- kovan tuulen aiheuttamat mahdolliset vaaratilanteet elementtien asennuksen aikana.

Vaadittavat toimenpiteet tapaturmien ehkäisemiseksi elementtiasennuksessa ovat:

- varmistetaan nostokoukkujen kiinnitys ja oikeat nostokohdat
- mahdollisessa putoamisvaaratilanteessa käytetään asennuksen aikana henkilökohtaisena putoamissuojavarusteena turvavaljaita

- mikäli väliaikaisia putoamissuojauksia kuten kaiteita joudutaan väliaikaisesti poistamaan, eristetään reuna-alue ja estetään kulku sekä asennetaan putoamissuojaus välittömästi asennuksen päätyttyä takaisin paikoilleen
- ei suoriteta elementtiasennuksen nostoja kovalla tuulella
- elementtiä asennettaessa ei tehdä väliaikaisia kiinnityksiä vaan tehdään lopullinen kiinnitys välittömästi
- mikäli jostain syystä joudutaan edellisestä kohdasta poikkeamaan, tulee riski arvioida ja väliaikainen kiinnitys toteuttaa sillä periaatteella, että elementin vakaavuus säilyy huolimatta suuremmista osumista tai vallitsevista tuuliolosuhteista.

Väliaikaiset putoamissuojaukset puretaan pois aina vasta, kun lopulliset rakenteet ovat täysin valmiit. Valmiilla lopullisella rakenteella tarkoitetaan kaidetolpistusta tai -lasitusta parvekkeella tai muulla reuna-alueella. Jos puurunkojen paikalla- tai elementtirakentamisen yhteydessä ilmenee avonaisia aukkoja holvi- tai parvekepinnoilla, tulee ne suojata umpinaisilla riittävän vahvaisilla levyillä niin, että paikoiltaan poisliukuminen on estetty. Tilanteessa, jossa suurempia aukkoja ei pystytä suojaamaan edellä mainituilla aukkosuojilla, on aukkoon asennettava kaiteet määräysten mukaisesti.

5 PUUELEMENTTISEINIEN TOTEUTUS

Nykyisin puuelementtien rakentamista ohjaa puurakentamisen teollisuusstandardijärjestelmä RunkoPES. RunkoPES-järjestelmän avulla on mahdollista suunnitella erilaisia seinärakenne- ja välipohjaratkaisuja. RunkoPES-ratkaisuja suunniteltaessa on kiinnitettävä huomiota laadun ja kriittisten työvaiheiden hallintaan, kuten esimerkiksi tiivistykseen. RunkoPES tasa-arvoistaa eri toimittajia, sillä se pakottaa eri toimittajat rakentamaan liitokset ja elementit suurin piirtein samalla tavalla ja antaa yhtenäiset kriteerit suunnittelun ja toteutuksen laadulle. RunkoPES määrittää elementeille omat liitännät muun muassa nurkkien ja kantavien seinien osalta. (RunkoPES)

Suomen rakentamismääräyskokoelma määrittelee rakentamista koskevia edellytyksiä ja olennaisia teknisiä vaatimuksia. Rakentamismääräyskokoelma on ympäristöministeriön asettama, joten se velvoittaa elementtirakentajia toimimaan määräyksen ohjeiden mukaisesti. Rakentamismääräyskokoelmasta löytyy vaatimukset rakenteille niin palo-, äänen- että lämmöneristyksen suhteen. (Suomen rakentamismääräyskokoelma)

RunkoRYL määrittelee vaadittavan laadun runkotöille. Se antaa tarvittavat laatuvaatimukset muun muassa puuelementtien suoruudelle, elementteihin käytettävän puun lujuusluokituksille sekä elementtien asennuksille.

Puuelementtien asennusajankohdan sijoittuminen vesikaton valmistumisen jälkeiseen aikaan hankaloittaa asennustyötä ja vaatii erityistä suunnittelua. Asennus ei ole mahdollista, mutta se kuitenkin vaatii erityisjärjestelyjä kohteen luonteesta riippuen. Puuelementtien asennukseen liittyvät erityisjärjestelyt johtuvat siitä, että parvekkeiden taustaseinien elementtejä ei käytännössä pystytä enää asentamaan parvekkeiden asennuksen jälkeen. Yleensä parvekkeet ja parvekepielet asennetaan sitä mukaan, kun kantava betonirunko nousee ylöspäin. Parvekkeettomien seinien elementtien asennuksessa ei ole vastaavaa ongelmaa.

Parvekkeen taustaseinien puuelementit on tietyissä tapauksissa mahdollista asentaa vielä parveke-elementtien jälkeen. Ensimmäisessä tapauksessa asennuksen mahdollistaminen vaatii sen, että kohde on riittävän pieni kerrosmäärältään, parvekkeiden syvyys on mahdollisimman pieni ja tontilla on riittävästi tilaa niin, että elementtien asennus onnistuu kohtisuoraa parvekkeen suunnasta esim. kurottajalla tai vastaavalla työhön soveltuvalla nostokoneella. Kyseinen toteutustapa on aikaa vievä, kallis ja todellisuudessa

hankala toteuttaa suuremmissa kohteissa. Edellä mainittujen asioiden valossa kyseinen toteutustapa ei ole kovin varteenotettava vaihtoehto asentaa puuelementtejä suurissa kohteissa ja ahtailla tonteilla. Kun puhutaan kerrosmäärältään pienestä kohteesta, jonka tontilla on riittävästi tilaa, voidaan tapauskohtaisesti edellä esitettyä vaihtoehtoa harkita.

Toinen mahdollinen tilanne, jossa puuelementit on asennettavissa parvekkeiden taustaseiniksi vielä kantavan rungon ja vesikaton rakentamisen jälkeen, on asentaa parvekelaatat, pilarit ja parvekkeiden piellelementit vasta viimeisenä kantavan rungon jälkeen. Tämä toteutustapa mahdollistaa sen, että parvekkeiden taustaseinien puuelementit asennetaan torni- tai autonosturilla normaaliin tapaan. Samalla puuelementtien asennuksen yhteydessä asennetaan parvekelaatat, -pilarit ja parvekkeiden piellelementit. Puuelementtien ja parvekkeiden asennus kulkee samaa tahtia ylöspäin. Puuelementit asennetaan ensin ja vasta sen jälkeen parvekerakenteet. Kohteen luonteen ja parvekerakenteiden perusteella tulee rakennesuunnittelijalta selvittää, onko kohde mahdollista toteuttaa kyseisellä tavalla. Parvekelaattojen ja piellelementtien tulisi olla sellaisia, että ne voidaan jälkikäteen ankkuroida tai saranoida kiinni kantavaan runkorakenteeseen. Tämä tarkoittaa siis sitä, että kantavan rungon rakennusvaiheessa tulisi parvekelaattojen kiinnitys tai saranointi olla tehty varauksena tai valmiina mekanismina kantavaan betonirunkoon, johon laatat voidaan myöhemmässä vaiheessa suoraan kiinnittää. Piellelementit kiinnittyvät alemman ja ylemmän parvekelaatan välille, joten niiden kiinnittymistä kantavaan runkoon ei tarvitse erikseen huomioida. Jos ylimmän kerroksen parvekkeiden piellelementtien päälle ei tule enää parvekelaattaa vaan jokin muu kevyt katosrakenne, tulee tässä tapauksessa piellelementtien kiinnittyminen kantavaan runkoon selvittää kohteen rakennesuunnittelijalta. Kohteen luonteesta riippuen on rakennesuunnittelijalta myös hyvä selvittää, olisiko kaikki puuelementit mahdollista asentaa ensin heti kantavan rungon ja vesikaton valmistuttua, ja vasta tämän jälkeen parvekerakenteet, vai tuleeko puuelementtien ja parvekkeiden asennuksen kulkea samaa tahtia ylöspäin.

Edellä mainitulla toteutustavalla on mahdollista asentaa kaikki puuelementit yhdellä kertaa ja näin ollen avonaiset rakenteet saadaan umpeen nopealla aikavälillä. Nopean aikavälin asennuksella vältetään elementtien kastumiselta ja vältetään ylimääräisiltä suojuksilta. Nopealla asennuksella tulisi välttyä puuelementtien ylimääräiseltä suojukselta, mutta tästä huolimatta normaalit suunnitellut suojaustoimenpiteet tulee suorittaa, jotta vältetään kosteuden vaikutukselta. Jos normaalit suunnitellut suojaustoimenpiteet eivät tehoa asennuksen edetessä, on jo hyvissä ajoin syytä aloittaa ylimääräisten suojaustoimenpiteiden suunnitteleminen ja toteuttaminen.

Tutkimuksen yhtenä tavoitteena oli tarkoitus suunnitelluttaa tai suunnitella toimeksiantajan käyttöön puuelementteihin liittyvät tyypileikkaukset sekä -detaljit. Suunnitelmat oli tarkoitus saada sekä ontelolaattakohteesta että paikallavalukohteesta. Tyypikuvien tarkoituksena olisi toimia hankkeen alkuvaiheessa suunnittelunohjauksen työkaluna tapauksessa, jossa kohteen puuseinät aiottaisiin toteuttaa puuelementeillä.

Tämän tutkimuksen aikana toimeksiantajalla on käynnistynyt kohteita, joissa kantamatomat puuseinät toteutetaan puuelementeillä. Kohteisiin on hankkeen omien rakennesuunnittelijoiden toimesta suunniteltu hankekohtaiset leikkaukset ja detaljit puuseinien toteuttamisesta puuelementeillä. Tyypisuunnitelmat ovat ontelolaattakohteista, joissa puuseiniin liittyy osittain parvekerakenteita ja osittain ei. Tämän tutkimuksen edetessä tarkoituksena oli suunnitelluttaa tyypipiirustukset ontelolaattakohteen lisäksi paikallavalukohteesta, parvekerakenteilla sekä ilman. Työn edetessä todettiin kuitenkin jo olemassa olevien tyypikuvien olevan päteviä sekä elementti- että paikallavalukohteessa, joten niitä ei alkuperäisten pohjalta lähdetty muuttamaan tai korjaamaan. Lisäksi käynnissä olevien kohteiden puuelementteihin liittyviä suunnitelmia oli työstetty jo pitkään ja kyseisiin kohteisiin sopiviksi, joten tilanteessa ei nähty järkeväksi tehdä suunnitelmia uudestaan. Tulevaisuudessa jo olemassa olevia suunnitelmia on mahdollista työstää kohteen erikoispiirteiden ja kantavan runkorakenteen mukaan. Suunnitelma on pätevä paikallavalukohteessa, jossa on tai ei ole parvekerakenteita sekä elementtikohteessa parvekkeiden kanssa tai ilman. Suunnitelmaa ei ole mahdollista hyödyntää kohteessa, jossa parvekkeet on toteutettu ulokeperiaatteella. Ulokeparvekkeiden käyttäminen yhdessä puuelementtien kanssa ei normaalissa tapauksessa ole edes mahdollista. Kohteiden käytössä oleva puuelementtien tyypikuva esitellään liitteessä 1. Tyypikuva ei ole dokumentti, jolla puuelementtitehdas toteuttaa kohteen puuelementit, vaan ainoastaan elementtitehdasta ohjaava suunnitelma, jonka perusteella tehdas tekee omat puuelementtejä koskevat suunnitelmansa. Puuelementtitoimittaja hyväksyy tekemänsä suunnitelmat tilaajalla ennen tuotantoon panoa.

6 KUSTANNUSVERTAILU JA AIKATAULUT

6.1 Kustannuksien muodostuminen

Yleisimmin rakennuksen kustannukset muodostuvat suoritteiden hinnoittelusta ja työmaateknisistä kustannuksista. Suoritteet hinnoitellaan panoslajeittain kuitenkin siten, että suoritteiden lopullinen yksikkökustannus sisältää kaikki ne työ- ja hankintakustannukset, joiden suuruuteen suoritemäärän muutokset vaikuttavat. Suoritteiden yksikköhinta voidaan laskea suoraan suoritteiden panosrakenteen avulla. Kokonaiskustannus saadaan kertomalla suoritemäärä suoritteiden yksikköhinnalla. Tällöin suoritteiden yksikkökustannus on suoritteiden panosten yksikkökustannusten summa. Tavoitteena on, että työn ja hankintojen osuudet pystyttäisiin erottelamaan. Yksikkökustannusta laskettaessa käytetään avuksi seuraavia panoslajeja: työpanos, tarvikepanos, aliurakka- ja kalustopanosa. Työpanokseksi lasketaan palkat ja sosiaalikulut, jotka rakennusliike maksaa työmaan tunti- ja urakkapalkkaisille työntekijöille. Työkustannuksia ovat kaikki palkanlaskennasta työmaalle kohdistuvat kustannukset. Kuukausipalkat käsitellään muuna panoksena. Tarvikepanokseen lasketaan kaikki ne rakennusaineet ja tarvikkeet, jotka tuodaan valmiina työmaalle. Tarvikepanokseen kuuluu tavaroiden rahtimaksut työmaalle. Aliurakka-panos sisältää niin aliurakka- kuin tehdyn työn kuin siihen tarvittavat tarvikkeet. Kalustopanokseen lasketaan koneiden ja käytettävän kaluston kustannukset. Jos koneen mukana tulee koneenkuljettaja, se lasketaan mukaan kalustopanokseen. Suoritteet hinnoitellaan saman hinnoittelukuukauden aikana, joten kaikki työt, hankinnat, tilaukset ja sopimuksen ovat samassa hintatasossa. Tämän ansiosta kaikki laskelmat ovat mahdollisimman vertailukelpoisia ja kustannusten muutos voidaan arvioida. (Enkovaara 2008)

Rakenteiden yksikkökustannuksiin vaikuttavat mm. rakennuskohteen tai rakennusosan koko, niiden suhteellinen määrä koko kohteeseen nähden, kohteen olosuhteiden vaikeus ja kohteen maantieteellinen sijainti. Maantieteellisen sijainnin vaikutus näkyy lähinnä työ- kustannuksia laskettaessa. Tyypillisesti työmenekit laskevat, kun suoritemäärä kohteessa kasvaa. Työn laskelmissa käytetään RATU-työmenekkitietoja, jotka on kerätty pääasiassa isoista ja ammattimaisesti toteutetuista kohteista. Työssä tehdyissä laskelmissa ilmoitetut ja käytetyt euromääräiset summat ovat arvonlisäverottomia. (Enkovaara 2008)

Kootut työmenekit on testattu toteutuneiden kohteiden avulla, ja ne vastaavat hyvän rakennustavan mukaisia menetelmiä sekä työn tuottavuutta. Laskelmissa käytetyt työmenekit voivat poiketa todellisista mm. kohteen ominaisuuksien, suoritemaerien, olosuhteiden tai työryhmän mukaan. Laskelmissa on käytetty kokonaisaikaa eli T4-aikaa, joka sisältää kaikki työhön käytetyt tunnit, myös keskeytykset ja työhön liittyvät siirrot. T4-aika saadaan, kun T3-työvuoroaika kerrotaan TL3-lisäaikakertoimella. Kerroin vaihtelee työlajista riippuen 1,0–1,30. Tämän työn laskelmissa paikallarakennetun puurungon kohdalla käytetään kertoimena 1,15 ja puuelementtiasennuksen kohdalla 1,10. Mallilaskelmissa työkustannusten yksikköhintana käytetään oletettua urakkasuorituksena tehtävän työn tuntihintaa. Laskelmissa ei voida käyttää normaalia Ratu-tiedostojen antamaa rakennusammattimiehen tuntiansiota, sillä tilaajalla ei ole omia työntekijöitä. (Enkovaara 2008)

Materiaalikustannukset muodostuvat materiaalimenekeistä ja -hinnoista. Materiaalimenekkeihin on laskettu teoreettiset menekit M2 sekä kokonaishukat. Kokonaishukkana käytetään materiaalihukkien summaa ML5. Laskelmissa käytetään todellisia tilaajalle toteutuneita materiaalikustannuksia. Materiaalihintoihin vaikuttaa mm. kertaostojen suuruus sekä asiakassuhteet.

Kustannusvertailu paikallarakentamisen ja puuelementtirakentamisen välillä tehdään Kupittaa settlementtiasuntojen kohteesta, ja vertailuun sisällytetään koko kohteen puurunkoiset taustaseinät. Settlementtiasuntojen lisäksi vertailuun otetaan mukaan myös tilaajan toinen aluerakentamiskohde Skanssin alueella. Skanssin kohteesta tehdään yhtäläinen vertailu paikallarakentamisen ja puuelementtoinnin välillä. Skanssin vertailua ei suoriteta todellisilla seinän neliömäärillä, mutta keskinäinen vertailu huomioi kuitenkin tämän. Laskelmissa otetaan huomioon olemassa olevat todelliset puuelementtien hinnat, jolloin vertailusta saadaan todenmukainen.

Settlementtiasuntojen kaikki puuseinät eivät ole toteutettavissa paikalla rakentamalla. Tästä huolimatta otetaan ne laskelmissa huomioon. Paikallarakennetun puurungon rakentamisesta parvekkeettoman seinän osuudelle syntyy niin paljon kustannuksia, ettei sitä voida enää pitää järkevänä toteutusvaihtoehtona. Kustannuksia syntyy, kun puurunkoa ei päästä rakentamaan suoraan parvekelaatan päältä, vaan työ jouduttaisiin suorittamaan esim. telineiltä. Samassa yhteydessä haasteelliseksi muodostuu työturvallisuuden järjestäminen. Kyseiset parvekkeettomat seinän osuudet olisi mahdollista toteuttaa

menetelmällä, jossa ne rakennettaisiin työmaaolosuhteissa valmiiksi elementeiksi haluttuun valmiusasteeseen saakka. Tätä menetelmää ei tämän työn laskelmissa kuitenkaan oteta huomioon.

Kohteesta Kupittaaan Settlementtiasunnot lasketaan parvekkeiden taustaseinien puurunkojen neliömäärät, joita hyödynnetään sekä paikallarakennetun rungon että elementtien kokonaiskustannuksia laskiessa. Neliömäärät lasketaan olemassa olevien arkkitehtikuvien pohjalta. Lisäksi kohteen kaikista puuelementeistä on olemassa tarjoushinta, jota pystytään hyödyntämään tämän työn laskelmissa.

Skanssin kohteesta ei lasketa todellisia puuseinien määriä, vaan laskelmissa käytetään paikalla rakentamisen ja puuelementoinnin kohdalla 1 000 neliömetrin suuruista kokonaisuutta. Edellä mainittu määrä otetaan huomioon laskettaessa puuelementtiasennuksen työkustannuksia sekä paikalla rakentamisen materiaali- ja työkustannuksia.

Työn osuus paikallarakennetun puurungon ja elementtiasennuksen osalta on laskettu Ratu-tiedostojen mukaan.

6.2 Puuelementtirakentaminen

6.2.1 Aikataulu

Kohteessa, jossa parvekkeiden taustaseinät tai muut kantamattomalla rungon osuudella olevat rungot ovat toteutettu puuelementein, on niiden asennus yleensä aikataulutettu kulkevan yhtäaikaaisesti muun kantavan rungon kanssa. Kantavan rungon ollessa paikalla laalettu tai betonielementeistä, on puuelementit asennettava useimmiten ennen seuraavan kerroksen holvin valua tai ontelolaatta-asennusta. Puuelementtien asennus on viimeisin työvaihe ennen seuraavan kerroksen välipohjan tekoa, joten kantavat betonielementit tulee olla ennen sitä valettu tai vaihtoehtoisesti betonielementit asennettu. Tilanteessa, jossa puuelementit kulkevat omana runkolinjana kantavan rungon ulkopuolella, eikä elementtejä siis asenneta holvien väliin, voidaan ne asentaa vasta ylemmän holvin valmistumisen jälkeen tai myöhemmässä vaiheessa.

Toinen tapa ja mahdollisuus on ajoittaa paikallarakentamisen tai puuelementtien asennuksen aloitusajankohta niin pitkälle, kunnes kohteen vesikatto sekä muut mahdolliset vedeneristettävät vaakapinnat ovat valmiita ja vedenpitäviä. Tässä tapauksessa sisävalmistusvaiheen töiden aloitusajankohta venyy siinä määrin missä puuseinien asennuskin.

Puuseinien rakentaminen heti kantavan rungon perässä johtuu yleensä koko hankkeen lyhyestä rakennusajasta, jolloin puurunkojen rakennus on aloitettava heti kantavan rungon jälkeen. Niiden valmistumisen johdosta päästään myös nopealla aikataululla kiinni sisävalmistusvaiheen töihin. Järkevillä kosteudenhallinnan ratkaisuillakaan ei aina päästä asemaan ja tilanteeseen, jossa jo rakennettuihin puuseiniin tai elementteihin ei pääsisi kosteutta ja syntyisi kosteusvaurioita. Puuseinien aloituksen ajoittamisella vesikatkon valmistumiseen asti säästytään edellä mainituilta kosteusongelmilta lähes 100-prosenttisesti.

6.2.2 Kustannukset

Puuelementtirakentamisen kustannuksissa on huomioitu elementtien rahat, asennus ja siihen liittyvät työt. Puuelementtiasennuksen sisältämissä kustannuksissa on huomioitu asennukseen liittyvistä nostoista johtuvat työkustannukset asennusryhmän osalta, mutta nostokaluston, kuten autonosturin tai torninosturin, osalta ei. Nostokaluston on oletettu olevan kantavan rungon elementtiasennuksen aikana joka tapauksessa työmaan yhteiskäytössä, joten ylimääräisiä kustannuksia ei sen osalta synny. Erikseen on kuitenkin arvioitava, rasittaako puuelementtiasennus muuta työmaan toimintaa niin, että se siltä osin vaikuttaisi asennuskustannuksiin. Jos autonosturi joudutaan erikseen varta vasten puuelementtiasennusta varten työmaan käyttöön hankkimaan, tulee erikseen huomioida siitä syntyvät kustannukset. Jos tilanteeseen joudutaan, tulee kokonaiskustannusten noususta johtuen verrata puuelementointia paikallarakentamisen kokonaiskustannuksiin uudestaan. Elementtitekniikassa suurin menoerä aiheutuu itse elementtihankinnasta. Toiseksi suurin osuus syntyy autonosturista tai muusta nostokalustosta, jos se joudutaan varta vasten erikseen puuelementtiasennukseen hankkimaan. Kolmanneksi suurin kulu syntyy elementtien kuljetuksista syntyvistä rahdeista, elementtitehtaan ja työmaan välisestä välimatkasta. Ylimääräisiä kustannuksia syntyy lisäksi, jos joudutaan useasti kuljettamaan vajaita toimituksia rahtikaluston kapasiteettiin nähden.

Kupittaaan Setlementtiasuntojen kohteesta tilaaja on tehnyt toimitussopimuksen puuelementtitoimittajan kanssa kohteen kaikista puuseinäelementeistä. Puuelementtitoimituksen kokonaistoimitushinta on noin 82 000 €, sisältäen rahat kohteeseen. Toimitussopimus ei luonnollisesti sisällä elementtien asennusta. Puuelementtejä kohteessa on yhteensä noin 1 200 m² joiden perusteella puuseinän neliöhinnaksi muodostuu noin 68 €/m². Normaalin toimitussisällön lisäksi toimitukseen sisältyy puuelementin ulkopuolen

suojaus telinepeitteellä, reikävanteet puuelementin yläpinnassa k800-jaolla, solukumitiivisteiden asennus valmiiksi elementin ylä- ja alapäähän sekä tilaajan toimittamien ikkunoiden kiinnitys ja tiivistys.

Kohteeseen toimitettavien puuelementtien seinärakenne sisältäpäin lueteltuna on seuraava:

- kipsilevy 13 mm GEK
- 48x48 pystykoolaus
- mineraalivilla 50 mm
- höyrynsulkumuovi
- runko 42x173 mm
- mineraalivilla 175 mm
- tuulensuojakipsilevy 9 mm, saumat teipattuna.

Puuelementtien asennuksen työkustannusosuutta ei ole pystytty erottelemaan koko runkourakan urakkahinnasta, joten molempien kohteiden, sekä Setlementtiasuntojen että Skanssin osalta puuelementtiasennuksen työkustannusten yksikköhintana käytetään 45 €/h. Elementtiasennuksen työkustannuksia laskettaessa käytetään T-3-menekin TL-3 lisäkertoimena 1,10, ja näin ollen kokonaismenekkinä T4-menekkiä. Setlementtiasuntojen elementtiasennuksen työkustannukset on laskettu taulukossa 1.

Taulukko 1. Setlementtiasuntojen puuelementtiasennuksen työkustannus.

| TYÖ | T-4menekki (tth/m²) | Määrä (m²) | Kok.menekki (tth) | Eur/h | Yht. eur alv. 0 % |
|--|---|----------------------------------|------------------------------|--------------|------------------------------|
| Aloittavat työt, mittaukset yms. | 0,03 | 1200 | 36 | 45 | 1620 |
| Alajuoksun asennus ja kiinnitys | 0,02 | 1200 | 24 | 45 | 1080 |
| Elementtien asennus, kiinnitys ja tiivistys | 0,08 | 1200 | 96 | 45 | 4320 |
| Ylläpitävät työt | 0,02 | 1200 | 24 | 45 | 1080 |
| Lopettavat työt | 0,01 | 1200 | 12 | 45 | 540 |
| YHTEENSÄ | 0,16 | 1200 | 192 | 45 | 8640 |

Setlementtiasuntojen puuelementtien asennuksen kokonaiskustannukseksi laskelman mukaan muodostuu 8 640 € (alv. 0 %). Kun asennuksen kokonaiskustannus jaetaan elementtien neliömäärällä, saadaan puuelementtien asennuskustannukseksi 7,2 € yhtä elementtinieliötä kohden. Kun työkustannus neliötä kohden sekä elementtitoimituksesta saatava neliöhinta lasketaan yhteen, muodostuu valmiin puuelementtiseinän kokonaiskustannukseksi yhteensä 75,2 €/m². Puuelementtiseinän neliöhintaa tarkasteltaessa sekä muihin vertailtaessa tulee ottaa huomioon toimitussisällön sekä puuelementin rakenteen vaikutus sen hintaan. Setlementtiasuntojen kohdalla puuelementtiasennuksen työn kokonaismenekiksi tuli laskelman mukaan yhteensä 192 tth.

Skanssin kohteisiin on tehty puuelementtien toimitussopimuksia kahdesta eri rakennetyypistä. Rakennetyypit ovat keskenään erilaisia sekä sisältöisiä. Molemmille rakennetyypeille on olemassa yksikköhinta €/m², sisältäen rahdit. Molemmille rakennetyypeille on laskettu puuelementtien asennustyön kustannus, tämän lisäksi molemmista on laskettu erikseen paikallarakentamalla tehtyjen puurunkojen kustannukset. Paikalla rakennettujen puurunkojen kohdalla on huomioitu erikseen materiaali- ja työkustannukset niin kuin Setlementtiasuntojenkin laskelmissa. Skanssin kohteissa on eri määrä rakennetyypistä kussakin kohteessa, joten niiden todelliset neliömäärät eivät kohtaa tämän työn laskelmien kanssa. Tässä työssä käsiteltävien kahden eri rakennetyypin kohdalla on molemmissa käytetty vakiona 1 000 neliömetrin suuruista puuelementtiosuutta. Jotta tulokset pysyisivät vertailukelpoisina, käytetään samaa määrää hyväksi laskiessa paikalla rakentamisen kustannuksia vastaavista rakennetyypeistä. Skanssin puuelementtitoimitusten rakennetyypit on lueteltu jäljempänä. Rakennetyypin normaalin sisällön lisäksi yksikköhinta sisältää elementtien väliset eristenaumat, reikävanteen elementin yläpäähän k800-aolla, elementtien suojauksen sen molemmin puolin sekä tilaajan toimittamien ikkunoiden asennuksen ja tiivistyksen. Skanssin puuelementtiasennuksen työkustannukset on laskettu taulukossa 2.

Rakennetyyppi 1: 70 €/m²

- 48x48 koolaus
- mineraalivilla 50 mm
- höyrinsulkumuovi ja teippaus
- 48x173 runko
- tuulensuojalevy 9 mm
- 22x100 koolaus

Rakennetyyppi 2: 98 €/m²

- 48x48 koolaus
- mineraalivilla 50 mm
- höyrinsulkumuovi ja teippaus
- 48x173 runko
- tuulensuojalevy 9 mm
- 22x100 koolaus
- 23x145 panelointi, pohjamaalattu

Taulukko 2. Skanssin puuelementtiasennuksen työkustannus.

| TYÖ | T4-menekki (tth/m ²) | Määrä (m ²) | kok.menekki (tth) | Eur/h | Yht. eur alv. 0 % |
|--|-------------------------------------|----------------------------|----------------------|-----------|----------------------|
| aloittavat työt, mit- taukset yms. | 0,03 | 1000 | 30 | 45 | 1350 |
| alajuoksun asennus ja kiinnitys | 0,02 | 1000 | 20 | 45 | 900 |
| elementtien asen- nus, kiinnitys ja tii- vistys | 0,08 | 1000 | 80 | 45 | 3600 |
| ylläpitävät työt | 0,02 | 1000 | 20 | 45 | 900 |
| lopettavat työt | 0,01 | 1000 | 10 | 45 | 450 |
| YHTEENSÄ | 0,16 | 1000 | 160 | 45 | 7200 € |

Skanssin puuelementtien asennuksen kokonaiskustannukseksi muodostuu taulukon laskelmien mukaan yhteensä arvonlisäverottomana 7 200 €. Kokonaiskustannus asennustyöstä jaettuna laskelmissa käytetyllä vakiomäärällä saadaan asennustyön hinnaksi 7,2 € yhtä elementtinieliötä kohden. Kustannus asennustyöstä on siis saman verran kuin Setlementtiasuntojenkin elementtiasennuksessa. Rakennetyypille 1 muodostuu kokonaishinnaksi yhteensä 77,2 €/m², kun otetaan huomioon puuelementtitoimitus sekä asennus. Vastaavasti rakennetyypille 2 muodostuu kokonaishinnaksi 105,2 €/m².

6.3 Paikallarakentaminen

6.3.1 Aikataulu

Paikallarakennettu puurunko on yleisimmin aikataulutettu niin, että ne tulevat tehtäväksi samanaikaisesti kantavan betonirungon noustessa ylöspäin. Puurungot voivat kulkea betonirungon perässä muutamasta viikosta eteenpäin aina pidempään aikaväliin. Vähimmäisaika betonirungon etenemisestä puurungon aloitukseen määräytyy käytännössä holvimuotin purkamisesta sekä holvin jälkituottojen poistamisesta syntyvästä aikavälistä. Paikallarakennettujen puurunkojen rakennusta ei kuitenkaan edellä mainituista asioista huolimatta kannata aikatauluttaa niin lähelle betonirungon etenemisen kanssa. Puurunkojen rakentamiseen vaadittavaa mestaa ei saada holvimuotin purusta johtuen järjestettyä niin nopealla aikavälillä ja niin, että runkojen rakentamisen aloitus olisi järkevää ja tuotannollisesti tehokasta. Lisäksi esim. lumi- tai vesisateen aiheuttamaa kosteusrasitusta alempiin kerroksiin ei todennäköisesti saada minimoitua niin pieneksi, ettei kosteusvaurioita syntyisi puurunkoihin. Jos puurunkoja rakennetaan samaa tahtia kantavan rungon noustessa tulisi järkevä aikataulullinen ero niiden välillä olla noin 2 kerrosta. Tällä 2 kerroksen matkalla saadaan mahdollinen sateen aiheuttama kosteus otettua kerrostasoilla kiinni, ennen kuin se johtuu rakennettaviin puurunkoihin asti. Lisäksi 2 kerroksen aikataululimityksellä saadaan järjestettyä puurunkojen vaatima mesta, materiaalit jne.

Paikallarakennettuja puurunkoja voidaan tehdä myös betonielementtikohteessa, jossa pelkästään välipohjat ovat elementeistä tai vaihtoehtoisesti kaikki, mukaan lukien kantavat väliseinät. Betonielementtikohteessa puurunkojen aloituksen ajankohta ajoittuu pit-

kähti samoihin aikoihin kuin paikallavalukohteessakin. Tarkoituksenmukaisella aikataullisella aikaistuksella betonielementtikohteessa voidaan päästä muutamaa viikkoa ennen rakentamaan puurunkoja kuin paikallavalukohteessa.

Paikallarakennettujen puurunkojen rakentaminen etenee samalla tavalla huolimatta siitä, onko rakentamisen aloitus kantavan rungon edetessä vai vasta vesikattotöiden valmistuttua. Paikallarakentamisen kohdalla toteutus vesikaton valmistuttua on yksinkertainen, sillä parvekkeet, parvekkeiden piellelementit ja muut ulkopuoliset rakenteet voidaan asentaa kantavan rungon edetessä ilman, että se vaikuttaa puurunkojen rakentamiseen millään tavalla.

6.3.2 Kustannukset

Paikallarakentamisen työkustannuksissa on huomioitu erikseen molempien kohteiden puuelementtitoimitusten ja puurungon rakenteen mukainen sisältö.

Paikallarakennetun puurungon materiaalikustannuksina käytetään tilaajalle toteutuneita todellisia kustannuksia.

Paikallarakentamisen materiaali- ja työkustannukset lasketaan samoilla määrillä ja sisällöillä kuin puuelementtirakentamisenkin kohdalla. Paikallarakentamisen kokonaiskustannukset saadaan laskemalla yhteen laskelmista saadut materiaalikustannukset sekä työkustannukset. Kokonaiskustannukset ovat vertailukelpoisia keskenään toisiinsa sekä puuelementtirakentamiseen nähden. Kokonaiskustannus ilmoitetaan laskelmista seinärakenteen neliöhintana €/m². Taulukossa 3 on laskettu Settlementtiasuntojen puuelementin seinärakenteella materiaalikustannukset paikalla rakentamalla. Materiaalime-nekeissä on otettu huomioon aukot, noin 20 %:n osalta koko seinärakenteesta. Materiaalikustannuksia laskiessa, on Settlementtiasuntojen suunnitelmista laskettu puuseinien kokonaismetrimäärä juoksumetreinä, jonka perusteella voidaan laskea materiaalime- nekkejä.

Taulukko 3. Setlementtiasuntojen paikallarakentamisen materiaalikustannus.

| MATERIAALI | Menekki | Yksikkö | Eur/yks. | Yht. eur alv. 0 % |
|-----------------------------|----------------|----------------|-----------------|------------------------------|
| kipsilevy 13 mm GEK | 1000 | m ² | 2,38 | 2380 |
| 48x48 k600 | 2000 | jm | 0,53 | 1060 |
| min.villa 50 mm | 1000 | m ² | 2,90 | 2900 |
| höyrynsulkumuovi | 1200 | m ² | 0,85 | 1020 |
| 48x173 k600 | 2000 | jm | 1,93 | 3860 |
| min.villa 175 mm | 1000 | m ² | 8,17 | 8170 |
| tuulensuojalevy 9 mm | 1000 | m ² | 2,68 | 2680 |
| YHTEENSÄ | - | - | - | 22 070 € |

Setlementtiasuntojen puuelementin rakenteella laskettuna syntyi paikallarakentamisen materiaalikustannuksiksi yhteensä 22 070 € (alv. 0 %). Materiaalien kokonaiskustannus jaettuna puuseinän bruttoneliömäärällä saadaan materiaalikustannus seinäneliötä kohden €/m². Neliökustannukseksi Setlementin seinärakenteella tulee noin 18,4 €/m². Paikallarakennetun puurungon kokonaishinta saadaan yhdistämällä materiaalikustannus sekä jäljempänä laskettava työkustannuksen osuus.

Myöskään paikallarakentamisen kohdalla ei ole työkustannuksen osuutta pystytty erottelemaan urakasta tai laskemaan kirvesmiehen tuntiansion mukaan, joten työkustannuksien yksikköhintana käytetään samaa 45 €/h kuin elementtiasennuksessaakin. Paikallarakentamisen työkustannuksia laskettaessa TL-3-lisäaikakertoimena käytetään 1,15. Paikallarakennettujen puurunkojen työkustannusosuus Setlementtiasunnoista on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4. Setlementtiasuntojen paikallarakentamisen työkustannus.

| TYÖ | T4-menekki (tth/m ²) | Määrä (m ²) | kok.menekki (tth) | Eur/h | Yht. eur alv. 0 % |
|----------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|----------------------|-----------|----------------------|
| aloittavat työt | 0,015 | 1200 | 18 | 45 | 810 |
| ala- ja yläsidepuun kiinnitys | 0,04 | 1200 | 48 | 45 | 2160 |
| runkotolpat k600 | 0,16 | 1200 | 192 | 45 | 8640 |
| villoitus 175 mm | 0,07 | 1200 | 84 | 45 | 3780 |
| tuulensuojalevytytys | 0,23 | 1200 | 276 | 45 | 12420 |
| höyrinsulkumuovi | 0,023 | 1200 | 28 | 45 | 1260 |
| 48x48 koolaus k600 | 0,05 | 1200 | 60 | 45 | 2700 |
| villoitus 50 mm | 0,055 | 1200 | 66 | 45 | 2970 |
| kipsilevyasennus | 0,23 | 1200 | 276 | 45 | 12420 |
| ikkuna-asennus | 0,6 tth/kpl | 125kpl | 75 | 45 | 3375 |
| ikkunatiivistys | 0,23 tth/kpl | 125kpl | 29 | 45 | 1305 |
| ikkuna/oviaukkojen teko | 0,5 tth/kpl | 150kpl | 75 | 45 | 3375 |
| YHTEENSÄ | - | - | 1227 | 45 | 55 215 € |

Setlementtiasuntojen paikallarakentamisen työkustannukseksi tuli laskelman mukaan yhteensä arvonlisäverottomana 55 215 €. Huomioiden paikalla rakennettujen puurunkojen neliömäärä saadaan työkustannukseksi yhtä valmista seinäneliötä kohden yhteensä noin 46 €/m². Setlementtiasuntojen seinärakenteella laskettuna ja paikallarakentaen muodostuu kokonaishinnaksi materiaali- ja työkustannukset yhteenlaskettuna noin 64,4 €/m². T4-kokonaismenekiksi paikalla rakentamalla syntyy edellä lasketuilla neliömäärillä yhteensä 1 227 tth.

Taulukossa 5 on laskettu Skanssin puuelementtitoimituksen rakennetyyppi 1:n sisältöinen puuseinä paikallarakennettuna. Taulukossa on pelkästään paikallarakennetun puurungon materiaalikustannukset. Paikallarakennetun seinän materiaali- ja työkustannukset lasketaan samalla 1 000 m²:n vakiomäärällä kuin puuelementtien asennustyökin. Kokonaisneliömäärän lisäksi on materiaalikustannuksia laskiessa käytetty puuseinän juoksumetrimääränä 335 jm. Skanssin kohteiden molemmista rakennetyypeistä lasketaan

materiaali- ja työkustannukset sekä kokonaiskustannus valmista puuseinäneliötä kohden. Työkustannuksien yksikköhintana ja lisäaikakertoimena käytetään samoja arvoja kuin aikaisemmissa laskelmissa Setlementtiasuntojen kohdalla.

Taulukko 5. Skanssin rakennetyyppi 1:n materiaalikustannukset.

| MATERIAALI | Menekki | Yksikkö | Eur/yks | Yht. eur alv. 0 % |
|-----------------------------|----------------|----------------------|----------------|------------------------------|
| 48x48 k600 | 1600 | jm | 0,53 | 848 |
| min.villa 50 mm | 700 | m ² | 2,90 | 2030 |
| höyrinsulkumuovi | 1000 | m ² | 0,85 | 850 |
| 48x173 k600 | 1600 | jm | 1,93 | 3088 |
| min. villa 175 mm | 700 | m ² | 8,17 | 5719 |
| tuulensuojakipsilevy | 700 | m ² | 2,68 | 1876 |
| 22x100 koolaus | 1600 | jm | 0,48 | 768 |
| YHTEENSÄ | 100 | m² | - | 15 179€ |

Skanssin kohteiden puuelementtien rakennetyypillä 1 laskettuna syntyi paikallarakentamisen materiaalikustannuksiksi yhteensä 15 179 € (alv. 0 %). Materiaalien kokonaiskustannus jaetaan puuseinän kokonaisneliömäärällä, joka tässä tapauksessa oli vakio 1 000 m². Tuloksena saadaan materiaalikustannus seinäneliötä kohden, mikä on rakennetyypin 1 kohdalla noin 15,2 €/m². Rakennetyypin puuelementtiin nähden vertailukelpoinen kokonaiskustannus saadaan laskemalla työkustannus samalla sisällöllä. Rakennetyypin 1 työkustannukset on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6. Skanssin rakennetyyppi 1:n työkustannukset.

| TYÖ | T4-menekki (tth/m ²) | Määrä (m ²) | kok.menekki (tth) | Eur/h | Yht. eur alv. 0 % |
|--|-------------------------------------|----------------------------|----------------------|-----------|----------------------|
| aloittavat työt | 0,015 | 1000 | 15 | 45 | 675 |
| ala- ja yläsidepuun kiinnitys | 0,04 | 1000 | 40 | 45 | 1800 |
| runkotolpat k600 | 0,16 | 1000 | 160 | 45 | 7200 |
| villoitus 175 mm | 0,07 | 1000 | 70 | 45 | 3150 |
| tuulensuojalevytytys | 0,23 | 1000 | 230 | 45 | 10350 |
| höyrinsulkumuovi | 0,023 | 1000 | 23 | 45 | 1035 |
| 48x48 koolaus k600 | 0,05 | 1000 | 50 | 45 | 2250 |
| villoitus 50 mm | 0,055 | 1000 | 55 | 45 | 2475 |
| 22x100 lautakoolaus | 0,05 | 1000 | 50 | 45 | 2250 |
| ikkuna-asennus | 0,6 tth/kpl | 80 kpl | 48 | 45 | 2160 |
| ikkunatiivistys | 0,23 tth/kpl | 80 kpl | 18,4 | 45 | 828 |
| ikkuna/oviaukkojen teko(kpl) | 0,5 tth/kpl | 100kpl | 50 | 45 | 2250 |
| YHTEENSÄ | - | 1000 | 746,4 | 45 | 36 423 € |

Paikallarakentamalla Skanssin puuelementtien rakennetyypin 1 mukainen puuseinä saadaan työkustannuksen osuudeksi koko seinäneliömäärälle arvonlisäverottomana yhteensä 36 423 €. Yhtä valmista seinäneliötä kohden työkustannuksia syntyy yhteensä noin 36,4 €/m². Rakennetyypin 1 paikallarakentamisen materiaali- ja työkustannukset yhteenlaskettuna muodostuu valmiin seinäneliön hinnaksi noin 51,6 €/m². T4-kokonaismenekiksi paikallarakentamalla syntyy 1 000 m² kokonaisseinä määrällä yhteensä 746,4 tth.

Taulukossa 7 on laskettu paikallarakennetun puuseinän materiaalikustannukset Skanssin rakennetyypistä 2. Materiaalimenekit lasketaan rakennetyypin 2 kohdalla samalla tavalla ja määrillä kuin rakennetyypissä 1. Vakiona puuseinä määränä käytetään 1 000 m² ja seinän juoksumetrimääränä 335 jm.

Taulukko 7. Skanssin rakennetyyppi 2:n materiaalikustannukset.

| MATERIAALI | Menekki | Yksikkö | Eur/yks | Yht. eur alv. 0 % |
|--------------------------|----------------|----------------------|----------------|------------------------------|
| 48x48 k600 | 1600 | jm | 0,53 | 848 |
| min.villa 50 mm | 700 | m ² | 2,90 | 2030 |
| höyrynsulkumuovi | 1000 | m ² | 0,85 | 850 |
| 48x173 k600 | 1600 | jm | 1,93 | 3088 |
| min.villa 175 mm | 700 | m ² | 8,17 | 5719 |
| tuulensuojalevy | 700 | m ² | 2,68 | 1876 |
| 22x100 koolaus | 1600 | jm | 0,48 | 768 |
| 23x145 panelointi | 700 | m ² | 9,3 | 6510 |
| YHTEENSÄ | 1000 | m² | - | 21 689 € |

Rakennetyypillä 2 laskettuna syntyy paikallarakentamisen materiaalikustannuksiksi yhteensä 21 689 €. Laskettaessa kokonaiskustannusta yhtä valmista seinäneliömetriä kohden saadaan rakennetyypille 2 materiaalikustannuksia yhteensä 21,7 €/m². Tuloksesta saadaan vertailukelpoinen puuelementin hintaan nähden laskemalla työkustannukset paikallarakentamisesta rakennetyypillä 2. Työkustannukset on esitetty taulukossa 8.

Taulukko 8. Skanssin rakennetyyppi 2:n työkustannukset.

| TYÖ | T4-menekki (tth/m ²) | Määrä (m ²) | kok.menekki (tth) | Eur/h | Yht. eur alv. 0 % |
|--|-------------------------------------|----------------------------|----------------------|-----------|----------------------|
| aloittavat työt | 0,015 | 1000 | 15 | 45 | 675 |
| ala- ja yläsidepuun kiinnitys | 0,04 | 1000 | 40 | 45 | 1800 |
| runkotolpat k600 | 0,16 | 1000 | 160 | 45 | 7200 |
| villoitus 175 mm | 0,07 | 1000 | 70 | 45 | 3150 |
| tuulensuojalevytytys | 0,23 | 1000 | 230 | 45 | 10350 |
| höyrynsulkumuovi | 0,023 | 1000 | 23 | 45 | 1035 |
| 48x48 k600 | 0,05 | 1000 | 50 | 45 | 2250 |
| villoitus 50 mm | 0,055 | 1000 | 55 | 45 | 2475 |
| 22x100 k600 | 0,05 | 1000 | 50 | 45 | 2250 |
| 23x145 panelointi | 0,3 | 1000 | 300 | 45 | 13500 |
| ikkuna-asennus | 0,6 tth/kpl | 80kpl | 48 | 45 | 2160 |
| ikkunatiivistys | 0,23 tth/kpl | 80kpl | 18,4 | 45 | 828 |
| ikkuna/oviaukkojen teko(kpl) | 0,5 tth/kpl | 100kpl | 50 | 45 | 2250 |
| YHTEENSÄ | - | 1000 | 1109,4 | 45 | 49 923 € |

Rakennetyypin 2 mukaisesta puuseinästä paikalla rakentamalla syntyy työkustannuksen osuudeksi yhteensä 49 923 €. Kokonaisseinä määrän ollessa 1 000 m² valmista seinäneliometriä kohden työkustannuksia syntyy yhteensä noin 49,9 €/m². Rakennetyypin 2 mukaisen seinärakenteen materiaali- ja työkustannus yhteenlaskettuna on yhteensä 71 612 €. Valmiille seinäneliometrille muodostuu näin ollen hinnaksi noin 71,6 €/m². Paikalla rakentamalla rakennetyyppi 2:n mukainen seinärakenne muodostuu T4-kokonaismenekiksi yhteensä 1 109 tth.

6.4 Työmaatekniset kustannukset

Työmaatekniset kustannukset ovat suurimmalta osaltaan aikasidonnaisia kustannuksia, eli rakentamisajan lyheneminen pienentää työmaateknisiä kustannuksia ja aikaistaa rakennuksen käytöstä saatavia tuottoja. Tällaiset tuotot voivat olla esimerkiksi vuokra- tai myyntitulot ja rakentamisajan lyhentymisen ansiosta vähentyneet työmaan käyttö- ja yhteiskustannukset. Aikasidonnaiset kustannukset ovat työmaan ylläpidosta aiheutuvia kustannuksia, joita syntyy niin kauan kuin työmaa on käynnissä.

Kun ulkoseinät rakennetaan elementeistä, on rakentamisaikaa mahdollista lyhentää, jolloin tämän tulisi näkyä työmaateknisten kustannusten alenemisena. Hankkeen suuruudella, rakenne- ja tuotantotekniikalla, vuodenaajalla ja rakentamisen kestolla on suora vaikutus työmaateknisiin kustannuksiin. Työmaateknisten kustannusten osuudeksi voidaan yleisesti arvioida noin 15–20 prosenttia koko hankkeen rakennuskustannuksista. Tämä on kuitenkin riippuvainen työmaan kokonaiskestosta. Työmaatekniset kustannukset lasketaan rakennuskustannuksista, joihin on sisällytetty rakennustekniset työt, lvisa-työt, ei kuitenkaan rakennusliikkeen katetta eikä rakennuttamisen kustannuksia. (Enkovaara 2008; Kiviniemi 1996.)

Kun lasketaan hankkeen aikasidonnaisia kustannuksia, on varmistuttava siitä, että koko hankkeen rakentamisaika varmasti muuttuu. Rakenteen tai rakennuksen osan rakentamisajan lyheneminen ei välttämättä tarkoita suoraan, että koko hankkeen rakennusaika lyhenisi. Tarkasteltavan osan toteutus on oltava hankkeen kriittisellä polulla, jotta sillä olisi vaikutusta hankkeen kokonaiskestoon, koska kriittiset tehtävät määräävät hankkeen keston.

Työmaatekniset kustannukset ja niiden taso määräytyvät seuraavien seikkojen perusteella:

- hankkeen suuruus
- kokonaistyömenekki
- kohteen rakenne- ja tuotantotekniikka
- vuodenaika
- rakentamisen kesto (Enkovaara 2008).

Työmaatekniset kustannukset laskettiin koko hankkeen rakennusteknisten kustannusten avulla. Työmaateknisten kustannusten arvioitiin kohteessa olevan 15 prosenttia rakennusteknisistä kustannuksista. Tämän lisäksi arvioitiin työmaateknisistä kustannuksista suoraan aikasidonnaisia kustannuksia olevan 70 prosenttia. Aikasidonnaiset kustannukset ovat sellaisia kustannuksia, joihin hankkeen kokonaiskeston lyheneminen suoraan vaikuttaa.

Taulukko 9. Setlementtiasuntojen työmaatekniset kustannukset.

| | |
|---------------------------------------|---------------|
| Rakennustekniset kustannukset | 3 776 004 € |
| Työmaatekniset kustannukset 15 % | 566 400 € |
| Aikasidonnaiset kustannukset 70 % | 396 480 € |
| Työmaan kesto 47 viikkoa | 8 436 € / vko |
| Työmaatekniset kustannukset 4 viikkoa | yht. 33 744 € |

Taulukon laskelmasta voidaan todeta, että työmaateknisissä kustannuksissa voidaan saavuttaa työmaan kannalta todella merkittäviä säästöjä esimerkiksi 4 viikkoa lyhyemmällä rakennusajalla. Tulokset vaikuttavat merkittävästi paikallarakentamisen ja puuelementoinnin väliseen vertailuun. Laskelman tuloksista on otettava kuitenkin huomioon, että arvioitu työmaateknisten kustannusten osuus koko hankkeen rakennusteknisistä kustannuksista saattaa kohteesta riippuen vaihdella prosentuaalisesti. Lisäksi erikseen tulee arvioida, kuinka suuri osuus työmaateknisistä kustannuksista on aikasidonnaisia, ja näin ollen vaikuttavat suoraan hankkeen kokonaiskeston.

6.5 Tulokset

Tässä luvussa tarkastellaan edellisessä luvussa esitettyjen taulukoiden tuloksia ja vertaillaan niitä keskenään. Laskelmia on tehty paikallarakentamisen materiaali- ja työkustannuksista, puuelementtien asennustyön kustannuksista sekä elementtien hankintahinnasta. Jäljempänä vertailtavat tulokset perustuvat taulukoihin 1–8. Tuloksia tarkastellaan kohdekohtaisesti sekä rakennetyypit eroteltuina. Taulukoissa 10–12 on vertailtu lopputuloksia kohdekohtaisesti elementtirakentamisen ja paikallarakentamisen välillä. Lopputuloksissa vertailtavat kokonaissummat sisältävät elementtirakentamisen osalta elementtitoimituksen sekä asennustyön ja paikallarakentamisen osalta materiaali- sekä työkustannuksen.

Taulukko 10. Tuotantotapojen vertailu, skanssin rakennetyyppi 1.

| LOPPUTULOKSET | | | | | |
|--------------------------------|----------------------------|----------------------|------------------------|-----------------|--------------------------|
| Skanssi rakennetyyppi 1 | Yht. € alv. 0 % | m² | €/m² | aika tth | tth/m² |
| Elementtirakentaminen | 77 200 | 1000 | 77,2 | 160 | 0,16 |
| Paikallarakentaminen | 51 602 | 1000 | 51,6 | 746,4 | 0,75 |
| EROTUS | 25 598 | - | 25,6 | - 586,4 | - 0,59 |

Taulukko 11. Tuotantotapojen vertailu, skanssin rakennetyyppi 2.

| LOPPUTULOKSET | | | | | |
|--------------------------------|----------------------------|----------------------|------------------------|-----------------|--------------------------|
| Skanssi rakennetyyppi 2 | Yht. € alv. 0 % | m² | €/m² | aika tth | tth/m² |
| Elementtirakentaminen | 105 200 | 1000 | 105,2 | 160 | 0,16 |
| Paikallarakentaminen | 71 612 | 1000 | 71,6 | 1109 | 1,11 |
| EROTUS | 33 588 | - | 33,6 | - 949 | - 0,95 |

Taulukko 12. Setlementtiasuntojen tuotantotapojen vertailu.

| LOPPUTULOKSET | | | | | |
|------------------------------|----------------------------|----------------------|------------------------|-----------------|--------------------------|
| Setlementtiasunnot | Yht. € alv. 0 % | m² | €/m² | aika tth | tth/m² |
| Elementtirakentaminen | 90 640 | 1200 | 75,5 | 192 | 0,16 |
| Paikallarakentaminen | 77 285 | 1200 | 64,4 | 1227 | 1,02 |
| EROTUS | 13 355 | - | 11,1 | - 1035 | - 0,86 |

Edellä olevien taulukoiden ja niiden tuloksien perusteella voidaan todeta paikallarakennettujen puuseinien olevan neliöhinnaltaan huomattavasti edullisempi vaihtoehto verrattuna puuelementteihin. Taulukoissa ilmoitettujen valmiiden seinärakenteiden neliöhintojen perusteella voidaan suoraan huomata tiettyjä poikkeavuuksia verratessa niitä keskenään. Vertaamalla paikallarakennettuna Skanssin rakennetyyppiä 1 ja Setlementtiasun-

toja voidaan huomata settlementtiasuntojen neliöhinnan olevan noin 13 € alhaisempi. Tämän erotuksen voidaan olettaa syntyvän pelkästään rakennetyypistä johtuvista eroavaisuuksista, kuten Skanssin kohteesta kokonaan puuttuvasta sisäpuolen kipsilevytyksestä. Paikallarakennettua Skanssin rakennetyypistä 2 vertailtaessa rakennetyypin 1 sekä Settlementtiasuntoihin, voidaan huomata reilu korotus valmiin seinän neliöhinnassa. Kyseisen erotuksen voidaan todeta johtuvan suoraan rakennetyypissä 2 olevasta ulkopinnan paneloinnista. Vastaavasti hintaa kompensoi ja jonkin verran pudottaa rakenteesta puuttuva sisäpuolinen kipsilevytys. Edellä läpi käytyjä neliöhintoihin vaikuttavia tekijöitä voidaan suoraan verrata myös puuelementtirakentamisen kustannuksiin.

Skanssin rakennetyypeistä 1 ja 2 voidaan todeta paikallarakentamisen olevan kokonaisuudessaan hankintakustannusten puolesta noin 30 % edullisempi toteutusmuoto kuin elementtirakentaminen. Settlementtiasuntojen kohdalla elementein toteutetun puurungon rakentamiskustannusten voidaan todeta olevan ainoastaan noin 15 % kalliimpi toteutustapa verrattuna paikallarakennettuun. Syytä, miksi toteutuskustannusten välinen ero on ainoastaan 15 %, ei pystytä suoraan sanomaan. Erotus saattaa johtua vain ja ainoastaan esimerkiksi hinnaltaan edullisesta puuelementtitoimituksesta. Skanssin vertailussa 30 prosentin hintaero paikallarakentamisen ja elementtirakentamisen välillä on merkittävän suuruinen, mutta asiaa on kuitenkin lopulta muistettava tarkastella mahdollisesti lyhentyneen rakennusajan näkökulmasta. Lyhentyneen rakennusajan ja sitä myötä työmaateknisten kustannusten alenemisesta johtuvat kustannussäästöt muuttavat vertailtavaa lopputulosta.

Kohdekohtaisesti tulisi laskea elementtirakentamisen tuoma kokonaissäästö lyhentyneen rakennusajan johdosta. Usein puurunkotyö on hankkeen kriittisellä polulla sisävalmistustöihin nähden, joten sen voidaan olettaa kohteesta riippumatta tuovan kustannussäästöjä. Settlementtiasuntojen kohdalla voidaan laskelmien mukaan todeta, että 4 viikkoa lyhentyneellä koko hankkeen rakentamisajalla voidaan saada työmaateknisistä kustannuksista säästöä noin 33 000 €. Taulukon 11 mukaan on todettu, että Settlementtiasuntojen kohdalla paikallarakentaminen toisi ainoastaan noin 13 400 € säästön verrattuna elementtirakentamiseen. Kyseinen säästö saavutetaan elementtirakentamisella jo noin 2 viikon lyhentyneellä koko hankkeen rakentamisajalla. Todellisuudessa elementtirakentaminen tuo kohteessa useamman kuin 2 viikon säästän lyhentyneessä rakennusajassa. Elementtirakentamista on tarkasteltava myös olemassa olevan hankkeen kokonaiskeston mukaan. Jos puuseinien rakentaminen ei ole hankkeen kriittisellä polulla, ei näin ollen hankkeen kokonaiskeston lyhentymisen johdosta kustannussäästöjä saada.

Tässä tapauksessa ei elementtirakentamisen voida todeta olevan varteen otettava vaihtoehto toteuttaa puuseinät.

Laskelmien lopputuloksista voidaan siis karkeasti arvioida elementtitekniikan olevan edullisempi vaihtoehto toteuttaa puurunkoiset parvekeseinät. Elementtiseinien rakennetta ja valmiusasastetta kannattaa tarjouskyselyn loppuvaiheessa täsmentää riippuen siitä, minkälaisia ja sisältöisiä tarjouksia puuelementeistä on saatu. Elementtitoimituksesta voidaan jättää tiettyjä sisältöjä pois, jotka on mahdollista suorittaa työmaalla jälkeinpäin paikallarakentamalla. Puuelementtitoimituksen sisältöä muuttamalla voidaan helposti saada toimituksesta entistä edullisempi sekä sopivampi vaihtoehto. Kustannussäästöjen valossa elementtitoimituksesta mahdollisesti pois jätettäviä tai lisättäviä työvaiheita voivat olla esimerkiksi sisäpuolinen villoitus tai koolaus, sisäpuolinen kipsilevytys, ulkopuolen koolaus tai julkisivumateriaali.

7 YHTEENVETO

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää ei-kantavien parvekkeiden taustaseinien käyttöä sekä niiden elementointia uudiskerrostalokohteissa. Tarkoituksena oli saada toimeksiantajalle, Pohjola Rakennus Oy Länsi-Suomelle kattava selvitys parvekkeiden taustaseinien puuelementoinnin kannattavuudesta ja toteutustavoista sekä paikallavalu- että betonielementtikohteessa. Tavoitteena oli tutkimuksen kautta löytää toimeksiantajalle taloudellisin vaihtoehto toteuttaa kohteidensa puurunkoiset ulkoseinät. Työn tuloksena syntyivät yhteenvedot eri toteutustapojen kustannuksista, kosteudenhallinnan ja työturvallisuuden hallinnasta sekä aikataulun vaikutuksista hankkeeseen.

Tässä tutkimuksessa vertailtavina tuotantotapoina olivat paikallarakennettu puurunko sekä puuelementtitekniikalla toteutettu ei-kantava ulkoseinä. Tuotantovaihtoehtojen välillä vertailtiin kustannuksia, logistiikkaa, kosteudenhallintaa, työturvallisuutta sekä aikatauluvaikutuksia. Tutkimus tehtiin ainoastaan puurunkoisten ulkoseinien osalta, eikä vertailuihin ole sisällytetty esimerkiksi betonielementtejä tai paikallavalettuja rakenteita. Työn alussa selvitettiin teorian kautta paikallarakentamisen toteutusta ja rakentamisen työvaiheita sekä puuseinän laatuvaatimuksia ja laadunvarmistustoimenpiteitä. Puuelementtirakentamisen osalta selvitettiin elementtien asennusta ja siihen liittyviä työvaiheita sekä puuelementtirakentamisen laatuvaatimuksia ja laadunvarmistustoimenpiteitä. Tutkimuksen vertailujen tavoitteena oli tuoda esiin ajatuksia ja mietteitä molemmista tuotantovaihtoehtoista sekä niiden riskejä ja mahdollisuuksia. Kosteudenhallinnan osiossa selvitettiin kosteusriskejä sekä paikalla- että elementtirakentamisessa. Työturvallisuuden vaatimia toteutustapoja käytiin läpi omassa luvussa sekä pohdittiin olemassa olevia työturvallisuusriskejä molempien tuotantotapojen näkökulmasta. Työn lopussa pohdittiin tuotantotavan valinnalla olevaa vaikutusta työmaan aikatauluun ja siihen liittyviin kustannusvaikutuksiin. Molempien tuotantotapojen välillä vertailtiin syntyviä kustannuksia ja niiden pohjalta pohdittiin tilaajalle kustannustehokkainta tapaa toteuttaa kohteidensa puuseinät. Työn tuloksena tuli yhteenveto molempien toteutustapojen kustannuksista, selvitys kosteudenhallinnan ja työturvallisuuden hallinnasta sekä aikataulun vaikutuksista hankkeeseen.

Paikalla rakentaminen saatetaan mieltää tänä päivänä helpoimmaksi tavaksi toteuttaa kohteiden ei-kantavat puu-ulkoseinät. Kokemusta paikalla rakentamisesta on huomattavasti enemmän, mikä puoltaa osaltaan tuotantotapojen välillä tehtävää valintaa sen

suuntaan. Tuotantotavan valinnan taustalla tulisi olla vertailuja keskinäisten kustannuserojen, kosteudenhallinnan, työturvallisuuden sekä kohteen aikataulun näkökulmasta. Elementtitekniikalla haetaan ensisijaisesti kustannussäästöjä. Säästöt syntyvät pääosin lyhentyneestä rakennusajasta, tapauksesta ja tilanteesta riippuen voi säästöjä syntyä mahdollisesti myös asennuksen ja tuotekaupan johdosta. Kokemus puuelementtien käytöstä on vähäistä suurimmalla osalla työmaiden henkilöstöstä.

Kosteudenhallintasuunnitelma näyttäytyy vahvana osana työmaan kosteudenhallintaa. Suunnitelmalla pyritään estämään rakennusaikaisia kosteusvaurioita. Puuelementteihin kohdistuvilta kosteusrasituksilta on mahdollista välttyä asentamalla ne vasta kohteen vesikaton valmistuttua. Molempien tuotantovaihtoehtojen kohdalla on aina ennen rakentamisen aloitusta erikseen suunniteltava seinien suojaukset sekä määriteltävä toimenpiteet, joilla toteutus tulee tapahtumaan. Yleisesti molempien tuotantotapojen suojaustoimenpiteet tulisi toteuttaa tässä työssä esiteltujen toimenpiteiden mukaan, yleensä bitumikermikaistojen avulla. Puuelementtien kastumisen estäminen tulisi ottaa entistä vakavammin, ottaen huomioon sen korkea valmiusaste asennusvaiheessa ja sen myötä suurempi riski kastumisen suhteen.

Rakennustyön ja rakennustyömaan turvallisuuden suunnitelmallinen ylläpito on keskeistä työtapaturmien ehkäisyssä. Työssä on esitetty tavat, joilla putoamissuojaus tulisi toteuttaa sekä paikallarakentamisessa että puuelementtikohteessa. Tarvittaessa putoamisvaaratilanteissa on käytettävä henkilökohtaisia putoamissuojavarusteita. Puuelementtiasennuksessa on otettava huomioon asennukseen liittyvät riskit sekä nostojen että asennuksen suhteen. Putoamissuojassuunnitelma on tehtävä ennen rakentamisen aloitusta kaikki riskit huomioon ottaen molempien tuotantotapojen kohdalla. Elementtitekniikalla rakennettaessa on työjärjestys suunniteltava niin, että työturvallisuusriskit on poistettu ja putoamissuojaus huomioitu.

RunkoPES-teollisuusstandardijärjestelmä ohjaa puuelementtien rakentamista ja se tasa-arvoistaa eri toimittajia, sillä se pakottaa kaikki eri toimijat rakentamaan liitokset ja elementit samalla tavalla. Standardi antaa myös yhtenäiset kriteerit suunnittelun ja toteutuksen laadulle. Tutkimuksen tavoitteisiin oli työn alussa kirjattu puuelementteihin liittyvien tyyppileikkauksien sekä -detaljien suunnitteluttaminen tai suunnitteleminen. Tarkoituksena oli saada ko. suunnitelmat sekä ontelolaattakohteesta että paikallavalukohdeesta. Tämän tutkimustyön aikana toimeksiantajalla on kuitenkin käynnistynyt kohteita, joissa ei-kantavat ulkoseinät toteutetaan puuelementeillä. Näihin kohteisiin on olemassa

rakennesuunnittelijoiden toimesta suunnitellut hankekohtaiset tyyppikuvat, joiden perusteella puuelementtihankinnat on tehty. Tämän työn edetessä todettiin olemassa olevien tyyppikuvien olevan päteviä, joten niitä ei lähdetty enää tässä tutkimuksessa korjaamaan tai muokkaamaan. Ensimmäisten puuelementtikohteiden valmistuttua, on olemassa olevia suunnitelmia helppo työstää tuleviin kohteisiin sopiviksi, kunhan saadaan tietoon mahdolliset ongelmakohdat ja onnistumiset.

Työn mallilaskelmissa työkustannusten yksikköhintana käytettiin oletettua urakkasuorituksena tehtävän työn tuntihintaa, sillä tilaajalla ei ole omia työntekijöitä. Kustannusvertailu tehtiin Kupittaaan Setlementtiasuntojen sekä Skanssin kohteiden puurunkoisista seinistä. Molempiin kohteisiin on tulossa puuelementit ei-kantaville seinän osuuksille. Elementtitekniikalla rakennettaessa voidaan todeta suurimman menoerän johtuvan itse puuelementtien hankinnasta. Laskelmat kohteiden, rakennetyyppien sekä tuotantotapojen välillä on esitetty luvussa 6. Samassa luvussa on yhteenveto ja päätelmät kaikista laskelmista.

Työmaateknisten kustannusten osuus laskettiin koko hankkeen rakennusteknisten kustannusten avulla. Kustannukset laskettiin ainoastaan Setlementtiasuntojen kohteesta. Työmaateknisten kustannusten osuuden arvioitiin olevan noin 15 % rakennusteknisistä kustannuksista, ja lisäksi arvioitiin työmaateknisistä kustannuksista suoraan aikasidonnaisia olevan 70 %. Näihin kustannuksiin lopulta hankkeen rakennusajan lyhentyminen suoraan vaikuttaa. On otettava huomioon, että kyseisen kohteen työmaateknisten kustannusten osuus rakennusteknisistä kustannuksista on arvioitu prosentuaalinen osuus, mutta kustannusten osuus saattaa vaihdella kohteesta riippuen. Lisäksi tulee arvioida, miten suuri osuus työmaateknisistä kustannuksista todella on aikasidonnaisia, ja näin ollen vaikuttavat suoraan hankkeen kokonaiskesto. Säästöt työmaateknisistä kustannuksista Setlementtiasuntojen kohdalla laskettiin olevan viikossa jopa noin 8 400 €. Työmaateknisten kustannusten osuuden arvioitiin olevan 15 %, jonka laskelman tulosten jälkeen voidaan todeta olevan varmasti hieman liikaa.

Tutkimustyön tulokset osoittivat, että elementtitekniikalla voidaan työmaateknisissä kustannuksissa saavuttaa työmaan kannalta merkittäviä kustannussäästöjä jo muutaman viikon verran lyhentyneellä rakennusajalla. Elementtitekniikan ja paikallarakentamisen kustannuksia vertailtaessa on ensisijaisesti otettava huomioon elementtitekniikan johdosta syntyneet kustannussäästöt lyhentyneestä rakennusajasta. Ainoastaan hankintakustannusten näkökulmasta voidaan paikalla rakennetun puuseinän todeta olevan ne-liöhinnaltaan huomattavasti edullisempi toteutusvaihtoehto.

LÄHTEET

Björhloltz, D. 2009. Lämpö ja kosteus. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Enkovaara, E.; Haveri, H. & Jeskanen, P. 1994. Rakennushankkeen kustannushallinta. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Kiviniemi, M. 1996. Talonrakentamisen tuotteiden ja toimintatapojen vertailu. Tampere: Valtion teknillinen tutkimuskeskus VTT. viitattu 16.6.2017.

Lehtinen, R. 2015. Rakennushankkeen työturvallisuus. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Merikallio, T. 2002. Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi. Helsinki: Suomen Rakennusmedia Oy.

Pohjola Rakennus Group PRG Oy 2015 Yrityksestä. Viitattu 20.4.2017 www.pohjolarakennus.fi/yritys.

Ratu 0416 Puurunkorakentaminen, paikalla rakennettu puurunko 2014. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Ratu 0423. Puurunkorakentaminen, vesikattorakenteet 2014. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Ratu 0424. Puuelementtirakentaminen, seinät 2014. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Ratu 1201-S. Runkorakenteet, paikalla rakennettavat. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Ratu TT 5.11. Elementtien asennussuunnitelma 2004. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RIL 240-2006 Puurakenteiden laadunvarmistus 2006. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL Ry.

RIL 250-2011. Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen 2011. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL Ry.

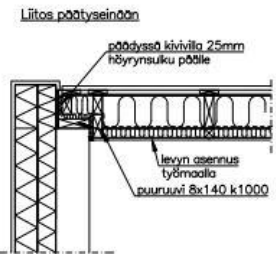
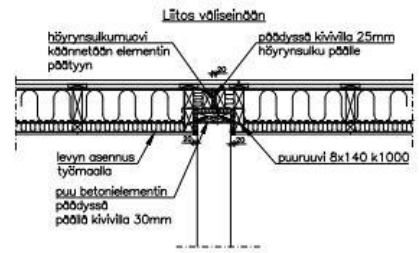
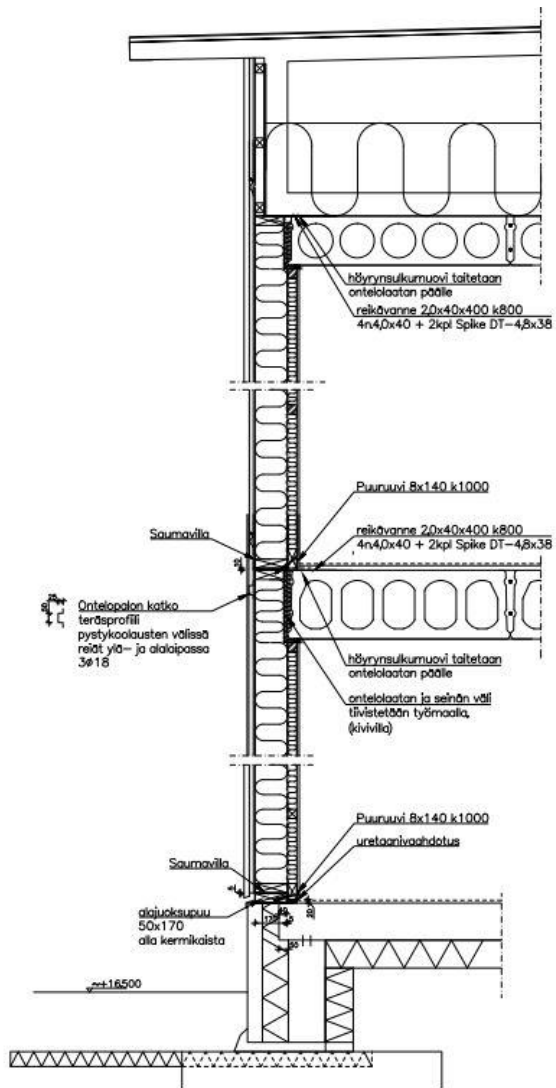
RT 05-10710. Kosteus rakennuksissa 1999. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT RakMK-21217. 2003. C4 Lämmöneristys. Ympäristöministeriö, asunto- ja rakennusosasto. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö.

RunkoRYL 2010. Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Siikanen, U. 2016. Puurakentaminen. 2., uudistettu painos. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Valtioneuvoston asetus elementtirakentamisen työturvallisuudesta 578/2003.



| | | | |
|---------------------------|--------------------------------|----|---|
| Projekti | 14 | 11 | 1 |
| Paikannus | Sampolinnan Setlementtasunnost | | |
| Asiantuntija | Puulementtien Rakenteet | | |
| Asiantuntijan nimi | Joonas Voutilainen | | |
| Asiantuntijan osoite | Kujalaankatu 63 20700 Turku | | |
| Asiantuntijan puhelin | 010 222 222 | | |
| Asiantuntijan sähköposti | joonas.voutilainen@amk.fi | | |
| Asiantuntijan verkkosivut | www.amk.fi | | |
| Asiantuntijan lisätiedot | 1654-1 | | |
| Asiantuntijan lisätiedot | RAK | | |
| Asiantuntijan lisätiedot | 21 | | |

Liite 1. Puuelementtien liitoksia