

Saimaan ammattikorkeakoulu  
Tekniikka Lappeenranta  
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutus  
Talonrakennustekniikka

Vili Mikkonen

## **Elementtiasennukset tunneliolosuhteissa**

Opinnäytetyö 2019

## Tiivistelmä

Vili Mikkonen

Elementtiasennukset tunneliolosuhteissa

75 sivua, 5 liitettä

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikka Lappeenranta

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

Talonrakennustekniikka

Opinnäytetyö 2019

Ohjaajat: lehtori DI Petri Himmi, Saimaan ammattikorkeakoulu,  
työmaapäällikkö RKM Janne Ikonen, Torppari Yhtiöt Oy

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää Torppari Yhtiöt Oy:n elementtiasennusten toimintamallia ja luoda elementtiasennusohjeistukset asentajille sekä työnjohdolle. Tavoitteena oli myös luoda Torpparille elementtiasennusuunnitelma Länsimetron työmaalle sekä elementtiasennusuunnitelmapohja myöhempää käyttöä varten. Viimeisenä dokumenttina kehitettiin Länsimetron työmaalle elementtiasennuksien tarkastusasiakirja. Opinnäytetyön toteutuksessa oli myös olennaista herättää mahdollisia ajatuksia elementtiasennusten kehittämistarpeista ja menetelmistä. Dokumenttien ympärille muodostettiin työn tilaajan käyttöön toimintajärjestelmä, jossa jokaisella dokumentilla oli oma paikkansa ja käyttöjärjestyksensä. Työntilajana toimi betonirakentamiseen erikoistunut rakennusliike Torppari Yhtiöt Oy. Kaikki dokumentit sidottiin osaksi yrityksen toimintamallia ja saatettiin jakeluun yrityksen sisällä.

Opinnäytetyön teoriaosan aineisto kerättiin pääasiassa rakennusalan kirjallisuus- ja internetlähteitä käyttäen. Teoriaosassa käsitellään elementtirakentamisen osapuolia ja suunnitelmia sekä osapuolien velvoitteita ja vastuita. Dokumenttien laatimiseen aineistoa kerättiin pääasiassa yrityksen olemassa olleista dokumenteista sekä rakennusalan kirjallisuus- ja internetlähteitä käyttäen.

Esimerkkikohteen aineisto kerättiin pääasiassa yrityksen, Länsimetro organisaation ja RU27-työmaan projektinjohdourakoitsijan suunnitelmista sekä muista työmaan dokumenteista. Esimerkkikohte oli olennainen osa opinnäytetyön toteutusta. Kohteen avulla kerrottiin ja esiteltiin haastavien olosuhteiden elementtiasennuksia ja niiden haasteita. Työturvallisuus oli esillä koko opinnäytetyössä.

Opinnäytetyön lopussa on esitelty elementtiasennusten kehittämistarpeita ja ohjeistusdokumenttien kehitysprosessia sekä niiden sisältöä. Lopussa on myös analysoitu opinnäytetyön teoriaosassa ja esimerkkikohteen osassa käsitellyjä teemoja sekä niiden vaikutusta opinnäytetyön osana laadittujen dokumenttien sisältöön. Analysointia suoritettiin myös opinnäytetyön osana laadittujen dokumenttien ympärille kehitetyn toimintajärjestelmän osalta.

Asiasanat: elementtiasennusuunnitelma, elementtiasennus, betonielementti, työturvallisuus, tarkastusasiakirja

## **Abstract**

Vili Mikkonen

Precast concrete element installations in tunnel conditions

75 Pages, 5 Appendices

Saimaa University of Applied Sciences

Technology Lappeenranta

Civil and Construction Engineering

Construction engineering

Bachelor's Thesis 2019

Instructors: Mr Petri Himmi, Lecturer, Saimaa University of Applied Sciences,  
Mr Janne Ikonen, Site Manager, Torppari Yhtiöt Oy

The purpose of this thesis was to develop the operating model for precast concrete element installations at Torppari Yhtiöt Oy and to create precast concrete element installation guidelines for installers and work managers. The purpose was also to create a precast concrete element installation plan for the Länsimetro site and the precast concrete element installation plan base for future use. The work was commissioned by Torppari Yhtiöt Oy, a construction company which is specialized in on site concrete constructions. All documents were tied as part of the operating model for precast concrete element installations. The documents help work managers in site management and in the documentations on the construction site.

The theoretical part for this thesis was accumulated from the internet and source books. Some of the materials were also based on discussions with the company's personnel and with a project management contractor. In addition to source material, the documents were tested in practice. All documents were created for the company's internal use, so it was necessary to find out the opinions of the staff. In this thesis the Länsimetro 2 RU27 construction site was used as an example for precast concrete element installations in challenging and in the tunnel conditions. With the help of the example construction site, the challenges and the constraints of the precast concrete element installations were presented. Occupational safety was also one of the important themes of this thesis.

At the end of the study, the results of the studies are presented. At the end there are also presented the development needs of element installations and the process of creating guidance documents and their content. In short, there are still some needs to develop the precast concrete element installations process more. With this thesis Torppari Yhtiöt Oy got fine base documents for future use and a new system for precast concrete element installations.

Keywords: Precast concrete element, Precast concrete element installations, Check list, Occupational safety

## Sisällys

1	Johdanto .....	6
1.1	Lähtökohdat.....	6
1.2	Opinnäytetyön tavoite ja sisältö .....	6
1.3	Käytettävät menetelmät .....	7
2	Betonelementit .....	8
3	Elementtirakentamisen osapuolet ja vastuut.....	9
3.1	Rakennuttaja .....	9
3.2	Turvallisuuskoordinaattori.....	10
3.3	Suunnittelijat.....	10
3.3.1	Vastaava rakennesuunnittelija .....	11
3.3.2	Elementtisuunnittelija .....	11
3.4	Elementtien valmistaja.....	12
3.5	Urakoitsija.....	12
3.5.1	Urakoitsijan velvollisuudet .....	13
3.5.2	Työnjohto .....	14
3.5.3	Työntekijät.....	15
3.6	Valvoja.....	16
4	Elementtirakentamisen suunnitelmat .....	16
4.1	Työmaasuunnitelma .....	17
4.2	Putoamissuojaussuunnitelma .....	18
4.3	Nostotyösuunnitelma .....	18
4.4	Henkilönostotyösuunnitelma.....	19
4.5	Elementtiasennussuunnitelma.....	20
4.5.1	Kohdetiedot työmaasta.....	21
4.5.2	Elementtien siirrot ja varastointi .....	22
4.5.3	Elementtien nostot.....	23
4.5.4	Elementtien asennus.....	24
4.5.5	Mittaukset ja laadunvalvonta .....	26
4.5.6	Liitteet.....	26
5	Elementtirakentamisen turvallisuus .....	27
5.1	Turvallinen käsittely .....	27
5.2	Olosuhteet .....	28
5.2.1	Liikkuminen työmaalla .....	28
5.2.2	Työmaajärjestys .....	29
5.2.3	Sääolosuhteet .....	29
6	Elementtiasennusohjeistukset työnjohdolle ja asentajille.....	30
6.1	Ohjeistus työnjohdolle .....	31
6.2	Ohjeistus asentajille.....	33
7	Esimerkkikohde: Elementtiasennukset Länsimetron työmaalla .....	34
7.1	Taustatietoa Länsimetrosta .....	35
7.2	Työmaa ja lähtökohdat .....	36
7.3	Suunnitelmat.....	37
7.4	Asennustyöt.....	39
7.4.1	Kommunikointi asennuksien aikana .....	40
7.4.2	Elementtien asennus.....	41
7.4.3	Terästasojen asennus .....	45
7.5	Laadunvarmistus .....	47
7.5.1	Asennuksien tarkastusasiakirja .....	48

7.5.2	Työmaapäiväkirja .....	51
7.6	Asennuksien haasteet, olosuhteet, ja työturvallisuus .....	53
7.6.1	Olosuhteet .....	54
7.6.2	Työturvallisuus .....	57
7.7	Länsimetron elementtiasennukset kokonaisuutena ja niiden vaikutus tulevaisuudessa.....	61
8	Kehitetty toimintajärjestelmä kokonaisuutena .....	62
8.1	Järjestelmän osat .....	62
8.2	Dokumenttien arkistointi .....	63
8.3	Jatkokehitys.....	64
8.4	Kokemuksia järjestelmästä Länsimetron työmaalla .....	65
9	Kehitysehdotukset elementtiasennuksiin .....	66
10	Yhteenveto ja pohdinta .....	69
10.1	Opinnäytetyön tavoitteiden täyttyminen .....	71
10.2	Oppimisprosessi opinnäytetyötä tehdessä .....	72
	Lähteet.....	74

#### Liitteet

- Liite 1 Elementtiasennusohjeistus työnjohdolle
- Liite 2 Elementtiasennusohjeistus asentajille
- Liite 3 Asennuksien tarkastusasiakirja
- Liite 4 Elementtiasennussuunnitelmapohja
- Liite 5 Elementtiasennussuunnitelma Länsimetro 2

# 1 Johdanto

## 1.1 Lähtökohdat

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan elementtiasennuksia haastavissa olosuhteissa ja tunneliolosuhteissa ja tähän liittyviä rajoitteita sekä haasteita. Opinnäytetyön tilaajana toimii betonirakentamiseen erikoistunut rakennusliike Torppari Yhtiöt Oy. Työssä käytetään esimerkkikohteena Länsimetron rakennusvaiheen 2 (jäljempänä LM2), rakennusurakan numero 27 (jäljempänä RU27) elementtiasennuksia. Länsimetron työmaalla elementtejä asennetaan metrotunnelin pystykuihuihin vaihtelevissa olosuhteissa kuten talvella, mikä asettaa työlle omat haasteensa ja rajoitteensa.

Rakennusliikkeen toimeksiantona on luoda Länsimetron urakkaan elementtiasennusuunnitelma, joka sopii kyseisen työmaan erityisiin olosuhteisiin. Tämän lisäksi tehtävänä on kehittää elementtiasennuksien tarkastusasiakirja kyseiselle työmaalle.

Tällä hetkellä Torpparin elementtiasennuksia sisältäviä työmaita on ollut alle viisi, mutta kasvua on odotettavissa. Tämän takia yrityksellä on tarve saada valmis ja helposti täydennettävä elementtiasennusuunnitelmapohja ja ohjeistukset asennuksista, niin työnjohdolle kuin asentajille tulevia työmaita varten. Yrityksen tarpeena on myös saada toimiva uusi toimintajärjestelmä laadittavien dokumenttien ympärille.

## 1.2 Opinnäytetyön tavoite ja sisältö

Työn tavoitteena on perehtyä elementtiasennuksien osapuoliin ja suunnitelmiin sekä haasteisiin. Tärkeimpänä tavoitteena on kehittää Torpparin elementtiasennusten toimintamallia ja luoda elementtiasennusohjeistukset niin työnjohdolle kuin asentajille. Sivutavoitteena pyritään luomaan Torpparille Länsimetron urakkaan haastavat olosuhteet huomioon ottava elementtiasennusuunnitelma sekä asennusientarkastusasiakirja. Näitä tavoitteiden mukaisia asioita käytetään ja sovelletaan Torpparin Länsimetron elementtiasennusurakassa. Opinnäytetyön osana kehitettyjen dokumenttien ympärille on tavoitteena kehittää toimintajärjestelmä, jota voidaan käyttää myös tulevilla työmailla. Aiheen ulkopuolelle on rajattu

kaikki muut elementtisennuksiin liittyvät suunnitelmat kuin elementtiasennus-suunnitelma. Muita suunnitelmia käsitellään kuitenkin työn teoriaosassa lyhyesti.

Torpparilla ei ole toistaiseksi yhtenäistä elementtiasennuksiin tai tarkemmin niiden asennussuunnitelmiin liittyvää toimintamallia. Tarkoitus on yhtenäistää yrityksen nykyiset toimintamallit yhdeksi kokonaisuudeksi, jolloin oleellisesti elementtiasennuksissa tarvittaviin dokumentteihin on olemassa työjohdon saatavilla valmiit pohjat. Näitä dokumentteja täydentämällä ja käyttämällä päästään tehokkaasti eroon aikaa vievästä jokaiselle työmaalle uudelleen laadittavista dokumenteista.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on myös herättää uusia näkökulmia ja ajatuksia elementtiasennuksien toteutuksesta sekä kehittämistarpeista. Lisäksi työ mahdollistaa Torppari Yhtiöt Oy:n henkilöstön ottamaan käyttöönsä osana tätä opinnäytetyötä tehdyt dokumentit tulevissa ja meneillään olevissa urakoissa sekä käyttämään raporttia tietopakettina vähemmän kokeneille elementtiasennustyönjohtajille. Kaikkia dokumenttipohjia on mahdollista tarkentaa ja muokata henkilöstön toiveiden mukaan myös jälkikäteen. Opinnäytetyön raportti sidotaan myös osaksi kehitettävää elementtiasennusten toimintajärjestelmää.

### **1.3 Käytettävät menetelmät**

Yhtenä aineistonkeruumenetelmänä käytetään aiheesta olemassa oleviin kirjallisiin aineistoihin, kuten kirjoihin, standardeihin, asetuksiin ja ohjeisiin perehtymistä. Tämän lisäksi aineistoa kerätään työn alkuvaiheessa työmaavierailuin ja loppuvaiheessa työmaalla työskentelyn ohessa. Osa aineistosta perustuu suullisiin keskusteluihin Torpparin henkilöstön ja RU27-projektinjohtourakoitsijan GRK Infra Oy:n kanssa.

Aineistoa kerätään myös perehtymällä RU27-urakkaan kuuluviin suunnitelmiin, kuten arkkitehti- ja rakennesuunnitelmiin. Tärkeänä osana ovat myös elementtisuunnitelmat. Näihin asiakirjoihin perustuva aineisto on pääsääntöisesti salassa pidettävää, joten niitä ei voida sellaisenaan julkaista.

## 2 Betonielementit

Betonielementeillä tarkoitetaan betonista elementtitehtaalla valettuja valmisosia, kuten seiniä, laattoja, pilareita, palkkeja, kuilujenosia ja tilaelementtejä. Nykyisellä valmistustekniikalla edellä mainittuja elementtejä voidaan valmistaa hyvin monimuotoisesti eri käyttötarkoituksiin. (Betoniteollisuus Ry a.)

Betonielementtirakenteet ovat yleisin tapa toteuttaa monikerroksisten rakennusten rungot Suomessa. Betonielementtien käyttö rakentamisessa perustuu seuraaviin asioihin:

- betonielementtejä on käytetty ja kehitetty vuosikymmenien ajan (1960-1970-luvuilta lähtien)
- elementtien valmistajia on paljon, eli saatavuus on hyvä
- kuljetus on Suomessa mahdollista pitkien matkojen päästä esimerkiksi junilla tai rekka-autoilla, joista jälkimmäinen on useimmin käytetty
- elementtien avulla voidaan toteuttaa koko rakennuksen runko
- elementtisuunnittelu on vakioitu, eli se perustuu esimerkiksi vakioratkaisuihin ja liitososiin
- elementtien valmistus tapahtuu säältä suojatuissa sisätiloissa tarkan laadunvalvonnan alaisuudessa
- rakennusaika elementtejä käyttäen on lyhyt verrattuna esimerkiksi paikallavalurakenteisiin
- tehtaassa valmistaminen mahdollistaa korkealuokkaisen betonin käytön
- elementti rakenteisiin voidaan soveltaa hyvin elinkaari- ja käyttöikäsuunnittelua
- elementtirungon osat on mahdollista suunnitella purettaviksi ja poissiirrettäviksi. (RT 82-10821 2004, 2.)

### **3 Elementtirakentamisen osapuolet ja vastuut**

Kaikkien rakennushankkeen osapuolien edellytetään ottavan huomioon työturvallisuusnäkökohdat jo ennen rakentamisen alkamista. Rakennuttajan, suunnittelijoiden ja pääurakoitsijan on osaltaan edistettävä rakennustyön turvallista toteuttamista selvittämällä ja poistamalla mahdolliset vaaranpaikat jo hankkeen suunnittelu- ja valmisteluvaiheissa. Mikäli vaaroja ja riskejä ei voida poistaa hankkeen valmisteluvaiheessa, on suunniteltava tarpeelliset suojautumistoimenpiteet, joilla vaarat ja riskit saadaan eliminoitua rakentamisen aikana. Pääurakoitsijan ohella rakennuttajan ja suunnittelijan vastuullisella toiminnalla on suuri vaikutus rakennustyönturvallisuuteen. (Hietavirta, Hokkanen, Lappalainen, Patrikainen & Päivärinta 2018, 23, 24.)

Elementtirakentamisessa osapuolia on enemmän kuin perinteisessä paikallavalurakentamisessa. Paikallavalurakentamisesta puhuttaessa normaalien rakennuttaja- ja työmaaorganisaatioiden lisäksi tarvitaan rakenne- ja arkkitehtisuunnittelijat sekä erityisalojen suunnittelijat, kuten sähkö- ja lvi-suunnittelijat. Elementtirakentamisessa on mukana edellä mainittujen organisaatioiden lisäksi myös elementtisuunnittelijoita sekä elementtien valmistusorganisaatio.

#### **3.1 Rakennuttaja**

Kaikissa rakennushankkeissa tulee olla rakennuttaja. Rakennuttajalla tarkoitetaan tahoja, jonka toimeksiannosta rakennustyö toteutetaan (Hietavirta ym. 2018, 22). Rakennuttaja voi olla yksityinen henkilö tai organisaatio, joka ryhtyy rakennustyöhön. Hän valvoo ja ohjaa hanketta koko hankkeen ajan. Rakennuttajalla voidaan tarkoittaa myös rakennushankkeen tilaajaa, asiakasta, käyttäjää tai mitä tahansa henkilöä tai organisaatiota, jonka lukuun rakennushanke toteutetaan. Mikäli rakennuttajalla eli rakennushankkeeseen ryhtyvällä ei ole itsellään riittävästi tietotaitoa rakennusalalta, voi hän palkata rakennuttajatehtävistä huolehtimaan rakennuttajakonsultin. (Markkanen 2011, 12.) Rakennuttajalla on rakennustyön-tilaajana valta sanoa viimeinen sana (Hietavirta ym. 2018, 22).

Rakennuttajan keskeisimpiä velvoitteita ovat turvallisuuskoordinaattorin ja päätoiteuttajan nimeäminen, turvallisuusasiakirjan laatiminen, aloituskokouksen pitämi-

nen sekä rakennuskohteen ylläpitoa, huoltoa, kunnossapitoa ja korjaamista koskevien kirjallisten käyttö- ja huolto-ohjeiden laatiminen. Rakennuttajan tulee myös johtaa ja valvoa suunnittelua sekä seurata ja varmistaa, että päätoteuttaja hoitaa velvoitteensa. (Markkanen 2011, 16.)

### **3.2 Turvallisuuskoordinaattori**

Turvallisuuskoordinaattori on rakennuttajan nimeämä henkilö, joka rakennuttajan edustajana huolehtii sille vaadittujen turvallisuustehtävien toteutumisesta ja yhteensovittamisesta. Turvallisuuskoordinaattori toimii yhteistyössä muiden hankkeen osapuolien kanssa rakennushankkeen valmisteluvaiheesta alkaen. Hänen velvoitteitansa ovat mm.

- yhteistoiminta eri hankkeen osapuolien kanssa
- suunnittelutoimeksiannon laadinta
- suunnittelijoiden työn yhteensovittaminen ja seuranta
- turvallisuusasiakirjan laadinta ja ylläpito
- kirjallisten turvallisuussäätöjen ja menettelyohjeiden laadinta
- vaarojen ennalta ehkäisy
- rakennuttajan antamien turvallisuuteen liittyvien lähtötietojen huomioisen sekä ohjeiden ja määräysten noudattamisen valvonta. (Hietavirta ym. 2018, 27.)

### **3.3 Suunnittelijat**

Kaikilla suunnittelijoilla on työturvallisuuslain mukainen velvollisuus ottaa työsuojeluasiat huomioon suunnittelussa. Rakennuttaja edellyttää suunnittelijoiden ottavan huomioon työturvallisuuden suunnitelmia laadittaessa. Esimerkiksi geoteknisissä suunnitelmissa tulee ottaa huomioon myös nostolaitteista ja elementtien varastoinnista aiheutuvat kuormat. Suunnittelijoiden tulee myös ottaa huomioon, että työstä ei aiheudu vaaraa työntekijöiden lisäksi muillekaan työn vaikutuspiirissä oleville henkilöille, kuten ohikulkijoille. (Hietavirta ym. 2018, 33.)

Elementtirakentamiseen liittyvän suunnittelun tärkeimpiä henkilöitä ovat vastaava rakennesuunnittelija, jonka vastuulla on rungon kokonaisstabiiliteetti, sekä

yksittäisten elementtien suunnittelija. Heidän tulee toimia tehokkaasti yhteistyössä kaikkien osapuolien kanssa.

### **3.3.1 Vastaava rakennesuunnittelija**

Vastaavan rakennesuunnittelijan on huolehdittava, että rakennesuunnitelmat ja erityisalojen suunnitelmat ovat elementtien asennustyön kannalta ristiriidattomat ja muodostavat kokonaisuuden. Tämän kokonaisuuden tulee täyttää elementtirakentamisen sille asettamat työturvallisuusvaatimukset. (Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009, 7§.)

Elementtirakentamisessa rakennesuunnittelijalla on erityisiä velvoitteita verrattuna muihin rakentamistapoihin. Kun kyseessä on elementtirakentaminen, rakennesuunnittelija on veloitettu antamaan tarvittavat tiedot päätoteuttajalle elementtiasennussuunnitelman laadintaa varten. Näitä ovat tiedot elementtien asennusjärjestyksestä, väliaikaisesta tuennasta ja lopullisesta kiinnittämisestä siten, että rakenteellinen vakavuus säilyy kaikissa asennustyönvaiheissa. (Hietavirta ym. 2018, 116.)

Rakennesuunnittelijan on myös määritettävä, miten elementit nostetaan ja laadittava tästä tarvittavat suunnitelmat. Tarkoitus on varmistaa, että tarvittavat kiinnityspisteet ja nostolaitteet kiinnitettäisiin elementteihin jo tehtaalla ja elementtien asennustyö voidaan tehdä turvallisesti ja terveellisesti. (Hietavirta ym. 2018, 116, 117.)

### **3.3.2 Elementtisuunnittelija**

Elementtisuunnittelija eli valmisosasuunnittelija suunnittelee yksittäisen elementin rakenteellisen tuotantosuunnitelman. Suunnitelmassa huomioidaan kyseisen valmisosan valmistuksen, käsittelyn ja asentamisen sekä lopputilanteen rasitukset ja tuennat. (RT 10-11011 2010, 2.)

Elementtisuunnittelija merkitsee yksittäisen elementin suunnitelmaan elementin painon ja painopisteen, nostolenkit ja niiden sijainnit mitoitettuna sekä muut mahdolliset nostoelimet, kuten nostoreiät, nostokorvat ja tarrainten kiinnittymiskohdat. Kaikki suunnitelmassa esitettävät asiat merkitään suunnitelmaan mitoitettuna. Elementtisuunnittelijan tulee antaa ohjeet myös

- elementtien sallituista nostotavoista, nostokulmista, kääntötavoista sekä muista nostoon liittyvistä rajoituksista
- irrotettavista nostoelimistä
- väliaikaisten tukien kiinnityskohdista ja tavoista
- tuennasta, mikäli elementti vaatii kuljetuksen- tai asennuksen aikaista tuentaa
- työtasojen ja kaiteiden kiinnityksiin tarvittavista kiinnityselimistä
- muottien purkulujuudesta ja elementin vaaditusta lujuudesta nostotilanteessa. (RT 10-11011 2010, 5.)

### **3.4 Elementtien valmistaja**

Elementtien valmistajan ensisijainen tehtävä on valmistaa elementit suunnittelijan toimittamien suunnitelmien mukaisesti. Betonielementit valmistetaan tarkoitukseen rakennetussa betonielementtitehtaassa, jonka välittömässä läheisyydessä on pääsääntöisesti myös betoniasema.

Muiden osapuolten lisäksi myös elementtien valmistaja laatii ohjeet elementtien varastoinnista, nostoista, kiinnittämisestä ja asennuksen aikaisesta tuennasta sekä muista turvallisuuden kannalta merkityksellisistä työvaiheista. Elementtien valmistajan on toimitettava laatimansa ohjeet työmaalle hyvissä ajoin, ennen elementtien asennustyön aloitusta. Valmistajan tulee varustaa elementit tarpeellisin tunnustetiedoin, jotta voidaan varmistaa elementtien turvallinen asennus. (Hietavirta ym. 2018, 122.)

### **3.5 Urakoitsija**

Rakennushankkeessa voi olla useita rakennustyöntekijöitä eli urakoitsijoita, joista yleensä yksi on pääurakoitsija. Muut urakoitsijat voivat olla ali- tai sivu-urakoitsijoita. Elementtien asennustyön toteuttaa jokin näistä urakoitsijoista. Nykyisin usein pääurakoitsija tai pääurakoitsijan valitsema alieurakoitsija.

Rakennuttaja valitsee hankkeeseen pääurakoitsijan, josta käytetään yleisesti nimitystä päätoteuttaja. Päätoteuttaja voi olla myös rakennuttaja, mikäli urakamuotona on esimerkiksi jaettu-urakka, jolloin varsinaista pääurakoitsijaa ei ole.

(Markkanen 2011, 12.) Tässä opinnäytetyössä elementtiasennusurakoitsijasta käytetään vain nimitystä urakoitsija.

### **3.5.1 Urakoitsijan velvollisuudet**

Urakoitsijan turvallisuuteen liittyvistä tehtävistä tärkeimpiä ovat turvallisuussuunnittelu, yhteistyökäytäntöjen selvitys eri osapuolien kanssa, työvaiheiden yhteensovitus, turvallisuuden johtaminen ja työmaan järjestyksestä sekä siisteydestä huolehtiminen. Turvallisuussuunnitteluun kuuluu mahdollisten riskien ja vaaratekijöiden selvitys, missä rakennuttajan valmisteleva turvallisuusasiakirja toimii apuna. Turvallisuusasiakirjassa ja urakoitsijan turvallisuussuunnittelussa ilmenneet vaaratekijät ja riskit ovat urakoitsijan valitsemilla menetelmillä poistettava, tai mikäli tämä ei ole mahdollista, on niiden merkitys arvioitava terveyden ja turvallisuuden kannalta. (Hietavirta ym. 2018, 42–43, 189.)

Urakoitsija tekee työvaihekohtaiset suunnitelmat jokaisesta työvaiheesta oman suunnittelunsa ja muiden osapuolten suunnitelmien pohjalta. Elementtirakentamiseen olennaisesti liittyviä suunnitelmia ovat työmaa-, elementtien asennus-, ja putoamissuojaussuunnitelma sekä vaikeiden nostojen nostotyösuunnitelma ja henkilönostotyösuunnitelma. (Hietavirta ym. 2018, 42–43, 44, 47, 50, 193–195.)

Suunnitelmien lisäksi urakoitsijan on järjestettävä elementtien vastaanottotarkastus työmaalla ottaen huomioon valmistajan ohjeet. Tarkastuksessa todetaan silmämääräisesti elementtien kunto eli mahdolliset kuljetuksessa syntyneet vauriot sekä elementtitoimituksen sisällön oikeellisuus. Jokaisessa elementissä tulee olla myös siihen kuuluvat tunnistetiedot. Tämän lisäksi tulee tarkastaa, että elementissä olevat nostopisteet ovat oikeanlaiset ja oikeassa paikassa. Tarkastuksen yhteydessä mahdolliset virheet ja/tai puutteet kirjataan kuormakirjaan sekä tarvittaessa reklamoidaan elementtien valmistajalle. Urakoitsijan on ennen elementtien asennusta varmistuttava, että valmistajan käsittelyohjeet eivät ole ristiriidassa turvallisen asennuksen kanssa. (Heiska & Koskenvesa 2007, 25.)

Urakoitsijan työturvallisuuteen liittyvät velvollisuudet ovat sekä varmistaa työntekijöiden pätevyys että pitää kirjaa jokaisesta työmaalla olevasta työntekijästä. Yleensä vaadittavia pätevyksiä/lupia ovat työturvallisuus- ja tulityökortti sekä

joissain tapauksissa tieturvakortti. Rakennuttaja voi edellyttää rakennustyöntekijöiltä työterveyskorttia. Urakoitsija antaa työntekijöilleen kuvallisen henkilökortin, joka usein toimii kulkulupana työmaalle. Henkilökortti itsessään ei kuitenkaan riitä perusteeksi kulkuluvan myöntämiselle, vaan henkilökortin lisäksi vaaditaan asianmukainen perehdytys. (RT 10-10982 2010, 6.)

### 3.5.2 Työnjohto

Päätoteuttajan tulee nimetä työmaalle pätevä vastuuhenkilö, joka huolehtii turvallisuuden ja terveyden kannalta tarpeellisesta työmaan yleisjohdosta ja tiedonkulun järjestämisestä sekä toimintojen yhteensovittamisesta ja työmaan yleisestä siisteydestä ja järjestyksestä. (Markkanen 2011, 19). Myös jokaisen muun urakoitsijan on nimettävä työmaalle oma vastuuhenkilönsä, joka on yleensä työnjohtaja. Vastuuhenkilöltä ei edellytetä jatkuvaa läsnäoloa työmaalla vaan riittää, kun hän on tavoitettavissa työaikana. Vaatimus koskee kaikkia tilanteita, joissa työnantajalla on työmaalla yksikin työntekijä. (Markkanen 2011, 22; Hietavirta ym. 2018, 51.)

Työmaan johtovelvollisuuksista vastaava pääurakoitsija nimeää työmaalle vastaavan työnjohtajan, joka johtaa rakennustyötä ja vastaa sen suorittamisesta voimassa olevien lakien ja rakennusmääräysten mukaisesti. Vastaavan työnjohtajan hyväksyy rakennusvalvontaviranomainen. (Markkanen 2011, 19.) Yleensä vastuuhenkilö ja vastaava työnjohtaja ovat sama henkilö. On kuitenkin mahdollista, että työmaalla toimivat vastaavana työnjohtajana ja vastuuhenkilönä eri henkilöt. (Hietavirta ym. 2018, 51.)

Työmaalla toimii useita eri erikoisalojen työnjohtajia, joilla tulee olla asianmukainen pätevyys toimia kyseisessä asemassa. Työnjohdon tehtävä on valvoa työmaalla mm. koneiden, käytettävien laitteiden ja työvälineiden kuntoa, työmenetelmiä sekä henkilösuojainten käyttöä. Myös työntekijöiden opastus ja ohjaus työmaalla kuuluu työnjohdon tehtäviin. (Hietavirta ym. 2018, 29.) Edellä mainittujen asioiden lisäksi työnjohdon tehtäviin kuuluu moninaisesti erilaisia asioita kuten:

- tehtäväsuunnittelua
- ajallista suunnittelua ja valvontaa
- työ- ja ympäristöturvallisuuden huomioimista

- työmaalla pidettäviin palavereihin ja kokouksiin osallistuminen sekä niiden järjestäminen
- työmaasuunnittelua
- lisä- ja muutostöiden suunnittelua
- rakentamisen laadunvalvontaa. (YMo 5/601/2015 2015, 14–18; Työturvallisuuslaki 738/2002.)

Elementtiasennuksiin on nimettävä erillinen elementtiasennustyönjohtaja, jonka velvollisuus on valvoa ja ohjata elementtiasennustyötä niin, että se toteutuu turvallisesti ja terveellisesti suunnitelmia noudattaen. Elementtiasennustyönjohtajana voi toimia FISE pätevyyden omaava- tai muu rakennuttajan hyväksymä henkilö. (Betoniteollisuus Ry b.)

### **3.5.3 Työntekijät**

Työntekijällä tarkoitetaan henkilöä, joka suorittaa rakennustyötä työnantajansa lukuun. Työntekijöiden on työssään huolehdittava omasta sekä muiden työntekijöiden turvallisuudesta ja terveydestä työnantajalta saamansa opastuksen ja ohjeiden mukaisesti. Jokaisella työntekijällä on velvollisuus työskennellä turvallisesti ja hänellä on oikeus kieltäytyä työstä, jos se aiheuttaa vakavaa varaa itselle tai muille työntekijöille. Jokaisen työntekijän tulee havainnoida ympäristöään jatkuvasti ja tunnistaa siitä mahdollisia vaaroja. Mikäli puutteita havaitaan, tulee ne korjata välittömästi. Myös läheltä piti -tilanteet ja turvallisuutta vaarantavat puutteet on ilmoitettava välittömästi työnjohdolle. (Heiska & Koskenvesa 2007, 9, 11.)

Elementtiasennustyössä käytettäviä henkilökohtaisia suojarusteita ovat puotamissuojavarustus, kypärä, turvakengät, suojakäsineet, ja huomioväriset vaatteet sekä silmä- ja kuulonsuojaimet. Hitsaustöitä tehtäessä tulee käyttää hitsausmaskia sekä pölyävissä olosuhteissa hengityssuojainta. Työntekijällä on velvollisuus käyttää edellä mainittuja turvavarusteita työturvallisuuden ja -terveyden ylläpitämiseksi. (Heiska & Koskenvesa 2007, 21.)

### **3.6 Valvoja**

Tässä opinnäytetyössä valvojalla tarkoitetaan muuta valvojaa kuin viranomaisvalvojaa. Valvojalla tarkoitetaan siis henkilöä, joka valvoo rakennuttajan etua rakennushankkeessa. Täten valvoja voi antaa urakoitsijalle valtuuksiensa puitteissa sopimusasiakirjojen selventämistä koskevia ja työn suoritukseen liittyviä ohjeita, joita urakoitsijan tulee noudattaa. (RT 16-11121 2013.)

Valvojan tehtäviin kuuluu rakennushankkeen yleisvalvonta, ajallinen valvonta, työmaan turvallisuuden ja ympäristön valvonta, teknisen toteutuksen laadunvalvonta, taloudellinen valvonta, dokumentointi ja käytönopastuksen valvonta. Muita mahdollisia valvontatehtäviä ovat takuuajan tehtävät ja erikoisvalvonta rakennushankkeen tyypistä riippuen. (RT 16-11121 2013.)

Valvonnan tarkoituksena on rakentamisen laadunvarmistus työmaalla. Työmaa-valvonnan jokaisella osa-alueella pyritään kattavaan ja ennakoivaan toimintaan rakennuttajan ja asukkaan tai muun käyttäjän edun varmistamiseksi. (RT 16-11121 2013.)

## **4 Elementtirakentamisen suunnitelmat**

Elementtirakentamiseen liittyy useita eri suunnitelmia. Tässä työssä käsitellään vain suunnitelmat, jotka urakoitsija laatii työmaalle kohdekohtaisesti. Pääpaino on elementtiasennussuunnitelmassa, mutta myös muut urakoitsijan laatimat suunnitelmat käsitellään lyhyesti, sillä niillä on merkittävää vaikutusta elementtiasennuksien toteutukseen.

Muita kuin tässä työssä esitettyjä suunnitelmia ovat mm. rakennesuunnittelijan laatimat piirustukset ja toteutuseritelmat sekä elementtisuunnittelijan laatimat yksittäisten elementtien suunnitelmat. Muiden suunnitelmien merkitystä elementtiasennuksissa ei tule kuitenkaan väheksyä, sillä niiden vaikutus asennuksien oikeaan toteutukseen ja laadukkaaseen lopputulokseen on kuitenkin merkittävä.

## 4.1 Työmaasuunnitelma

Päätoteuttajan on esitettävä rakennuttajalle ennen rakennustöiden alkua työmaasuunnitelma. Päätoteuttaja on myös velvollinen päivittämään suunnitelmaa töiden edetessä. (Hietavirta ym. 2018, 46.)

Työmaasuunnitelmassa on järjestelmällisesti selvitettävä ja tunnistettava työmaa-alueen järjestelyyn, toteutukseen ja käyttöön liittyvät vaara- ja haittatekijät. Suunnitelmaa laadittaessa on siis otettava huomioon rakennuttajan turvallisuusasiakirjan tiedot. Päätoteuttajan laatima työmaasuunnitelma toimii reunaehtoina muille työmaan suunnitelmille. (Hietavirta ym. 2018, 46.)

Työmaasuunnitelmaan liittyy päätoteuttajan tekemä rakennustyömaa-alueen käytön suunnitelma. Suunnittelu tehdään jatkuvan suunnittelun periaatteella. Tarvittaessa suunnitelma esitetään rakennus- ja työvaiheittain. Rakennustyömaa-alueen käytön suunnittelussa on kiinnitettävä erityisesti huomiota seuraaviin asioihin:

- toimisto-, henkilöstö- ja varastotilojen sijainnit ja määrät
- nostureiden, koneiden ja laitteiden sijoittuminen työmaalle
- kaivuu- ja täyttömassojen sijoitus
- rakennustarvikkeiden ja -aineiden sekä elementtien lastaus-, purku- ja varastointipaikkojen sijoitus
- elementtirakentamisessa nostureiden nostopaikkojen perustus ja maapohjan mahdollinen vahvistus, nostureiden nostosäteet ja -kapasiteetit, nosturinkuljettajien esteetön näköyhteys elementtivarastoon ja asennuskohteeseen
- työmaaliikenne ja yleinen liikenne sekä niiden liittymäkohdat
- kulku-, nousu- ja kuljetustiet ja niiden kunnossapito
- työmaan järjestys ja siisteys
- jätteiden kerääminen, säilyttäminen, poistaminen ja hävittäminen
- palontorjunta
- varastointialueiden sijainnit ja rajaukset, kun niihin sijoitetaan turvallisuudelle ja terveydelle haitallisia aineita tai materiaaleja. (Hietavirta ym. 2018, 46–47.)

Työmaasuunnitelma esitetään tasopiirroksena mittakaavassa. Se on keskeinen tiedottamisen väline, jolla osoitetaan kaikille rakennushankkeen osapuolille, miten työmaan toiminnot eri rakentamisen vaiheissa on suunniteltu tapahtuviksi ja sijoitettaviksi. Työmaasuunnitelma olisi hyvä olla nähtävillä näkyvällä paikalla, kuten henkilöstötiloissa. (Hietavirta ym. 2018, 47.)

## **4.2 Putoamissuojaussuunnitelma**

Putoamissuojaussuunnitelman laatii päätoteuttaja. Tällä suunnitelmalla tarkoitetaan toimenpiteitä, joilla estetään työntekijöiden putoaminen työtasoilta tai kulku-teiltä, erilaisista aukoista sekä telineiltä. Lisäksi suunnitelmassa tulee esittää suo-jaukset putoavilta esineiltä. (Markkanen 2011, 53.)

Suunnitelman tekijän edellytetään tunnistavan putoamisvaarat eri työvaiheissa. Tekijällä tulisi olla myös jonkin verran tietämystä erilaisista porras-, kaide-, teline-ym. ratkaisuista ja niiden soveltuvuudesta kyseessä olevan työmaan tilanteisiin. Suunnittelijan tulee ottaa huomioon työn- ja käytönaikaiset suojarakenteet ja nii-den tarvitsemat kiinnitykset sekä ilmoitettava niiden tyypit ja paikat muille suun-nittelijoille. (Markkanen 2011, 53–54.)

Elementtiasennuksissa putoamissuojaussuunnitelma tulee laatia osana element-tiasennussuunnitelman laatimista. Suunnitelmat voivat kuitenkin olla erillisiä do-kumentteja, mutta tästä huolimatta putoamissuojaus on otettava huomioon myös elementtiasennussuunnitelmassa. Jos varsinaisten elementtisennustöiden li-säksi myös muut työt, kuten viimeistelytyöt aiheuttavat putoamisriskejä, on suun-nitelmaa tarkennettava näiden töiden osalta. Elementin asennuksen ajaksi pois-tettava suojausrakenne on asennettava asennuksen jälkeen takaisin paikoilleen viipymättä. (Markkanen 2011, 53.)

## **4.3 Nostotyösuunnitelma**

Vaikeista nostoista tulee tehdä kirjallinen suunnitelma. Vaikeisiin nostoihin kuu-luvat nostaminen useammalla kuin yhdellä nosturilla, erityisen painavien tai suu-rikokoisten taakkojen nostaminen, hankalissa olosuhteissa tapahtuvat nostotyöt

ja muut tarkempaa suunnittelua vaativat nostot, kuten elementtien kääntäminen ilmassa. (Markkanen 2011, 69.)

Nostotyösuunnitelma laaditaan päätoteuttajan johdolla kyseessä olevien töiden urakoitsijan ja tarvittaessa rakennesuunnittelijan kesken. Myös nosturin ja nostotyön tilaajan sekä nosturin toimittajan on osallistuttava suunnitelman laadintaan. (Markkanen 2011, 69–70.)

Nostotyösuunnitelmassa esitetään nostotyön olosuhteet, nostettavan taakan nostokohdat ja käsittelyohjeet sekä nostomenetelmät ja nostotyönvaiheet. Lisäksi tulee esittää tarvittavat maapohjan tai muiden rakenteiden vahvistukset, turvallisuuteen liittyvät toimet, nostotyöhön osallistuvien työntekijöiden ohjeistuksen ja opastuksen tarve sekä nostotyöstä vastuussa olevat henkilöt. Suunnitelmassa on varmistettava nostolaitteiden ja -apuvälineiden kunto sekä soveltuvuus nostoon. Lisäksi on esitettävä taakankiinnitys ja sen riittävä tuenta sekä tasapaino. (Markkanen 2011, 70.)

Nostotyö tulee suunnitella niin, että nostettavan taakan alla tai vaara-alueella ei liiku tai oleskele ihmisiä noston aikana. Varsinkin tilanteissa, joissa elementtejä nostetaan varastoon tai varastosta pois, ei nostoja saa tehdä työntekijöiden yli. Tarvittaessa tulee käyttää apuna merkinantajaa erityisesti silloin kun nosturin käyttäjä ei voi jatkuvasti valvoa taakan liikkumista. (Markkanen 2011, 70.)

#### **4.4 Henkilönostotyösuunnitelma**

Henkilönostotyösuunnitelma tehdään kirjallisena aina ennen kuin henkilönostotyöt voidaan aloittaa. Suunnitelman tekee se urakoitsija, joka aikoo suorittaa henkilönostotyötä. Suunnitelma tulee esitellä päätoteuttajalle ja rakennuttajalle. (Markkanen 2011, 69.)

Suunnitelmassa on esitettävä työssä käytettävän nostokoneen soveltuvuus työhön sekä sen kunto ja turvavaljaiden käyttövaatimus. Lisäksi tulee esittää työkentelyalustan kantavuus ja työalueen turvallisuus sekä koneen käyttäjien perehdytys. Tulee myös varmistaa, että nostimen käyttöohjeet ovat saatavilla ja on annettava nostokoneen käyttäjälle kirjallinen lupa nostintyyppin käyttöön.

Suunnitelmassa on otettava huomioon, että valittu nostokone on tarkoitettu henkilöiden nostamiseen. Välineeseen, jota ei voida käyttää henkilönostoissa tulee tehdä selvä merkintä henkilönostokiellosta. Suunnitelma käydään läpi henkilönostoihin osallistuvien osapuolien kanssa ja vaaditaan suunnitelman ehdotonta noudattamista. (Markkanen 2011, 69.)

#### **4.5 Elementtiasennussuunnitelma**

Elementtiasennussuunnitelman laatii kyseenomaisen työn suorittava urakoitsija, mutta sen laatimiseen osallistuvat myös vastaava rakennesuunnittelija ja elementtien toimittaja. Heidän tulee antaa urakoitsijalle riittävät tiedot elementtien asennusjärjestyksestä, väliaikaisesta tuennasta ja lopullisista kiinnityksistä. Tiedot on annettava myös elementtien turvallisesta nostosta ja käsittelystä, sekä työnaikaisista asennustasoista, suojakaiteista ja muista turvallisuuskohdista sekä niiden kiinnittämisestä. (Hietavirta ym. 2018 116–118.)

Asennussuunnitelman tarkoituksena on saada aikaan suunnittelijoiden, elementtien valmistajan, päätoteuttajan ja elementtien asentajien kanssa toimintaperiaatteet turvallisen ja sujuvan asennustyön luomiseksi. Tähän kuuluvia tavoitteita ovat mm. rakentamisen aikainen varmuus, yleinen turvallisuus ja putoamissuojaus sekä asennustyön turvallisuus ja aikataulullinen sujuvuus. Suunnitelmaa laadittaessa tulee ottaa huomioon eriosapuolten asettamat työturvallisuusvaatimukset. (Markkanen 2011, 56.)

Asennussuunnitelmassa on esitettävä riittävän yksityiskohtaisesti elementtiasennustyöhön liittyvät asiat. Asennussuunnitelmassa esitettäviä asioita ovat

- kohdetiedot työmaasta
- elementit, nostoapuvälineet ja erityistoimenpiteet
- elementtien kuljetus työmaalla, kuormanpurku, vastaanotto ja työmaavarastointi
- nostot, asennus ja asennusjärjestys
- asennuksen aikainen tuenta ja vähimmäistukipinnat
- toleranssit ja seurantamittaukset
- elementtien lopulliset kiinnitykset

- työturvallisuus ja asennuksessa tarvittavat tasot sekä putoamissuojaukset
- suunnittelun varmentaminen. (Hietavirta ym. 2018, 119; Markkanen 2011, 56–57; Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009.)

Lisäksi suunnitelmaan tulevat suunnitelman laadintaan ja toteutukseen osallistuvien allekirjoitukset ja suunnittelijoiden hyväksymismerkinnät. Suunnitelman sisältö olisi hyvä käsitellä työmaakokouksessa ja se tulee esitellä myös asentajille. (Markkanen 2011, 58.)

#### 4.5.1 Kohdetiedot työmaasta

Asennussuunnitelman alussa on kerrottava kohteen tiedot, kuten kohteen nimi, osoite ja rakennusluvan tunnukset (Hietavirta ym. 2018, 218). Helpointa tietojen esittämiseen on luoda yksinkertainen taulukko (Taulukko 1).

<b>Kohde:</b>	Länsimetro 2 RU27
<b>Osoite:</b>	Osoite
<b>Rakennusluvan tunnukset:</b>	Rakennusluvan mukaiset tunnukset

Taulukko 1. Kohteen tiedot

Olennaista on myös kertoa suunnitelman alussa kohteen henkilöstö ja organisaatiot (Hietavirta ym. 2018, 218). Näiden tietojen esittäminen on hyvin vapaamuotoista, sillä sitä ei ole mitenkään määritelty. Yksinkertaisin tapa tässäkin tapauksessa on taulukoida tiedot (Taulukko 2, Taulukko 3), jolloin ne ovat helppolukuisia.

Tehtävä	Nimi
Rakennuttaja	
Päätoteuttaja/ Projektinjohto-urakoitsija	
Elementtiasennusurakoitsija	Torppari Yhtiöt Oy

Taulukko 2. Organisaatiot

Tehtävä	Nimi	puhelin	sähköposti
<b>Työmaapäällikkö (VNA205/2009 Mukai- nen työsuojelupääl- likkö)</b>			
<b>Valvoja</b>			
<b>Rakennuttajan turvalli- suuskoordinaattori</b>			
<b>Betonityönjohtaja</b>			
<b>Elementtien asennus</b>			
<b>Asennustyönjohtaja</b>			
<b>Rakennusluvan mukai- nen vastuullinen ra- kennesuunnittelija</b>			
<b>Pääsuunnittelija</b>			
<b>Valmisosasuunnittelija</b>			
<b>Elementtisuunnittelija</b>			

Taulukko 3. Henkilöstö

Suunnitelmassa olisi hyvä esittää myös suunnitelmanlaatijan/ -laajijoiden yhteystiedot. Nämä tiedot voidaan esittää henkilöstötaulukossa (Taulukko 3) tai omana kohtanaan.

Viimeinen kohdetietojen alle sijoitettava asia on nostokalusto (Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009). Nostokalusto kohdassa esitetään käytettävät nostokoneet ja niiden vähimmäis-nostokapasiteetti, sekä mahdollisia nostokonekohtaisia huomautuksia.

#### **4.5.2 Elementtien siirrot ja varastointi**

Elementit olisi parasta asentaa suoraan kuormasta, mutta monesti se ei ole mahdollista. Tämän takia suunnitelmassa esitetään elementtien siirtoihin ja -varastointiin liittyvät ohjeet. Elementtien siirroissa ja varastoinnissa on noudatettava valmistajan antamia elementtikohtaisia ohjeita. (Hietavirta ym. 2018, 122.) Merkitsemätöntä elementtiä ei saa nostaa, siirtää tai asentaa ilman selvitystä elementtien valmistajalta. Elementtejä nostettaessa pois kuljetusvälineestä tulee varmistua, ettei nostoja tehdä työntekijöiden yli. Myöskään kuljetusvälineen vakaus ei kuormaa purettaessa saa vaarantua. (Heiska & Koskenvesa 2007, 25.)

Elementit varastoidaan työmaalla työmaasuunnitelmassa määriteltyyn paikkaan. Varastointipaikan maapohjan kantavuus on varmistettava ja maapohjan painu-

mista on erityisesti tarkkailtava roudan sulaessa tai elementtikuormituksen muuttuessa. (Heiska & Koskenvesa 2007, 25). Elementit tulee varastoida siten, että niiden kaatuminen, siirtyminen ja liukuminen on estetty. Jos elementtelineessä on yli kahden metrin putoamiskorkeus, tulee telineessä olla suojakaide.

Eri elementtityypit varastoidaan työmaalla rakennesuunnittelijan ja valmistajan ohjeiden mukaisesti. Yleisesti voidaan kuitenkin sanoa, että eri elementtityypit varastoidaan seuraavilla tavoilla:

- laattaelementit varastoidaan päällekkäin ja niiden väliin asennetaan välipuut. Laattoja ei saa pinota päällekkäin neljää kappaletta enempää
- pilari- ja palkkielementit varastoidaan aluspuidenpäälle niin, että aluspuut tulevat nostolenkkien tms. kohdille
- seinäelementit varastoidaan elementtifakkeihin tai A-pukkeihin ja joissain tapauksissa elementtikontteihin
- porraselementit varastoidaan vaakatasoon kantavalle ja tasaiselle alustalle tukien varaan siten, että elementit ovat irti maasta. (Heiska & Koskenvesa 2007, 26.)

Elementtien liikkuminen tulee estää varastoinnin aikana ja mahdolliset sidonnat voidaan poistaa vasta silloin kun nostoapuvälineet ovat kunnolla kiinni elementissä ja nostoketjut kireällä. Hyvä tapa olisi kiinnittää elementteihin suojakaiteet jo varastointivaiheessa, mikäli sellaisia tarvitaan. (Heiska & Koskenvesa 2007, 26.)

#### **4.5.3 Elementtien nostot**

Elementtien asennussuunnitelmassa on esitettävä nostotyössä käytettävä nostokalusto, elementtien painot elementtityypeittäin, nostopaikat, nostoapuvälineet, nostojen ohjaus ja mahdolliset rajoitteet. Lisäksi on esitettävä myös elementtien asennusnosturi ja perusteet sen valitsemiselle. Asennusnosturiksi tulisi valita torninosturi, ajoneuvonosturi tai muu työhön soveltuva nosturi. (Markkanen 2011, 56–57.) Ennen kuin nosturi otetaan käyttöön työmaalla, on sille tehtävä käyttöön-otto- ja pystytystarkastus. Tarkastuksista tulee tehdä pöytäkirjat. (Heiska & Koskenvesa 2007, 27.)

Nostokaluston valintaan vaikuttavat keskeisesti elementtienpainot ja nostokaluston sijoitus. Elementtityypit määrittelevät lisäksi käytettävät nostoapuvälineet. Nosturien kapasiteetteja määriteltäessä tulee huomioida nostoköysien, ketjujen, koukkujen ja nostoapuvälineiden painot. Nostokapasiteetiltään riittäväksi katsotaan elementtiasennuksissa nosturi, jonka nostokyky on 15 % suurempi kuin suurimman elementin aiheuttama rasitus. Kaikkien nostoon käytettävien koneiden ja apuvälineiden tulee olla ehjiä ja hyväksytyjä käyttötarkoitukseensa. Nostoapuvälineet tulee työmaalla tarkastaa silmämääräisesti ja tarvittaessa hylätä vialliset välineet. (Heiska & Koskenvesa 2007, 27–28.)

Nostojen aikana tapahtuva kommunikointitapa tulee olla ennalta sovittu. Kommunikointitapa voi olla perinteisesti käsimerkein tapahtuvaa tai radiopuhelinyhteys, joka on parempi tapa. Radiopuhelimien avulla toimittaessa väärin ymmärrysten mahdollisuus pienenee verrattuna käsimerkein tapahtuvaan kommunikointiin. Kuljettajan sekä merkinantajan on molempien tunnettava käytössä oleva kommunikointitapa ja näkö- tai radiopuhelinyhteys on säilytettävä nosturinkuljettajan ja asentajan välillä koko asennustyön ajan. (Heiska & Koskenvesa 2007, 35.)

#### **4.5.4 Elementtien asennus**

Elementtien asennus on asennuskohteessa suoritettavaa elementtien nostamista, siirtämistä ja paikoilleen ohjaamista sekä väliaikaista tuentaa ja kiinnittämistä koskeva ja niihin liittyvä elementtirakentamisen työvaihe (Heiska & Koskenvesa 2007, 36). Elementit tulee asentaa ja kiinnittää suunnitelman mukaisesti. Jos suunnitelmista joudutaan poikkeamaan, on tarvittava muutos hyväksyttävä rakennesuunnittelijalta. Hyväksyminen on tehtävä ennen töiden jatkamista. (Hietavirta ym. 2018, 123.)

Asennettavat elementit tulee tarkastaa silmämääräisesti ennen asennusta valmistajan antamien ohjeiden mukaisesti. On tarkastettava myös elementtiä kantavien rakenteiden kunto sekä asennusalustan ja elementin kiinnityskohtien kunto. Niissä ei saa olla murtumia tai lohkeamia eikä elementin kiinnitysosat saa olla rikkiäisiä tai irrallaan. (Hietavirta ym. 2018, 125.)

Asennussuunnitelmassa tulee esittää elementtien asennusjärjestys, jonka määrittää rakennesuunnittelija. Asennusjärjestyksessä esitetään se järjestys, jossa

elementit on suunniteltu asennettavaksi, jotta jo asennettujen elementtien stabi-  
liteetti säilyy. Asennusjärjestystä tulee noudattaa, sillä tällöin varmistetaan  
asennustyön turvallinen eteneminen. (Heiska & Koskenvesa 2007, 45.)

Elementit asennetaan paikalleen sovittaen siten, että asianomaiset asennusto-  
leranssit ja minimitukipintavaatimukset toteutuvat ja tuetaan välittömästi tarkoi-  
tukseen valmistetuilla tuilla ja menetelmillä. Elementit nostetaan paikoilleen  
asennuspalojen päälle. Asennuspaloilla säädetään elementin vaakasuoruus.  
Asennustapa ja tuenta riippuvat asennettavasta elementistä. (Heiska & Kosken-  
vesa 2007, 42–43.)

Nostorakseja tai muita nostoapuvälineitä ei irroteta elementistä ennen kuin tar-  
vittavat suunnitelmien mukaiset tuennat on tehty, elementin sijainti on varmis-  
tettu, tarvittavat kiinnikkeet on asennettu ja elementin pysyminen paikallaan on  
varmistettu. Elementtien tukemiseen käytetään rakennesuunnittelijan ohjeiden  
mukaisia tuentatapoja, joita ovat yleensä elementtituet, hitsaukset ja pulttauk-  
set. Viallisia kiinnikkeitä tai elementtitukia ei saa käyttää ja viallisista osista tulee  
ilmoittaa välittömästi elementtiasennustyönjohtajalle. (Heiska & Koskenvesa  
2007, 42–43.)

Elementtien lopulliset kiinnitykset tehdään suunnitelmien mukaisella kiinnitysta-  
valla. Nämä kiinnitystavat on esitettävä asennussuunnitelmassa. Kiinnitystapoja  
ovat esimerkiksi pulttiliitokset, hitsaukset, tappikiinnitykset ja holkkiliitokset sekä  
juotosbetonoinnit. Asennusaikaiset tuennat voidaan poistaa, kun elementit ovat  
kiinnitetty lopullisella kiinnityksellä ja suunnittelija antaa luvan tukien poistami-  
seen. Suunnittelija antaa myös ohjeet tarvittavasta jälkituennasta ja tukien pur-  
kamisjärjestyksestä. Asennustukien poistosta tulee olla ohjeet elementtiasen-  
nussuunnitelmassa. (Heiska & Koskenvesa 2007, 36–45.)

Työntekijöiden asennuksiin liittyvät suojaukset putoamiselta järjestetään pu-  
toamissuojassuunnitelman mukaisilla toimenpiteillä. Yli kahden metrin pu-  
toamismahdollisuus tulee estää rakenteellisin toimenpitein, kuten suojakaiteilla,  
mikäli tämä ei ole mahdollista tulee käyttää turvavaljaita. Vaikka putoamissuo-  
jaukseen otetaan kantaa putoamissuojassuunnitelmassa, tulee putoamissuo-  
jauksen periaatteet esittää myös elementtiasennussuunnitelmassa. (Hietavirta  
ym. 2018, 124.)

#### 4.5.5 Mittaukset ja laadunvalvonta

Muita oleellisia suunnitelmassa esitettäviä asioita ovat mittaukset ja toleranssit, sekä niiden valvonta (Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009). Hyvänä tapana tässäkin toimii toleranssien taulukointi (Taulukko 4) suunnitelmaan selkeään muotoon, josta ne ovat nopea tarkastaa tarvittaessa.

Mittauksen kohde	NORMAALILUOKKA	ERIKOISLUOKKA
Sivusijainti	±15	±10
Sivusijainti ylä- tai alapuolisesta seinästä	±10	±1
Vapaaväli	±15	±10
Saumanleveys (Sandwich, elastinen sauma)	±8	±5
Saumanleveys (Sandwich, saumaprofiilit)	±5	±3
Sauman leveys väliseinä	±10	-
Hammastus, kaikissa suunnissa	8	5
Yläreunan korkeusasema vaakarakenteisiin liittyessä	±10	±5
Poikkeama pystysuorasta	h/600	h/600

Taulukko 4. Rakentamistoleranssit [mm]

Näiden lisäksi tulisi esittää elementtirakentamisen eri toimijoiden toiminnan yhteensovittaminen ja laadunvalvonnan toimenpiteet sekä tarvittavat muut varmenneet kuten toiminta poikkeustilanteissa (Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009). Kaikki edellä mainitut asiat voidaan esittää taulukoituna tai tekstimuodossa. Mitään yhtenäistä esitystapaa ei ole määritelty vaan esitystapa on suunnitelman laatijan päätettävissä.

#### 4.5.6 Liitteet

Elementtiasennussuunnitelmaan olisi hyvä liittää liitteeksi esimerkiksi elementti-toimittajan ohjeet erikoiselementtien käsittelystä ja elementtikuormien purkamisesta, aluesuunnitelmat sekä yleisaikataulu. Myös muita dokumentteja voidaan liittää suunnitelman liitteeksi, kuten elementtiluetteloita. Suunnitelmassa voidaan myös kertoa, mistä kyseenomaiset dokumentit ovat saatavilla, kuten projektipankista. Liitteiden esittämiseen yksinkertaisin tapa on tässäkin tapauksessa selkeä taulukointi (Taulukko 5).

<b>Liite 1</b>	Elementtitoimittajan ohjeet erikoiselementtien käsittelystä ja elementtikuormien purkamisesta.
<b>Liite 2</b>	Aluesuunnitelmat
<b>Liite 3</b>	Yleisaikataululuonnos

Taulukko 5. Liitteet

## 5 Elementtirakentamisen turvallisuus

### 5.1 Turvallinen käsittely

Elementtien käsittelyssä on pääasiassa kyse niiden nostamisesta, asentamisesta ja tukemisesta. Rakenne- ja elementtisuunnittelijoiden pidettävä mielessä jokainen käsittelyn vaihe työturvallisuuden ja terveellisyyden kannalta rakennejärjestelmää ja elementtejä suunniteltaessa. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että elementti tulee suunnitella siten, että se on työmaan asennettavissa turvallisesti ja tehokkaasti. Yleensä tämä tarkoittaa, että elementteihin suunnitellaan työturvallisuutta parantavia osia elementtitehtaan asennettavaksi. (Heiska & Koskenvesa 2007, 11; Hietavirta ym. 2018, 31, 33–34.)

Elementtien nostoissa liinojen käyttöä tulee välttää, ellei elementti ole suunniteltu nostettavaksi liinoilla, sillä ne voivat leikkaantua teräviin reunoihin. Elementtien nostoissa käytetään nostorakseja, nostokoukkuja, ketjulukkoja ja sakkeleita sekä sisäkierrehylsyjä. Huolimatta käytettävästä nostovälineestä on aina riskinä nostovälineen tai elementin nostopisteen pettäminen, jolloin elementti voi tippua. Tämän takia jokaisen henkilön tulee olla valppaana ja pysyä poissa nostojen alapuolelta. Nostorakseja käytettäessä tulee muistaa suurimmat sallitut kaltevuus- ja haarakulmat, jotka elementtisuunnittelija on määrittänyt. (Heiska & Koskenvesa 2007, 28–29.)

Elementtien käsittelyssä on otettava huomioon myös asennusaikaiset putoamis- suojaukset ja väliaikaiset tukiratkaisut. Elementtiasennuksissa työtasot, joilta voi pudota kahta metriä korkeammalta on varustettava suojakaiteilla. Työtelineet on varustettava nousutiellä. Mikäli seinän ja telineen välinen etäisyys on suurempi kuin 0,25 metriä tulee myös tason seinänpuoleinen reuna varustaa suojakai-

teella. Asennustyössä käytettävien työpukkien on oltava hyväksytyjä tarkoitukseensa. Työmaalla tulee olla tyyppikohtaiset kiinnitysohjeet väliaikaisista tukiratkaisuista. Mikäli työmaalla joudutaan tekemään omia kiinnityksiä, on kiinnikkeet asennettava valmistajan ohjeita noudattaen. (Heiska & Koskenvesa 2007, 22-24, 43.) Turvavaljaiden kiinnityksiä elementteihin tulisi välttää, mutta mikäli tämä ei ole mahdollista on varmistuttava siitä, että elementti on tuettu huolellisesti tai se on jo kiinnitetty lopullisesti paikalleen. Muutoin valjaiden kiinnittäminen elementtiin ei ole turvallista.

## **5.2 Olosuhteet**

Työmaanolosuhteilla on suuri merkitys elementtiasennuksissa. Lähtökohtaisesti elementtiasennukset tapahtuvat ulkona, jolloin sääolosuhteet vaikuttavat merkittävästi asennuksien suoritukseen. Joissain tapauksissa elementtiasennukset saattavat tapahtua esimerkiksi tunneliolosuhteissa, jolloin valaistus ja näkyvyys tulevat merkittävimmiksi asioiksi. Olosuhteilla käsitetään myös maaperäolosuhteet, joilla on myös suuri vaikutus nostotyöstä puhuttaessa. Myös työmaa-alueen käytön suunnittelulla ja työmaanjärjestyksellä on merkitystä.

Tässä luvussa ei oteta kantaa työmaa-alueen käytön suunnitteluun eikä maaperäolosuhteisiin, sillä niitä on käsitelty jo aiemmin tässä opinnäytetyössä. Myös putoamissuojauksia ja muita siihen liittyviä asioita on käsitelty jo aiemmin, joten niihinkään ei tässä luvussa oteta kantaa.

### **5.2.1 Liikkuminen työmaalla**

Työmaan aluesuunnitelmassa on kerrottu työmaalla käytettävät liikenne- ja jalankulkuväylät. Työmaan jalankulku- ja liikenneväylien liittymissä yleisiin teihin ja katuihin tulee ottaa huomioon riittävä näkyvyys, porttien rakentaminen ja tarvittaessa valo-ohjaus sekä kunnan ja viranomaisten vaatimukset. (Heiska & Koskenvesa 2007, 13.)

Työmaateiden rakentamisessa otetaan elementtirakentamista ajatellen huomioon erityispiirteitä, joita ovat mm. teiden riittävä leveys ja kantavuus, elementtien asennus suoraan kuormasta, läpiajomahdollisuus tai kääntöpaikat raskasta lii-

kennettä varten, ajoteiden merkitseminen, ajoteiden kuorma- ja korkeusrajoitukset ja työmaalle tulevat liittymät. Kaikkien työmaateiden ja liittymien rakentamisessa tulee ottaa huomioon niin työmaan kuin myös ulkopuolisten henkilöiden turvallisuus. (Heiska & Koskenvesa, 13.)

### **5.2.2 Työmaajärjestys**

Työmaajärjestyksestä huolehtiminen tulee olla jatkuvaa ja siitä huolehtivat kaikki työmaalla työskentelevät. Elementtirakentamisessa järjestyksen merkitys korostuu entisestään, sillä epäsiistillä ja epäjärjestyksessä olevalla työmaalla työskentely on riskialttiimpaa ja hitaampaa kuin järjestyksessä olevalla työmaalla. (Heiska & Koskenvesa 2007, 14.)

Rakennustyömaan siisteydellä ja järjestyksellä tarkoitetaan

- rakennustarvikkeiden varastointia oikeaan paikkaan ja oikealla tavalla
- rakennustarvikkeiden suojausta eri olosuhteilta
- kulku- ja ajoväylien suunnittelua ja kunnossapitoa
- rakennus- ja purkujätteen lajittelua ja keräämistä jätelavoilla tai roska-astioihin
- työkoneista ja työkaluista huolehtimista sekä niiden varastointia. (Heiska & Koskenvesa 2007, 14.)

### **5.2.3 Sääolosuhteet**

Kuten aiemmin on todettu, elementtiasennus on yleensä ulkotyötä, jolloin säätekijöillä on suuri vaikutus työn onnistumiseen ja toteutukseen. Vuodenaika vaikuttaa työhön merkittävästi varsinkin Suomessa, jossa meillä on neljä selkeää vuoden aikaa. Työskentely olosuhteet voivat vaihdella hyvin nopeasti. Asennustyöhön vaikuttavia säätekijöitä ovat pakkanen, lumi- ja vesisateet, liukkaus, tuuli, pimeys ja hämäryys sekä kuumuus ja kirkkaus. Vallitsevat sääolosuhteet tulee aina tarkastaa ennen asennuksien aloitusta ja arvioida voidaanko asennus kyseensä omissa sääolosuhteissa toteuttaa turvallisesti ja terveellisesti. (Heiska & Koskenvesa 2007, 15.)

Talviolosuhteet ovat erityisen hankalat elementtiasennuksia ajatellen. Talvella mahdolliset lumi- ja räntäsateet sekä pakkasen aiheuttavat haittaa työlle, sillä asennettavat elementit joudutaan suojaamaan ja mahdollisesti joudutaan myös lämmittämään elementtejä jään ja lumen sulattamiseksi. Talviolosuhteissa työntekijöiden tulee suojautua kylmää vastaan oikeanlaisella pukeutumisella. Lumi ja jää aiheuttavat liukkaita kulkuteillä, nämä tekijät tulee ottaa huomioon ja pyrkiä poistamaan. Usein on myös hämärää, jolloin turvallisuuden kannalta tärkeimmäksi tekijäksi muodostuu riittävä valaistus. (Heiska & Koskenvesa 2007, 15.)

Mikäli olosuhteet edellyttävät asennustyön keskeyttämistä, on se turvallisuuden takia keskeytettävä. Tällaisia olosuhteita talvella ovat mm. liian kova pakkasen, sakea lumisade tai liian kova tuuli. Yleisesti edellä mainittujen asioiden lisäksi työt tulee aina keskeyttää, kun ne aiheuttavat poikkeuksellista vaaraa. Tällaisia tilanteita voivat olla esimerkiksi rankkasade, sakea lumipyry tai tuulennopeus yli 15 metriä sekunnissa. Asennustyötä voidaan kuitenkin jatkaa muilla ylläpitävillä töillä, vaikka nostotyö keskeytyy. (Heiska & Koskenvesa 2007, 15.)

## **6 Elementtiasennusohjeistukset työnjohdolle ja asentajille**

Opinnäytetyön yhtenä tavoitteena oli laatia lyhyet ohjeistukset elementtiasennuksien toteutuksesta sekä asentajille että työnjohdolle. Ohjeita laadittaessa päänäkökohdaksi otettiin töiden turvallinen, terveellinen ja laadukas toteutus. Ohjeiden tarkoituksena on tehostaa elementtiasennusten toteutusta niin työnjohdon kuin asentajien osalta. Tarkoitus on saattaa asennuksien pelisäännöt asentajien tietoon heti asennustöiden alkuvaiheessa ja ohjeistaa aloittelevia elementtiasennustyönjohtajia työssään.

Lähtökohdat molemmille ohjeistuksille olivat samat, mutta käsittely suoritettiin eri näkökulmista. Ohjeiden rakenne on kuitenkin samankaltainen. Ensimmäiseksi käsitellään yleisellä tasolla ohjeen tarkoitus ja konkreettiset toimenpiteet ohjeen käyttöön. Tämän jälkeen molemmissa ohjeistuksissa on työmaan tiedot lyhyesti, jolloin ohje voidaan kohdistaa tietylle työmaalle, mikäli tällainen tarve ilmenee. Työmaan tietojen jälkeen ohjeistuksissa käsitellään työturvallisuutta, asennustöi-

den suoritusta ja laatua. Ohjeistuksien lopussa on konkreettisia lisäohjeita ja kehotuksia sekä muistutuksia esimerkiksi työturvallisuudesta. Luvuissa on 6.1 ja 6.2 käsitelty ohjeistuksia ja niiden ominaispiirteitä.

Laaditut ohjeistukset ovat tämän opinnäytetyön liitteinä. Ohjeistukset otetaan käyttöön Torpparin tulevissa elementtiasennusurakoissa laadunvarmistuksen ja työturvallisuuden parantamisen toimenpiteinä. Ohjeistuksien toimivuudesta ei tämän opinnäytetyön puitteissa saada vielä varsinaisia kokemuksia, joten ohjeistuksien kehittäminen kokemusten perusteella tapahtuu myöhempien elementtiasennusurakoiden yhteydessä. Työnjohdon näkökulmasta katsottuna ohjeistukset ovat sisällöltään hyvät ja sisältävät tarpeeksi laajat tiedot käyttöä ajatellen. Ohjeistukset on sidottu osaksi kehitettyä elementtiasennusten toimintamallia/ -järjestelmää. Toimintajärjestelmästä kokonaisuutena on kerrottu luvussa 8.

## **6.1 Ohjeistus työnjohdolle**

Työnjohdolle tehdyssä ohjeistuksessa käsitellään työnjohdon näkökulmasta asioita, joita työnjohtajan tulee ottaa huomioon valvoessaan ja valmistellessaan elementtiasennuksia. Ohjeistuksessa on esitetty konkreettisia ohjeita työnjohdon toimintaan. Dokumentti on helppolukuinen ja suhteellisen lyhyt, joten se on helposti lähestyttävä.

Kuten aikaisemmin on mainittu, ohje alkaa työmaan tiedoilla, joissa mainitaan kohteen nimi, osoite ja päätoteuttaja. Työnjohdolle annetaan heti ohjeen alussa ohjeeksi varmistaa ennen elementtiasennuksia tarvittavien suunnitelmien ja dokumenttien olemassaolo.

Työturvallisuuskohdassa annetaan ohjeet liittyen työnjohtajan omaan turvallisuuteen ja ohjeet asentajien turvallisuuden varmistamiseen. Tärkeinä asioina ohjeessa kerrotaan mm. perehdytyksestä ja erilaisista luvista sekä pätevyyksistä unohtamatta elementtiasennuksissa käytettäviä turvavarusteita, kuten valjaita. Ohjeistus painottaa työturvallisuuden huomiointia merkittävässä määrin.

Toisena kohtana on asennustyöt, joka on jaettu alakohtiin. Alakohtia ovat elementtien varastointi, nostot, elementtien asennus sekä jälkituennat ja lopulliset

kiinnitykset sekä liitokset. Näissä kohdissa esitetään ohjeita kunkin kohdan mukaisiin asioihin yleisellä tasolla, ja konkreettisia ohjeita työnjohdolle kyseessä olevien asioiden varmistamiseksi. Kaikki annetut ohjeet perustuvat elementtiasennuksien turvalliseen toteuttamiseen ja laadukkaaseen lopputulokseen sekä aikaisempiin saatavilla olleisiin elementtiasennussuunnitelmiin sekä kirjoittajan omiin kokemuksiin.

Viimeisenä kohtana ohjeessa on laatu. Tässä kohdassa kerrotaan yleisellä tasolla laadunvarmistamisesta ja annetaan työnjohdolle konkreettisia ohjeita laatuun ja toteutukseen liittyen. Ohjeessa muistutetaan eri tarkastuksista ja jatkuvasta laadunvalvonnasta työnjohtamisen ohella. Tätä tarkoitusta varten tämän opinnäytetyön osana on laadittu myös elementtiasennuksien tarkastusasiakirja.

Dokumenttiin on sisällytetty myös kohta työnjohtajan omille muistiinpanoille, sillä ohjeistus on tarkoitettu käytettäväksi asennustyönjohtamisen tukena ilman, että jokaista asiaa tarvitsee tarkastaa elementtiasennussuunnitelmasta. Tästä huolimatta elementtiasennussuunnitelman tärkeyttä asennuksissa ei tule aliarvioida ja työnjohdon tulee olla perillä sen sisällöstä. Ohjetta voidaan kuitenkin käyttää asioiden nopeaan tarkastamiseen ja se sisältää pääkohtia elementtiasennussuunnitelmista, mutta ei kuitenkaan yksityiskohtaisesti tiettyyn kohteeseen liittyviä tietoja. Ohjeistus ei sisällä allekirjoituskohtaa työnjohdolle, sillä työnjohto on jo allekirjoittanut elementtiasennussuunnitelman ja on näin ollen perillä asennuksien toteuttamisesta.

Työnjohdon ohjeistuksesta tämän opinnäytetyön puitteissa on saatu hieman kokemuksia. Kokemuksista ei kuitenkaan tässä vaiheessa voida vielä vetää johtopäätöksiä, sillä ne ovat omakohtaisia kokemuksia Länsimetron elementtiasennustyönjohtajana toimimisesta. Myöhemmissä urakoissa ohjeistus otetaan täysimittaisesti työnjohdon käyttöön, jolloin saadaan kokemuksia sen toimivuudesta. Tämän jälkeen ohjeistusta voidaan kehittää eteenpäin yrityksen tarvitsemalla tavalla.

## 6.2 Ohjeistus asentajille

Asentajille tehdyssä ohjeistuksessa käsitellään elementtiasennuksia asentajien näkökulmasta samoilla otsikoinneilla kuin työnjohdon ohjeessa. Asentajien ohjeessa ei kuitenkaan anneta niin selviä ja suoria ohjeita kuin työnjohdon ohjeistuksessa. Ohjeet ovat enemmän yleisiä ohjeita koskien kaikkia elementtiasennuksia. Tämän takia asentajien ohjeistus on työnjohdon ohjeistukseen verrattuna selkeämmin tiivistelmä elementtiasennussuunnitelmasta.

Asentajille laadittu ohjeistus alkaa työmaantiedot-osuudella, jossa työmaasta nimitään samat asiat kuin työnjohdon ohjeessa ja lisäksi nimitään työmaan elementtiasennustyönjohtaja. Ennen työmaan tietoja asentajille kerrotaan elementtiasennussuunnitelmasta ja mitä tarkoitusta varten ohjeistus sekä elementtiasennussuunnitelma on laadittu ja mitä ne sisältävät.

Työturvallisuus-kohdassa käydään läpi asentajien työturvallisuusnäkökohdat, kuten vaadittavat luvat ja pätevyudet sekä vaadittavat turvavarusteet. Tässä kohdassa annetaan myös ohjeet asioiden ilmoittamisesta työnjohdolle. Työturvallisuutta painotetaan erityisesti ja muistutetaan turvavarusteiden käytön tärkeydestä. Valjastyöskentelyyn kiinnitetään ohjeessa erityistä huomiota.

Asennustyöt on jaettu asentajien ohjeessa samalla tavalla kuin työnjohdon ohjeissakin. Näissä ohjeen kohdissa annetaan asentajille ohjeita liittyen elementtien nostoihin, asennukseen, tuentaan ja kiinnitykseen sekä lopullisiin kiinnityksiin ja liitoksiin. Annetut ohjeet perustuvat elementtiasennussuunnitelmiin ja työturvallisuusnäkökohtiin sekä Torpparin henkilöstön ja ohjeen kirjoittajan kokemuksiin.

Viimeisenä kohtana asentajien ohjeistuksessa on laatu. Tässä kohdassa annetaan asentajille ohjeet siitä, kuinka he voivat itse vaikuttaa lopputuloksen laatuun sekä mainitaan, että asennustyönjohtaja valvoo laatua ja jokainen on vastuussa oman työnsä laadusta. Näitä asioita on tärkeä painottaa myös asentajille, jotta päästään kaikkia tyydyttävään turvalliseen, terveelliseen ja laadukkaaseen lopputulokseen.

Ohjeistuksen lopussa muistutetaan vielä dokumentin tarkoituksesta ja siitä, että aina voi kysyä apua ja ohjeita sekä opastusta ennen kuin tapahtuu työtapaturma

tai tehdään merkittäviä virheitä. Ohjeistuksessa muistutetaan myös, että ”varsinaisen” elementtiasennusuunnitelma on saatavilla ja siihen tulee tutustua ohjeen lisäksi ennen asennustöiden aloitusta.

Asentajien ohjeistuksen viimeinen kohta on allekirjoitukset. Dokumentin allekirjoittaa asennustyönjohtajan lisäksi jokainen elementtiasentaja. Tällä menettelyllä on tarkoitus varmistaa, että jokainen asentaja muistaa työturvallisuuskohdat ja asennustyön toteutuksen oikeellisuuden ennen asennuksia ja niiden aikana. Tarkoitus on, että asentajilla on valmiudet asiakirjan luettuaan turvalliseen ja terveelliseen suorittamiseen vaikka varsinaista elementtiasennusuunnitelmaa ei vielä olisikaan käyty läpi.

Ohjeistuksen ideana on, että allekirjoitusten jälkeen asentaja palauttaa allekirjoitetun dokumentin asennustyönjohtajalle, joka säilyttää sen huolella koko asennuksien ajan. Asentajille annetaan tästä dokumentista kuitenkin kopio, josta he voivat tarvittaessa palauttaa mieleen keskeiset asiat.

## **7 Esimerkkikohte: Elementtiasennukset Länsimetron työmaalla**

Tässä opinnäytetyössä käytetään elementtiasennustyön esimerkkinä Torppari Yhtiöt Oy:n elementtiasennusurakkaa Länsimetron RU27-työmaalla. Työmaata varten laadittiin osana opinnäytetyötä elementtiasennusuunnitelma ja asennuksien tarkastusasiakirja syksyn ja alkutalven 2018 aikana. Dokumentit ovat tämän opinnäytetyön liitteinä. Työmaalle laadittujen dokumenttien ympärille kehitettiin toimintajärjestelmä, joka otettiin käyttöön jo kehityksen varhaisessa vaiheessa. Kehitetystä toimintajärjestelmästä kokonaisuutena on kerrottu luvussa 8. Tässä opinnäytetyössä käsitellään vain elementtiasennusten osuutta urakasta.

Länsimetron työmaalla elementtiasennukset on määritelty turvallisuusriskiltään korkeimmaksi, joten turvallisuuteen kiinnitetään erityistä huomiota. Tärkeimpiä seikkoja ovat mm. putoamissuojaukset ja hyvä työkohte kohtainen valaistus hämärässä tunnelissa sekä kuilujen yläpään aukkojen sulkemis- ja aukkaisutoimenpiteet.

## 7.1 Taustatietoa Länsimetrosta

Länsimetro on Helsingin metron osittain käyttöön otettu jatke Espooseen. Marraskuussa 2017 käyttöön otettu 14 kilometriä pitkä osuus käsittää uuden metro osuuden välillä Ruoholahti–Matinkylä. Rakennushankkeen toisessa vaiheessa rakennetaan seitsemän kilometriä pitkä rataosuus ja viisi uutta asemaa sekä metrovarikko Sammalvuoreen. Edellä mainittujen kohteiden lisäksi rakennetaan seitsemän pystykuilua, joiden tehtävänä on toimia paineentasausta, ilmavaihtoa ja savunpoistoa varten sekä hätäpoistumisteinä. (Länsimetro Oy 2018a.)

HKL (Helsingin kaupungin liikenneliikelaitos) vastaa asemien ja radan huollosta sekä ylläpidosta ja raportoi siitä ratojen ja asemien omistajalle Länsimetro Oy:lle. Länsimetro Oy vastaa radan ja asemien sekä muun olennaisen tekniikan rakentamisesta. (Länsimetro Oy 2018a.)

Länsimetro on tarkoitus luovuttaa HKL:n käyttöön vuonna 2023 niin, että hankkeen käyttöönottovaihe ajoittuu vuosille 2022–2023. Varsinainen rakentaminen on ajoitettu vuosille 2015–2021. Tällä aikavälillä varsinainen rakentaminen louhintojen jälkeen on suunniteltu tapahtuvaksi vuosina 2019–2021. Rakennusvaihe on kuitenkin alkanut jo vuosina 2017–2018. (Länsimetro Oy 2018a.)

Länsimetron omistavat sen valmistuttua Espoon ja Helsingin kaupungit. Kustannukset jakautuvat kaupunkien kesken rajalta poikki -periaatteen mukaisesti, eli kumpikin maksaa omalla alueellaan syntyvät rakennuskustannukset. Kustannukset jakautuvat niin, että Espoon osuus on noin 85 prosenttia ja Helsingin 15 prosenttia kokonaiskustannuksista. Tarkennettu toisen rakennusvaiheen kustannusarvio on 1 159 miljoonaa euroa. Ruoholahti–Matinkylä -osuuden eli ensimmäisen rakennusvaiheen kokonaiskustannusennuste on 1 186 miljoonaa euroa. (Länsimetro Oy 2018a.)

Länsimetroa rakentamisessa on osallisena monta osapuolta, joten tiedonkulun tulee olla avointa joka suuntaan ja kaikkien osapuolten tulee olla ajan tasalla koko hankkeen ajan. Metroa pyritään rakentamaan vastuullisesti ja turvallisesti, joten työturvallisuus on esillä joka päivä ja sen jatkuva parantaminen ja seuranta ovat kaikkien osapuolien tärkeimpiä tehtäviä. (Länsimetro Oy 2018a.)

## 7.2 Työmaa ja lähtökohdat

Työmaa, jonka elementtiasennuksia tarkastellaan, on LM2 RU27. Hankkeen osapuolet ovat esitetty taulukossa 6. Torppari Yhtiöt Oy:lle (jäljempänä Torppari) kuuluu tässä urakassa yhdystunneleiden ja raiteenvaihtopaikkojen sekä liityntäraidehallien paikallavalurakenteet ja seitsemän pystykuilun elementtiasennustyöt sekä työnjohto.

<b>Kohde</b>	Länsimetro 2 RU27 Matinkylä - Kivenlahti
<b>Osoite</b>	
<b>Tilaaaja / Rakennuttaja</b>	
<b>Pääurakoitsija / Projektinjohtourakoitsija</b>	
<b>Elementtiasennusurakoitsija</b>	Torppari Yhtiöt Oy

Taulukko 6. Hankkeen osapuolet

Alun perin elementtiasennukset eivät kuuluneet Torpparin länsimetron urakkaan, mutta niistä sovittiin myöhemmin paikallavalutöiden alkamisen jälkeen. Alussa elementtiasennukset käynnistyivät GRK:n työnjohdon alaisuudessa, mutta jo hyvin pian GRK tilasi työnjohdon Torpparilta. Minut nimettiin työmaalle elementtiasennusten työnjohtajaksi helmikuun 2019 alusta alkaen. Tarkoituksena on suorittaa elementtiasennukset kustannustehokkaasti, turvallisesti ja terveellisesti soveltua aikataulua noudattaen, joten hyvällä ennakkosuunnittelulla on tässä tapauksessa suuri merkitys.

Lähtökohdat elementtiasennustöiden suoritukselle ovat hyvät. Torpparilla on käytävissään työmaalla kokenut elementtiasennustyöryhmä, jossa olevilla rakennusammattimiehillä on paljon kokemusta asennuksista. Kuitenkin Länsimetron erityiset olosuhteet huomioiden on tällä työmaalla paljon uutta, joten työnjohdon merkitys korostuu. Huomioon otettavia asioita on normaaliin elementtiasennustyömaahan verrattuna moninkertaisesti, kuten tunneliolosuhteet ja niiden vaikutus. Elementtejä asennetaan harvoin tunneliolosuhteissa, joten tällä työmaalla tapahtuvat elementtiasennukset tarjoavat ainutlaatuisen mahdollisuuden kokemuksen kerryttämiseen niin työnjohdon kuin asentajienkin osalta.

### 7.3 Suunnitelmat

Torpparin vastuulla elementtiasennusurakoitsijana oli tehdä työmaalle elementtiasennussuunnitelma ja elementtien asennusta koskeva vaikeiden nostotöiden suunnitelma. Näiden suunnitelmien lisäksi työmaalle on laadittu projektinjohdourakoitsijan toimesta muita suunnitelmia, kuten työmaasuunnitelma. Tässä opinnäytetyössä käsitellään opinnäytetyön tavoitteiden mukaisesti tarkemmin vain elementtiasennussuunnitelmaa sekä asennuksien tarkastusasiakirjaa.

Elementtirakenteisista kuiluista on laadittu tietomallit (Kuva 1), mikä helpottaa asennustöitä jo muutenkin vaikeissa olosuhteissa. Mallin käytössä pitää kuitenkin olla koko ajan tarkkana, sillä se ei aina vastaa muita olemassa olevia suunnitelmia kuten piirustuksia ja ohjeita. Mallin avulla saadaan kuitenkin hyvä käsitys kokonaisuudesta.

Toteuman dokumentointiin myös kuilukohtaiset elementtikaaviot ovat hyvä työkalu. Elementtikaavioissa on esitetty kerros kerrokselta kaikki elementit. Merkitsemällä kaavioon asennetut ja työmaalla olevat elementit jokainen elementtiasennuksiin osallistuva henkilö pysyy ajan tasalla toteumasta ja tulevista asennuksista.



Kuva 1. P4.4-kuilun tietomalli (Belov 2018)

### **Elementtiasennussuunnitelma**

Länsimetron työmaalle laadittiin tämän opinnäytetyön osana työmaalla vallitsevat haastavat olosuhteet huomioiva elementtiasennussuunnitelma. Suunnitelmassa käydään läpi valtioneuvoston asetuksen rakennustyön turvallisuudesta 205/2009 vaatimat asiat. Kohteen erityislaatuisuuden ja laajuuden takia asennussuunnitelmasta jouduttiin tekemään erittäin laaja dokumentti. Suunnitelma laadittiin yhteistyössä GRK:n ja suunnittelijoiden kanssa siten, että GRK ja suunnittelijat antoivat tarvittavat lähtötiedot ja suunnitelmat, sekä vastasivat suunnitelman laadinnan aikana lisätietopyyntöihin. Varsinainen asennustensuunnittelu ja muut asennuksiin olennaisesti liittyvät asiat olivat Torpparin vastuulla.

Suunnitelmassa käydään läpi hankeen osapuolet ja noudatettava asennusaikataulu sekä -järjestys. Myös eri toimintojen vastuurajat sekä elementtien kuljetukset ja varastoinnit ovat esitetty tarkasti. Suunnitelmassa on otettu huomioon lisäksi työkohteen poikkeavat olosuhteet määrittelemällä tarkkoja toimenpiteitä asennuksien suoritukseen. Siinä annetaan yleisiä kaikkia elementtityyppejä koskevia asennusohjeita sekä yksittäistä elementtityyppiä koskevia erillisiä ohjeita. Poikkeavien olosuhteiden takia nostojen suoritukseen on suunnitelmassa kiinnitetty erityistä huomiota työturvallisuus huomioon ottaen.

Suunnitelma on laadittu siten, että sitä on helppo päivittää töiden edetessä, mikäli tähän tulee tarvetta. Se on tallennettu allekirjoitettuna tilaajan tietoportaaliin eli projektipankkiin. Tietoportaalissa suunnitelma on kaikkien asennuksiin liittyvien osapuolien saatavilla.

#### **7.4 Asennustyöt**

Mitä paremmin asennustöitä suunnitellaan ennalta, sitä parempiin lopputuloksiin päästään. Jatkuva asennustöiden suunnittelu on siis avainasemassa laadukkaan lopputuloksen ja turvallisen asennustapahtuman saavuttamisessa. Hyvällä ennakko suunnittelulla päästään myös nopeampaan ja tehokkaampaan työnsuoritukseen sillä esimerkiksi kuilulta toiselle siirryttäessä ajoneuvonosturin siirtoon kuluu helposti aikaa kaksi tuntia. Tämä aika on pois asennukseen varatusta ajasta, joten huomattavasti hyödyllisempää on siirtää ajoneuvonosturi kuilulta toiselle jo edellisenä päivänä. Tällöin nosturi on valmiina uudessa asennuskohteessa oikeaan aikaan ja työaika säästyy.

Asennustyöt toteutetaan voimassa olevien rakenne- ja elementtisuunnitelmien mukaisesti unohtamatta elementtiasennussuunnitelmaa, jossa on määritelty tarkat toimenpiteet asennusten suoritukseen. Länsimetron työmaalle laaditusta elementtiasennussuunnitelmasta on kerrottu luvussa 7.3.

### 7.4.1 Kommunikointi asennuksien aikana

Kommunikoinnilla on tunneliolosuhteissa suuri merkitys jo pelkästään syvien kuilujen ja näkemäesteiden takia. Länsimetron elementtiasennuksissa yhteisesti sovittu asentajien ja nosturinkuljettajan välinen kommunikointitapa on radiopuhelinyhteys. Ennen asennuksia tulee varmistua, että yhteys on olemassa ja radiopuhelimien akuissa on riittävästi virtaa. Myös käsimerkein tapahtuvaa kommunikointia voidaan käyttää ylämiehen ja nosturinkuljettajan välillä, mutta pääsääntöisesti kuitenkin kaikki kommunikointi pyritään tekemään radiopuhelinten avulla.

Muu kommunikointi esimerkiksi työnjohdon ja asentajien välillä hoidetaan yleensä puhelimitse. Tunnelissa tätä vaikeuttaa kuitenkin puhelimien toiminta, sillä vain Elisan liittymät toimivat. Pystykuilujen kohdilla on kuitenkin mahdollista myös muiden operaattorien liittymien toiminta. Länsimetron työmaan olosuhteissa on havaittu hyväksi WhatsApp-pikaviestintäsovelluksen käyttäminen kommunikointiin. Työmaan elementtiasennuksia varten luotiin WhatsApp-ryhmä, johon kaikki asentajat liitettiin. WhatsAppin avulla tiedon kulkua työnjohdolta asentajille on pystytty tehostamaan. Sovelluksen avulla työnjohdon on helppo myös tiedottaa ja ohjeistaa asentajia tulevista töistä. Länsimetron työmaalla WhatsAppin kautta on päivittäisen kommunikoinnin ohella jaettu asentajille seuraavan viikon työsuunnitelma, johon sisällytetään tiedot siitä missä kukakin työskentelee ja mitä työviikon aika tulisi saada valmiiksi tai aloitettua.

WhatsApp-sovelluksen käyttö työaikana nähdään ulkopuolisten silmin yleensä työturvallisuusriskinä. Kuitenkin Länsimetron työmaalta saatujen kokemusten perusteella WhatsApp-sovelluksen käyttäminen ongelmien ratkaisussa, työsuunnitelmien jakamisessa ja muussa tarpeellisessa viestinnässä on parantanut töiden turvallisuutta. Kesken työvaiheen tekemisen ei kuitenkaan tule kiinnittää huomiota sovelluksen käyttämiseen. WhatsApp-sovelluksen käyttäminen on siis rajattu käytettäväksi taukojen aikana ja ongelmien ilmetessä.

## 7.4.2 Elementtien asennus

Asennukset alkoivat pienellä mittakaavalla jo joulukuussa 2018. Suuremmalla mittakaavalla asennustyöt käynnistyivät kuitenkin helmikuun 2019 alussa, jolloin asennukset alkoivat useilla kuiluilla yhtä aikaa. Tämän takia asennuksia suoritetaan kahdella kolmen rakennusammattimiehen ryhmällä ja kahdella autonosturilla. Helmikuun ja maaliskuun vaihteessa työt alkoivat neljällä kuilulla lähes yhtä aikaa. Työryhmät suorittavat asennukset oheistöineen yhtä aikaa aina kahdella eri kuilulla kerrallaan. Kahden kerroksen asennusten ja muiden oheistöiden jälkeen siirrytään kuilulta toiselle.

Elementtien asennustyöt aloitettiin kuilulta P4.4. Kuilun alaosaan valettiin paikallavaluna kolmen kerroksen korkeudelta seiniä ja kahden kerroksen lepotasolattat (kuva 2). Tämän jälkeen asennuksiensuoritus tapahtuu seuraavassa järjestyksessä kerros kerrallaan:

1. pilarielementit (Kuva 4)
2. seinäelementit
3. lepotasoelementit
4. porraselementit (kuva 5).



Kuva 2. Soukanväylän pystykuilu P4.4, elementtikaavio (Peltonen 2018)

Asennustyöt suoritetaan siis työryhmällä, jossa on kolme rakennusammattimiestä. Yksi alamies tai tässä tapauksessa ”ylämies”, jonka tehtävänä on valmistella elementit kuilun yläpäässä asennusta varten. Valmistelevia toimenpiteitä ovat elementtien kiinnitys asianmukaisesti nosturin ketjuihin sekä talviolosuhteissa elementtien puhdistus lumesta ja jäädästä esimerkiksi lämmittämällä. Muut työryhmään kuuluvat asentajat vastaanottavat ja asentavat elementit kuilussa.

Varsinaisten elementtien asentamisen lisäksi työtehtäviin kuuluu monia oheistöitä muun muassa juotosvaluja ja elementtien kallioliitosten muottitöitä. Seinä- ja lepotasoelementit valetaan kiinni kallioon suunnitelmien mukaisesti (kuva 3). Näitä valuja varten asentajat tekevät muotit ja raudoituksen. Kallioliitosten valuihin on suunnitelmien mukaisesti käytettävä lujuusluokan C30 kutistumatonta saumabetonia. Työmaalla käytetään kuitenkin lujuusluokan C50 kutistumatonta saumabetonia, koska valun halutaan saavuttavan vaaditun lujuuden nopeammin. Vaaditun lujuuden saavuttaminen nopeammin nopeuttaa töiden jatkumista ja ai-

kataulussa pysymistä. Juotosvaluja suoritetaan esimerkiksi, kun portaita juotetaan kiinni lepotosoihin. Juotokset raudoitetaan 12 mm harjaterästangoilla. Juotosvaluissa käytetään talvella talvijuotosbetonia ja kesällä 600/3 juotosbetonia.



Kuva 3. Betonielementtien asennusdetaljit, lepotosoelementin liitos kallioon (Savolainen 2017)



Kuva 4. Pilariementin asennus

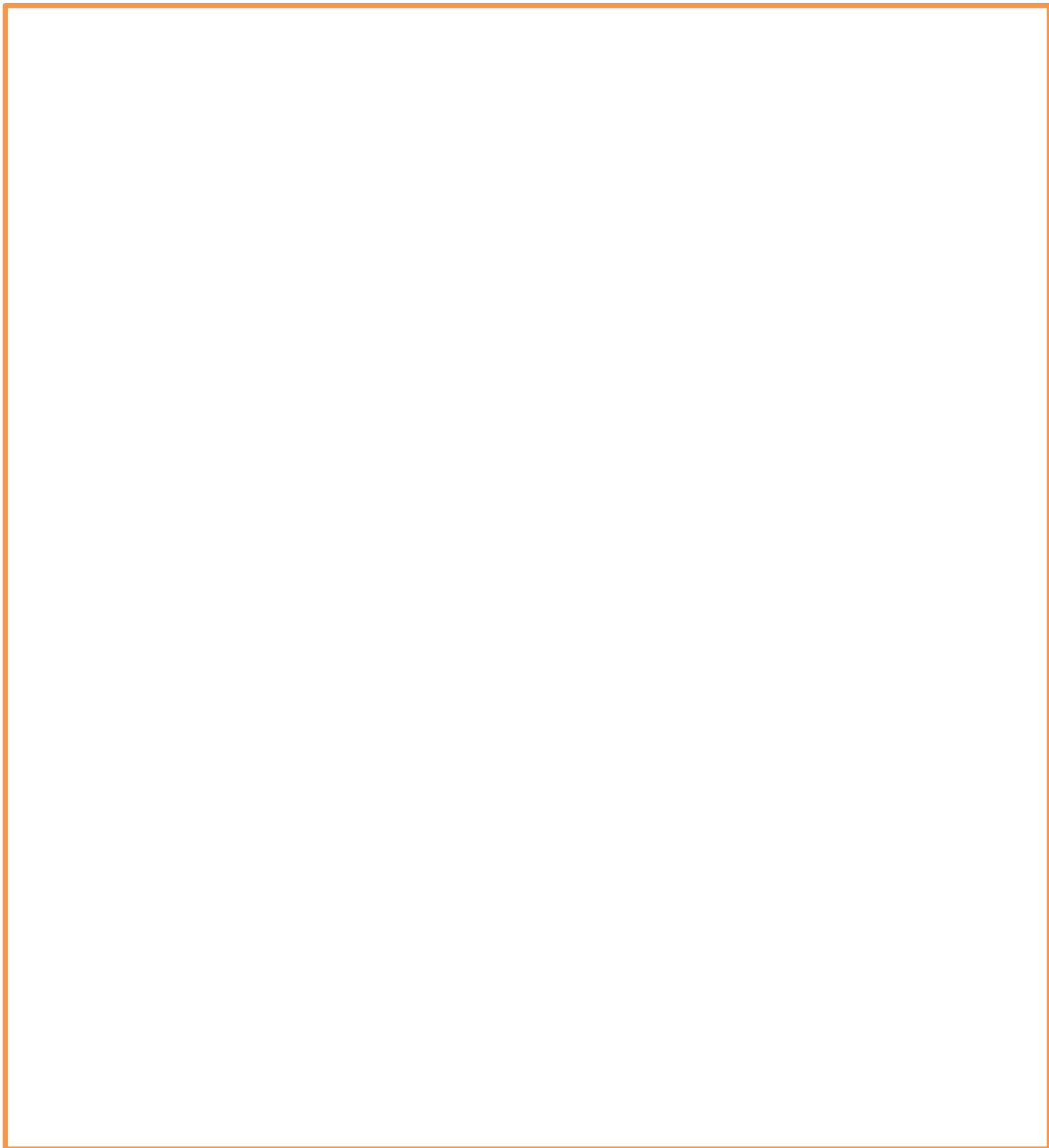


Kuva 5. Porraselementin asennus

### **7.4.3 Terästasojen asennus**

Varsinaisten betonielementtien asennusten lisäksi elementtiasennusurakkaan kuuluvat myös kuiluihin tulevien teräksistenhoitotasojen asennustyöt (Kuva 6, kuva 7). Terästasot tulevat teräsosien toimittajalta valmiiksi kasattuina ja ne las-ketaan kuiluun kokonaisena nosturin avulla. Kiinnitys betonielementteihin ja paikallavaluseiniin tapahtuu Hilti hit-hy 200A-injektointimassalla injektoitavien kierretankojen ja poraamalla asennettävien betoniruuviavulla. Tasoja varten on erilliset kiinnitysosat, jotka kiinnitetään seiniin ennen tasojen paikalleen asennusta.

Haasteita tasojen asennuksessa tuottavat seinien raudoitukset reikien porauksessa sekä ulkoilman lämpötila, joka vaikuttaa merkittävästi injektointimassan kovettumiseen. Kymmenen pakkasasteen lämpötilassa massan kovettumisaika on jopa seitsemän tuntia, joten asennukset vievät aikaa ja vaativat kärsivällisyyttä asentajilta. Lämpötilaan ei voida vaikuttaa, joten injektointimassan kovettumisaika täytyy ottaa huomioon asennuksia ennalta suunniteltaessa. Massan kovettumisaikana voidaan tehdä muita asennuksia ylläpitäviä ja edistäviä töitä. Raudoitusten tuleminen vastaan kiinnitys reikiä porattaessa on paikoitellen ongelma. Tähän ratkaisuna työmaalle hankittiin erikoisporanteriä, joilla päästään raudoitustakin läpi. Joissain tapauksissa reikää porattaessa teräksiä tulee vastaan useita kappaleita. Tällaisessa tilanteessa ainut vaihtoehto on timanttiporaus.



Kuva 6. Terästaso asennettuna paikallavaluseinien väliin



Kuva 7. Terästasojen asennussuunnitelma (Tolppa Oy, 2018)

## 7.5 Laadunvarmistus

Laadunvarmistus on merkittävä osa elementtien asennustyötä. Laadua on tarkkailtava monin eri menetelmin ja varmistettava suunnitelmien mukainen, turvallinen ja terveellinen sekä laadukas lopputulos.

Yhtenä laadunvarmistuksen toimenpiteenä länsimetron työmaalla ovat säännölliset asennus- ja raudoitustarkastukset. Tarkastusten tulee olla hyväksytysti suoritettu ennen kuin elementtiasennuksia voidaan jatkaa. Torpparin oman laadunvarmistuksen työkaluksi laadittiin asennuksien tarkastusasiakirja (kuva 9, Liite 3).

Muita laadunvarmistuksen toimenpiteitä elementtiasennuksissa ovat työnaikana tehtävät mittaukset esimerkiksi hammastuksista ja elementtien suoruuksista. Tärkeässä osassa ovat piirustukset, joita elementtiasennustyönjohtaja toimittaa asentajille säännöllisesti. Laadunvarmistukseen kuuluu myös elementtien ehjyyden tarkkailu sekä asennuksissa käytettävien materiaalien oikeellisuuden ja tarkoituksen mukaisuuden varmistaminen. Laadunvarmistukseen kuuluu lisäksi ennen asennusta tehtävät lähtömittaukset sekä elementtien kunnon tarkastukset. Myös työturvallisuus on osa laatua, joten sitä tarkkaillaan jatkuvasti ja huomioidaan mahdolliset puutteet ja poikkeamat.

Kaikki laadunvarmistuksen toimenpiteet ja menetelmät perustuvat työmaalle laadittuihin dokumentteihin, kuten betonielementtirakenteiden työ- ja laatusuunnitelmaan sekä betonielementtirakenteiden toteutuseritelmiin. Dokumentit on tuottanut projektinjohtourakoitsija GRK Infra Oy sekä Länsimetro-organisaatio, ja ne sisältävät tietoja laadunvarmistuksen toteutustavoista sekä menetelmistä. Toteutuseritelmissä on esitetty toteutusta koskevat yleiset vaatimukset, toleranssit sekä rakennuskohteen osapuolet ja kohteessa laadittavat asiakirjat. Toteutuseritelmiä sisältää myös viittaukset kohteessa käytettäviin viiteasiakirjoihin kuten SFS-standardeihin ja BY-kirjoihin. Betonielementtirakenteiden työ- ja laatusuunnitelmassa on esitettyä mm. riskit, työturvallisuus ja ympäristönsuojelu sekä asioita työnsuorituksesta ja laadunvarmistuksesta. (Länsimetro Oy 2018b; GRK Infra Oy 2018.)

Laadunvarmistuksen toteuttamisessa on oltava tarkka ja johdonmukainen, että päästään haluttuun lopputulokseen. Kaikki lopputuloksen laatuun vaikuttavat tekijät on huomioitava ja niiden oikeellisuuteen on puututtava. Laadunvarmistus nykypäivän rakentamisessa on jatkuvasti puheen aiheena, sillä nykyään törmätään laatupoikkeamiin ja rakennusvirheisiin harmittavan usein. Lehdet kirjoittelevat rakennustyön huonosta laadusta usein. Tämän takia laaduntarkkailu ja seuranta ovat työnjohdon tärkeimpiä tehtäviä. Laadunvarmistuksen työkaluiksi on laadittu seuraavissa luvuissa esitetyjä dokumentteja.

### **7.5.1 Asennuksien tarkastusasiakirja**

Yhtenä laadunvarmistuksen toimenpiteenä työmaalle luotiin asennuksien tarkastusasiakirja (kuva 8). Tarkastusasiakirjaa voidaan käyttää myös tulevilla elementtiasennustyömailla, sillä listassa esitetyt tarkastettavat kohdat ovat sopivia työmaasta riippumatta.

Tarkastusasiakirja on usean kohdan A4-kokoinen asiakirja, jota voidaan työmaolosuhteissa käyttää esimerkiksi tablet-laitteella tai tulosteena. Asiakirjassa käydään kohta kohdalta läpi toimenpiteitä ja varmistuksia ennen asennusta, asennuksen aikana sekä asennuksen jälkeen. Asiakirja on tehty mahdollisimman yksinkertaiseksi käyttää ja se vaatii vain tarkastajan allekirjoituksen sekä tarkastus-

päivämäärän. Käyttötavasta riippuen asiakirjaa voidaan käyttää myös rasti ruutuun menetelmällä, jolloin tarkastajan allekirjoitusta ja päivämäärää ei tarvita kuin asiakirjan lopussa. Asiakirjan käyttötapa riippuu aina käyttäjästä ja työmaasta.

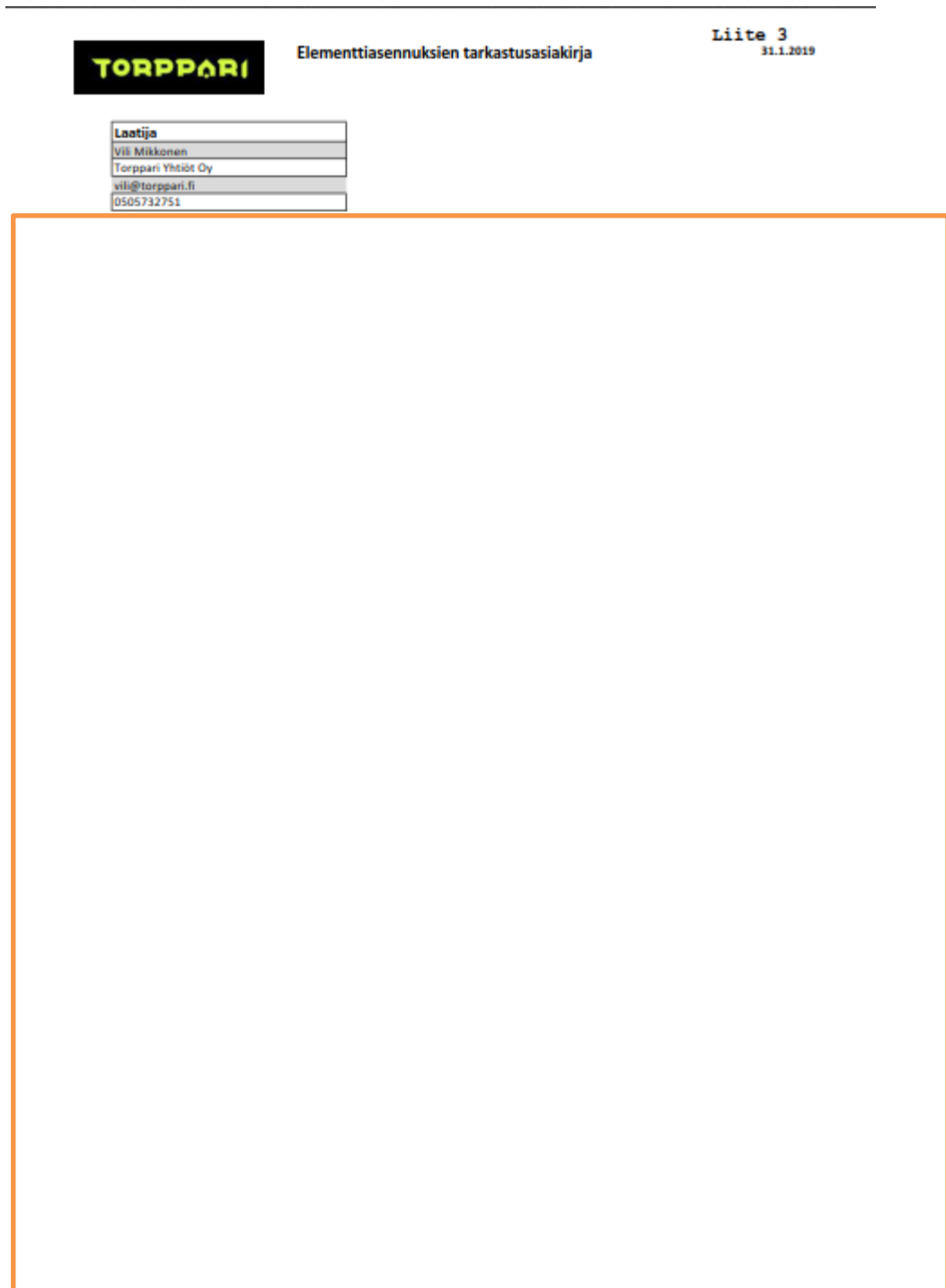
Tarkastusasiakirja lähtee liikkeelle ennen asennusten aloitusta tehtävistä tarkastuksista. Näitä tarkastuksia ovat esimerkiksi elementtien kunto, varastointialueen soveltuvuus ja nostokaluston käyttöönottotarkastus. Ennen asennusta tarkastetaan myös edellisten elementtien sijainnit sekä suoruudet ja korot. Lisäksi kiinnityspisteiden, kuten pulttien sijainnit tarkastetaan ongelmattoman asennustapah-tuman varmistamiseksi. Asennusten jälkeen ja niiden aikana suoritetaan tarke-mittaukset sekä tuentojen ja kiinnitysten sekä liitosten tarkastukset. Viimeiset asiakirjan kohdat koskevat edellytysten täyttymistä asennusten jatkamista ajatel-len. Tässä kohdassa varmistetaan, että kaikki muut tarkastukset on suoritettu, työturvallisuusasiat ovat kunnossa, suunnitelmien mukaiset elementit ovat asen-nettu ja liitosvalujen sekä saumavalujen lujuudet ovat riittävät.

Tarkastusasiakirjaan on mahdollista tarpeen mukaan lisätä tai siitä on mahdol-lista poistaa kohtia, sillä Excel-versio dokumentista on Torpparin henkilöstön saa-tavilla. Länsimetron työmaalla tarkastusasiakirjan käyttö aloitettiin helmikuun 2019 alussa tulostettuna versiona, myöhemmässä vaiheessa mahdollisesti ko-keillaan, kuinka tarkastusasiakirja muotoutuu käytettäväksi esimerkiksi tablet-lait-teen avulla. Heti käytön aloittamisen jälkeen asiakirjaan lisättiin tarkastettavia kohteita esimerkiksi työturvallisuuteen liittyen. Tarkastusasiakirja on sidottu osaksi opinnäytetyön osana kehitettyä toimintamallia/ -järjestelmää. Toiminta-mallista/ -järjestelmästä kokonaisuutena on kerrottu luvussa 8.

Länsimetron työmaalla asiakirjan mukaiset elementtiasennuksiin liittyvät asiat tarkastetaan ennen asennuksia, niiden aikana ja aina kahden kerroksen asenta-misen jälkeen. Listaan merkitään tarkastaja ja tarkastuspäivämäärä. Ennen asennusten jatkamista työntilaaaja allekirjoittaa tarkastusasiakirjan ja näin varmis-taa työn jatkamisen edellytysten toteutumisen ja turvalliset toimenpiteet.

Tarkastusasiakirjan käyttöönoton jälkeen huomattiin työturvallisuuden parantu-neen jonkin verran, sillä kun työturvallisuus asiat tarkastetaan listan mukaisesti ei mitään jää huomaamatta. Tällöin elementtiasennustyönjohtajan on helppo

huomata ja muistaa mahdolliset puutteet sekä ohjeistaa asentajia korjaamaan ne. Tarkastusasiakirjan jatkokehitys ja käyttö kaikilla elementtiasennuksia sisältävillä työmailla voi olla avain työturvallisuuden ja laadun parantamiseen, kunhan muistetaan, että kohteet ovat tarkastettava paikan päällä työmaalla.



Kuva 8. Asennuksientarkastusasiakirja

## 7.5.2 Työmaapäiväkirja

Laadunvarmistukseen liittyy olennaisesti päivittäisten töiden dokumentointi. Tätä tarkoitusta varten luotiin Excel-pohjainen työmaapäiväkirja. Päiväkirjaa ylläpidetään jokaiselta päivältä, jolloin elementtiasennuksia tai siihen liittyviä töitä tehdään. Päiväkirjan avulla voidaan tarpeen vaatiessa tarkastaa, mitä työvaiheita on milloinkin tehty ja onko havaittu puutteita tai ongelmia. Myös eri tarkastukset ja katselmukset merkitään päiväkirjaan, jolloin on aina olemassa dokumentti tarkastusten suorituksista.

Työmaapäiväkirja koostuu RT-ohjekorttien mukaisista ja muista hyväksi havaituista kohdista. Asiakirja alkaa päivämäärällä sekä työmaantiedoilla. Näiden tietojen jälkeen kirjataan ylös olosuhteet sekä resurssit ja materiaalitoimitukset, kuten elementtikuormat. Töidenkulku, keskeytykset, urakan ulkopuoliset työt ja huomautukset sekä tarkastukset ja katselmukset ovat osa työmaapäiväkirjaa (kuva 9). Urakoitsijan edustaja ja tilaajan edustajat hyväksyvät päiväkirjan allekirjoituksillaan.

Päiväkirja on räätälöity elementtiasennuksia silmällä pitäen, mutta sitä voidaan käyttää myös muiden töiden dokumentointiin. Asiakirjaa voidaan päivittää ja muokata tarpeiden mukaan, sekä sen käyttö on mahdollista tablet-laitteella tai tulosteena. Länsimetron työmaalla päiväkirjan ylläpito aloitettiin helmikuun 2019 alusta ja sitä pidetään tuloste versiona. Mahdollisesti myöhemmin siirrytään sähköiseen päiväkirjan ylläpitämiseen tablet-laitteen tai tietokoneen avulla.

LM2 RU27-työmaalla työmaapäiväkirjan käytöstä saatiin hyviä kokemuksia tämän opinnäytetyön puitteissa. Työmaapäiväkirjan jatkuva ylläpito helpottaa myöhemmin asioiden tarkastamista, mikäli tulee epäselvyyksiä esimerkiksi suoriteuista tarkastuksista tai materiaalitoimituksista. Työmaapäiväkirjasta saatiin positiivisia kokemuksia työnjohdon päivittäisten työtehtävien osana.

Työmaapäiväkirjapohjan laatiminen ei alun perin sisältynyt tämän opinnäytetyön laajuuteen, mutta LM2 RU27-työmaan elementtiasennuksien aloituksen jälkeen huomattiin selkeä tarve työmaapäiväkirjalle. Tällöin työmaapäiväkirja pääteettiin sisällyttää osaksi opinnäytetyötä. Vaikka työmaapäiväkirjan laatiminen sisällytet-

tiin osaksi tätä opinnäytetyötä niin sille ei anneta suurta painoarvoa opinnäytetyön kokonaisuudessa. Tästä syystä työmaapäiväkirjapohjaa ei esimerkiksi sisällytetty opinnäytetyön liitteeksi, sillä liitetiedostoja on muutenkin riittävästi kokonaisuuden hahmottamisen kannalta. Työmaapäiväkirja on kuitenkin sidottu osaksi opinnäytetyön osana kehitettyä toimintajärjestelmää. Toimintajärjestelmästä kokonaisuutena on kerrottu luvussa 8.



Kuva 9. Työmaapäiväkirja

## 7.6 Asennuksien haasteet, olosuhteet, ja työturvallisuus

Elementtiasennukset Länsimetron työmaan kaltaisissa olosuhteissa ovat harvinaisia, joten haasteita ja rajoitteita esiintyy varmasti normaalia enemmän. Aika näyttää, kuinka hyvin haasteet kyetään ratkaisemaan ja rajoitteet ottamaan huomioon asennustöissä.

Metrotunneliolosuhteissa yksi suurimmista haasteista asennuksissa on valaistus. On äärimmäisen tärkeää, että työkohteeseen valaistus on kunnossa. Hämäryyttä ja pimeyttä torjutaan varustamalla työntekijät kypärään kiinnitettävillä valaisimilla ja työpistekohtaisilla valaisimilla.

Valaistuksen ohella yksi suurimmista haasteista on nostotöiden suoritus. Nostotyöt Länsimetron olosuhteissa ovat niin sanottuja ”pimeitä nostoja”, sillä nosturinkuljettajalla ei ole kunnollista näkyvyyttä kuiluun nostoja tehdessään. Tällaisissa nostoissa asentajien ammattitaito nosturin kuljettajan ohjeistamisessa ja nosturinkuljettajan ammattitaito ovat äärimmäisen suuria tekijöitä. Nosturin kuljettajalla ja asentajilla on oltava täysi luottamus toisiinsa parhaan mahdollisen lopputuloksen saavuttamiseksi.

Osittain haasteita ovat aiheuttaneet myös suunnitelmat. Rakennesuunnitelmien ja elementtisuunnitelmien eroavaisuudet ovat johtaneet työmaalla esimerkiksi peruspulttien katkaisuihin ja uusien juottamiseen. Suunnitelmaongelmat ovat kuitenkin kokonaisuuteen nähden pieniä ja niillä ei ole merkittävää vaikutusta asennusten suoritukseen.

Haasteita Länsimetron työmaalla aiheuttaa ajoittain myös töiden yhteensovitus muiden urakoitsijoiden kanssa. Kuiluissa työskennellessä ei vielä kevään 2019 aikana muita urakoitsijoita ole. Myöhemmässä vaiheessa talotekniikkaurakoitsijan aloitettua työnsä joudutaan töitä yhteensovittamaan myös kuiluissa. Suurimpia haasteita aiheuttavat useiden urakoitsijoiden erilaiset työvaiheet tunnelissa, jolloin liikkuminen vaikeutuu ja vie aikaa. Maanrakennusurakoitsijan työt tukkivat ajoittain liikkumisen tietyissä tunnelin osissa, jolloin työkohteeseen siirtyminen vaikeutuu. Tämän takia joudutaan odottamaan ja käyttämään pidempiä reittejä, jolloin työskentelyyn suunniteltua aikaa kuluu hukkaan. Tähän ongelmaan ei suoraan ratkaisua ole saatavilla. Hyvä ennakkotiedotus eri urakoitsijoiden työkohteista

ja -vaiheista helpottavat jonkin verran asiaa. Välillä betonivalujen aikana pumppu- ja betoniautot tukkivat kulkuväyliä. Tämän takia kulkureittien ja töiden suunnittelu ajoneuvojen sijoituspaikkoineen on ensiarvoisen tärkeää.

### **7.6.1 Olosuhteet**

Metrotunneliolosuhteissa työskennellessä säätilan vaihteluista ei pääsääntöisesti ole suurta haittaa, koska tunnelin tasalämpöolosuhteet ovat ihanteelliset töiden suoritukselle. Elementtiasennuksia ajatellessa säätilojen vaikutus on kuitenkin otettava huomioon, sillä elementit asennetaan alimpia elementtejä lukuun ottamatta kuilujen yläpäistä (kuva 10) sekä varastoidaan asennusaukon läheisyydessä. Edellä mainitut asiat asettavat haasteita asennustyön turvallisuudelle suoritukselle.

Elementtejä varastoidessa tulee ottaa huomioon vaihtelevat olosuhteet tarvittavin suojauskein, sekä varastointipaikan sijainti logistisesti järkevästi. Varastointipaikan tulee olla sellainen, että nosturilla on esteetön ulottuvuus ja näkyvyys varastointipaikalle. Myös elementtirekkojen on päästävä riittävän lähelle varastointipaikkaa elementtikuormien purkamista ajatellessa.



Kuva 10. P4.4-kuilun yläpään aukko suojattuna

### **Olosuhteet tunnelissa**

Länsimetron työmaalla työskennellään pääsääntöisesti tunneliolosuhteissa. Elementtiasennuksia suoritetaan tunneliolosuhteiden lisäksi kuitenkin myös ulkotiiloissa. Tunneliolosuhteet on kuitenkin otettava huomioon asennuksia suunniteltaessa ja toteuttaessa.

Metrotunnelissa ilman lämpötila pysyy tasaisena ulkona vallitsevasta säätilasta riippumatta. Lämpötila on pysyvästi viiden ja viidentoista lämpöasteen välillä. Avonaiset kuilut kuitenkin vaikuttavat tunnelin lämpötilaan, jolloin se voi olla myös pakkasella kuilujen välittömässä läheisyydessä. Lämpötilat on huomioitava asennusten suorituksissa työvaiheen mukaan. Esimerkiksi betonivaluihin on lämpötiloilla ja niiden vaihteluilla suuri merkitys. Lämpötila vaikuttaa betonivalujen lisäksi myös injektointimassojen kovettumiseen.

Muita huomioon otettavia olosuhteita tunnelissa ja kuiluissa ovat tilaolosuhteet sekä ilmanvaihto. Länsimetron tunneleissa ilmanvaihto on toteutettu hyvin, sillä

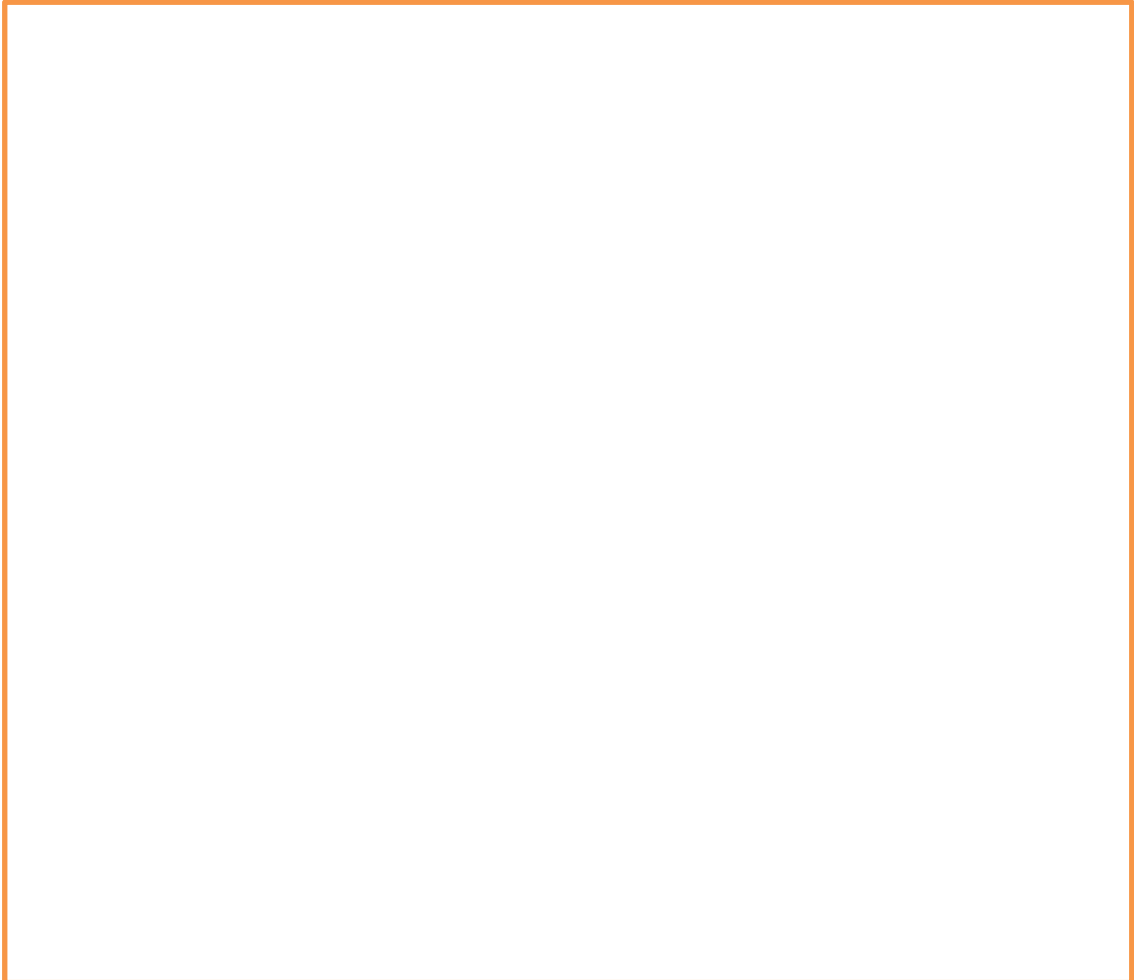
esimerkiksi autoista syntyvää pakokaasua ei pääsääntöisesti jää ilmaan liian suuria määriä. Elementtiasennuksia ajatellessa ilmanvaihto toimii hyvin, sillä avonaiset kuilut toimivat ikään kuin suurina ilmavaihtokanavina. Tilaolosuhteet ovat myös merkittävä osa tunnelin olosuhteita. Tilat voivat olla paikoitellen ahtaat, jolloin tarvitaan erityistä suunnittelua. Tunnelin tilojen ahtauden vaikutus elementtiasennuksiin on kuitenkin pieni. Merkittävämpi vaikutus elementtiasennuksiin on kuilujen tilavuudella. Kuilut ovat pääsääntöisesti niin tilavia, että elementtiasennukset mahdutaan suorittamaan hyvin. Kuitenkin kuiluissa ylöspäin noustessa tulee vastaan joitain ahtaampia kohtia. Esimerkiksi P4.4-kuilussa muutamassa kohdassa kalliassa olevan ruiskubetonipinnan ja elementin väliin jää vain noin 35 mm tilaa. Tällaisissa tilanteissa vaaditaan erityistä tarkkuutta niin asentajilta kuin myös nosturinkuljettajalta.

### **Talviolosuhteet**

Talvi on yksi suurimmista haastavia olosuhteita aiheuttavista tekijöistä. Täytyy huomioida lumen ja jään vaikutus. Talvella elementtejä joudutaan sulattamaan ja puhdistamaan lumesta sekä jäädä aina ennen asennusta. Nämä toimenpiteet hidastavat asennustapahtumaa ja on otettava huomioon asennusaikatauluissa. Toisaalta lumen ja jään vaikutus asettaa muitakin haasteita varsinkin silloin, kun kuilujen yläpää on avoinna. Tällöin kovalla pakkasella tai lumisateella ei voida asentaa elementtejä, jotta lunta tai jäätä ei pääse liiaksi tunneliin. Jään tippuminen kuilusta alas tunneliin on myös työturvallisuusriski (Kuva 11).

Pakkassää asettaa haasteita kuiluissa elementtiasennuksiin liittyvien juotosten ja betonivalujen suoritukseen. Lämpötilan ollessa pakkasella käytetään kaikissa valuissa lämpölankoja varmistamaan betonin lujuuskehitys. Betonin lujuuskehityksen seuranta talviolosuhteissa on tärkeää, sillä se vaikuttaa suoraan asennusten jatkamiseen, sillä asennuksia ei voida jatkaa ennen kuin betoni on saavuttanut suunnitelmien mukaisen lujuuden. Suunnitelmien mukaisesti betonin lujuuden tulee olla vähintään 70 % suunnitellusta loppulujuudesta 30 MPa. Länsimetron työmaalla tämä tarkoittaa kuilujen osalta pääsääntöisesti noin 21 MPa lujuutta.

Talven 2018–2019 lumimäärä asettaa töitä hidastavia haasteita asennuksiin. Lumitöitä joudutaan tekemään paljon ja toisinaan tarpeellisia osia ja tarvikkeita joudutaan kaivamaan esiin lumihangesta. Poikkeuksellisten olosuhteiden lisäksi työturvallisuushaasteet täytyy ottaa huomioon. Työnjohdon tärkeimpiä tehtäviä ovat työturvallisuuden lisäksi olosuhteiden huomiointi. Olosuhteet tulee huomioida ja suunnitella eri työvaiheiden ajoitus olosuhteiden mukaisesti. Työturvallisuudesta ja sen haasteista on kerrottu luvussa 7.6.2.



Kuva 11. Kuilusta P4.3 pudonnutta jäätä (Kolhinoja, Torppari Yhtiöt Oy 2019)

### **7.6.2 Työturvallisuus**

Länsimetron työmaalla työturvallisuus on yksi tärkeimmistä asioista. Kaikki työt tulee voida suorittaa turvallisesti ja terveellisesti määräyksiä noudattaen. Kaikilla elementtiasennustyön osapuolilla on oltava voimassa oleva työturvallisuuskortti sekä tulitöitä, kuten jäisten tai lumisten elementtien sulatusta kaasupolttimella,

tehtäessä tulityökortti. Tulitöitä varten tulee ennen työnaloitusta hankkia tulityölupa projektinjohtourakoitsijalta (GRK Infra Oy). Elementtiasennussuunnitelmassa on esitetty työturvallisuustoimenpiteet ja niiden vastuurajat taulukkomuodossa (Taulukko 7, Liite 5).

Suunnitelma/tehtävä	Vastuu	Asennus- ja purkuajan kohdat
Työtasot, työtelineet		Sovitaan yhdessä PJU:n ja asennusurakoitsijan kanssa.
Henkilönostimet, nostokorit		Sovitaan yhdessä PJU:n ja asennusurakoitsijan kanssa.
Nousutiejärjestelyt		Sovitaan yhdessä PJU:n ja asennusurakoitsijan kanssa.
Kaiteet, putoamissuojaus		Työ edetessä, ennen jokaista työvaihetta. Mahdollisuuksien mukaan ennen töiden aloitusta.
Turvavaljaat ja köydet		Työn edetessä, ennen jokaista työvaihetta.
Eriyistoimenpiteet		Sopimusten mukaisesti.
Kuilun yläpään järjestelyt, suojaukset		Aluesuunnitelmissa

Taulukko 7. Työturvallisuustoimenpiteet

Kaikilla asentajilla tulee olla henkilökohtaiset suojarusteet. Tällaisia varusteita ovat esimerkiksi huomiovärinen vaatetus, viiltosuojakäsineet, turvakengät, suojalasit ja leukahihnallinen suojakypärä sekä jonkinlainen valaisin. Valaisimen tulee olla kypärään kiinnitettävä otsalamppu. Henkilökohtaisiin suojarusteisiin

kuuluvat myös turvavaljaat korkealla työskenneltäessä. Henkilökohtaiset suoja-  
varusteet kuuluvat myös työnjohdon varustukseen. Työnjohdolle riittää huomio-  
värinen takki, leukahihnallinen suojakypärä, suojalasit, turvakengät ja valaisin  
sekä käsineet tarvittaessa.

Avonaiset kuilut ja asennustyöt kuilussa vaativat omat toimenpiteensä. Turvaval-  
jaiden käyttöä ei voi painottaa liikaa varsinkaan elementtien ”lähettäjän” eli ylä-  
miehen osalta. Ennen korkealla työskentelyä tulee olla kyseessä olevaan koh-  
teeseen laadittuna ja sovittuna pelastautumissuunnitelma, eli toimenpiteet mitä  
tehdään, jos jotain tapahtuu. Ihmisen jäädessä roikkumaan valjaiden varaan tulisi  
hänet saada pelastettua 20 minuutin kuluessa. Tämä aikaraja asettaa haasteita  
varsinkin avonaisten kuilujen yläpäässä työskenneltäessä. Tämän haasteen/ on-  
gelman poistamiseksi jokaiselle kuilulle on tarkoitus hankkia köysitikkaat, jotka  
voidaan ”heittää” kuiluun ensiavuksi, mikäli joku sattuu putoamaan valjaiden va-  
raan. Myös asennusvaiheessa, kun kaiteita ei ole voitu vielä asentaa esimerkiksi  
lepotasoille tulee asentajien käyttää valjaita. Valjaiden käytön ollessa elementti-  
asennuksissa normaali toimenpide tulee Länsimetron asennuksissa ongelmaksi  
valjaiden kiinnitysmahdollisuudet. Valjaita ei saa kiinnittää sellaisiin kohteisiin, joi-  
den kestävydestä ei voida olla varmoja. Kiinnityspisteitä valjaille ei usein ole  
edes saatavilla ja tällöin asiassa joudutaan soveltamaan normaalia enemmän  
asentamalla väliaikaisesti tarvittavia osia valjaskiinnityksiin.

Henkilönostoja varten projektinjohtourakoitsija on laatinut henkilönostotyösuun-  
nitelman, jossa määritellään henkilönostojen toimenpiteet. Henkilönostoihin saa  
käyttää vain siihen hyväksytyjä nostimia. Henkilönostimella työskenneltäessä on  
käytettävä turvavaljaita, jotka tulee olla kiinnitettynä nostimen koriin turvallisesti.  
Ennen nostoja on myös varmistuttava nostimen teknisestä kunnosta ja alustan  
kantavuudesta.

Kuiluissa nousuteinä käytetään jo asennettuja porraselementtejä. Tärkeä työtur-  
vallisuustoimenpide on asentaa jokaiseen porraselementtiin kaiteet molemmin  
puolin heti elementin asennuksen jälkeen. Kaiteina käytetään nopeasti asennet-  
tavissa olevia ”koukkupääkaidetolppia” eli holvinsuojakaiteita (kuva 12), joihin  
asennetaan kaiteiksi 22x100 mm lautaa ja 47x100 mm soiroa. Samoja kaidetolp-  
pia käytetään myös lepotasojen kaiteina. Seinäelementtien avonaiset oviaukot

suojataan kiinnittämällä lautaa elementtiin kiinni pikanauloilla, niin että putoaminen oviaukosta estyy. Väliaikaisena nousutienä asennusten aikana on lupa käyttää myös alatuellisia -ja elementtikoukullisia alumiinitikkaita. Tikkaita käytettäessä noudatetaan erityistä varovaisuutta ja varmistutaan, että tikkaat ovat kantavalla alustalla eivätkä pääse luistamaan. Varsinaisissa asennustöissä ei tikkaita kuitenkaan saa käyttää.



Kuva 12. "Koukkupääkaidetolpat"

Länsimetron työmaalla työturvallisuutta seurataan tarkasti valvojien, projektinjohtourakoitsijan ja muiden urakoitsijoiden toimesta. Puutteista huomautetaan ja ne täytyy korjata ennen töiden jatkamista. Riittävän monen huomautuksen jälkeen työmaalle on asetettu projektinjohtourakoitsijan toimesta rahalliset sanktiot, joiden summat kasvavat toistuvien rikkomusten seurauksena. Tarvittaessa esimerkiksi liiallisesta ja toistuvasta ylinopeudesta tunnelissa voidaan työntekijä lomauttaa määräajaksi. Työturvallisuutta seurataan projektinjohtourakoitsijan toimesta myös MRV-mittauksin. Pääsääntöisesti mittauksilla on päästy 95 % yläpuolelle. Työturvallisuuden parantamiseksi jokaisen osapuolen on tehtävä töitä ja tarkkailta työturvallisuuden tasoa. Mikäli puutteita huomataan niin työntekijöiden kuin

työnjohdon toimesta on jokainen velvollinen korjaamaan puutteet ennen töiden jatkamista.

### **7.7 Länsimetron elementtiasennukset kokonaisuutena ja niiden vaikutus tulevaisuudessa**

Länsimetron työmaalla asennetaan edellä esitetyn mukaisesti elementtejä metrotunnelin pystykuiluihin hyvin vaihtelevissa olosuhteissa. Olosuhteiden vaikutus asennuksiin on merkittävä muun muassa valaistuksen ja talviolosuhteiden muodossa unohtamatta tunneliolosuhteita.

Länsimetron elementtiasennuksissa kohdatuilla ongelmilla tulee olemaan vaikutusta tulevaisuudessa mahdollisesti tuleviin elementtiasennusurakoihin, sillä kaikkien Länsimetron työmaalla ratkaistujen ongelmien ratkaisuja voidaan käyttää tulevaisuudessa. Tällaisia ongelmia ovat esimerkiksi suunnitelmaongelmat. Länsimetron työmaalla ilmenneet rakenne- ja elementtisuunnitelmien eroavaisuudet voidaan tulevaisuudessa eliminoida olemalla tarkkana suunnitelmia luettaessa ja tiedottamalla suunnittelijoita asiasta tehokkaammin. Ennen töiden aloitusta on hyvä tarkastaa rakennesuunnitelmien lisäksi myös elementtisuunnitelmat, jolloin eroavaisuudet huomataan riittävän ajoissa. Tällöin vältetään jälkikäteen tehtäviltä töiltä, kuten peruspulttien uudelleen asentamiselta poraamalla ja juottamalla.

Muita työmaalla kohdattuja ongelmia olivat aiemmin mainittu raudoitusterästen vastaan tuleminen kiinnitysreikiä porattaessa. Tämän ongelman ratkaisuksi hankittiin erikoislaatuisia poranteriä, joilla päästään myös raudoitusten läpi. Erikoislaatuiset poranterät ovat normaaleja poranteriä huomattavasti kalliimpia mutta säästävät työaika, jolloin hintaero ei muodostu ongelmaksi. Töiden nopeutuminen säästää kustannuksissa, jolloin poranterän kalliimpi hinta ei vaikuta merkittävästi töiden kokonaiskustannuksiin. Toinen ratkaisu tähän ongelmaan on timanttiporaus, joka muodostuu poranterien hankintaa kalliimmaksi ratkaisuksi. Tästä syystä timanttiporausta käytetään ainoastaan silloin, kun erikoislaatuiset poranterätkään eivät toimi. Erikoislaatuisten poranterien hankintaa reikien porauksiin tullaan käyttämään myös tulevaisuudessa saman kaltaisten ongelmien ratkaisuksi.

Kokonaisuutta katsottaessa Länsimetron elementtiasennuksissa ei ole esiintynyt suuria ongelmia. Tähän mennessä ilmenneisiin ongelmiin on saatu kehitettyä ratkaisut, joita voidaan hyödyntää myös tulevaisuuden urakoissa. Länsimetron elementtiasennusten kokemuksien pohjalta on laadittu kehitysehdotuksia. Kehitysehdotuksista on kerrottu luvussa 9.

## **8 Kehitetty toimintajärjestelmä kokonaisuutena**

Opinnäytetyön osana laadittujen dokumenttien ympärille kehitettiin Torpparille uusi toimintamalli, jota voidaan kutsua myös toimintajärjestelmäksi. Järjestelmän tavoitteena on dokumenttien tietty pätevyys- ja käyttöjärjestys. Järjestelmän on tarkoitus selkeyttää elementtiasennuksien toteutusta ja laadukkaan lopputuloksen saavuttamista. Toimintajärjestelmän käytön tueksi laadittiin lyhyet käyttöohjeet, joiden avulla yrityksen toimihenkilöiden on helpompi aloittaa dokumenttien käyttäminen ja arkistointi.

Kehitetty järjestelmä on käytännössä neljäosainen alkaen työvaiheista ennen elementtiasennuksien aloitusta ja päättyen työaikaiseen seurantaan sekä lopputulokseen. Toimintajärjestelmään kuuluvat elementtiasennussuunnitelma, ohjeistukset asentajille ja työnjohdolle sekä asennuksien tarkastusasiakirja ja työmaapäiväkirja. Tämän opinnäytetyön raportti sidotaan myös osaksi toimintajärjestelmää. Tästä opinnäytetyön raportista tulee järjestelmään ikään kuin osa 0, eli osa, joka kulkee toimintamallin taustalla mukana ikään kuin kantavana runkona.

### **8.1 Järjestelmän osat**

Järjestelmän ensimmäisenä osana voidaan pitää työmaille yksilöidysti laadittavaa elementtiasennussuunnitelmaa. Elementtiasennussuunnitelma laaditaan jokaiselle työmaalle, ja siinä yksilöidään kyseisen työmaan elementtiasennukset. Elementtiasennussuunnitelman hyväksyvät allekirjoituksillaan asennustyönjohtajan sekä vastaavan työnjohtajan ja suunnittelijoiden lisäksi myös elementtien asentajat.

Järjestelmän toinen osa on ohjeistukset. Elementtiasennusohjeistus käydään läpi asentajien kanssa ja he allekirjoittavat sen ennen elementtien asennustyön

aloitusta. Työnjohdolle suunnattu ohjeistus kulkee työnjohdon mukana koko urakan ajan.

Kolmas osa on jatkuva työnaikainen asennuksien seuranta ja tarkastus. Tähän tarkoitukseen on luotu aikaisemmin läpi käyty asennuksien tarkastusasiakirja. Tarkastusasiakirjan avulla työnjohto kestää ajan tasalla muun muassa työturvallisuusasioiden toteutumisesta, sekä muista tarpeellisista asioista.

Neljäntenä ja jatkuvasti asennuksien mukana kulkevana osana on työmaapäiväkirja. Työmaapäiväkirjaa pidetään päivittäin asennuksien etenemisestä. Päiväkirjan avulla työnjohdon on helppo tarkastaa myöhemmin, milloin jokin työvaihe on suoritettu tai milloin materiaalityö on saapunut työmaalle.

Numeroimattomana osana järjestelmään kuuluu tämä opinnäytetyön raportti. Raportin on tarkoitus toimia toimintajärjestelmän ”kantavana runkona”. Sen tarkoituksena on olla tietopaketti elementtiasennusten työnjohtajille. Tästä syystä myös raportti on sidottu osaksi kehitettyä toimintajärjestelmää.

## **8.2 Dokumenttien arkistointi**

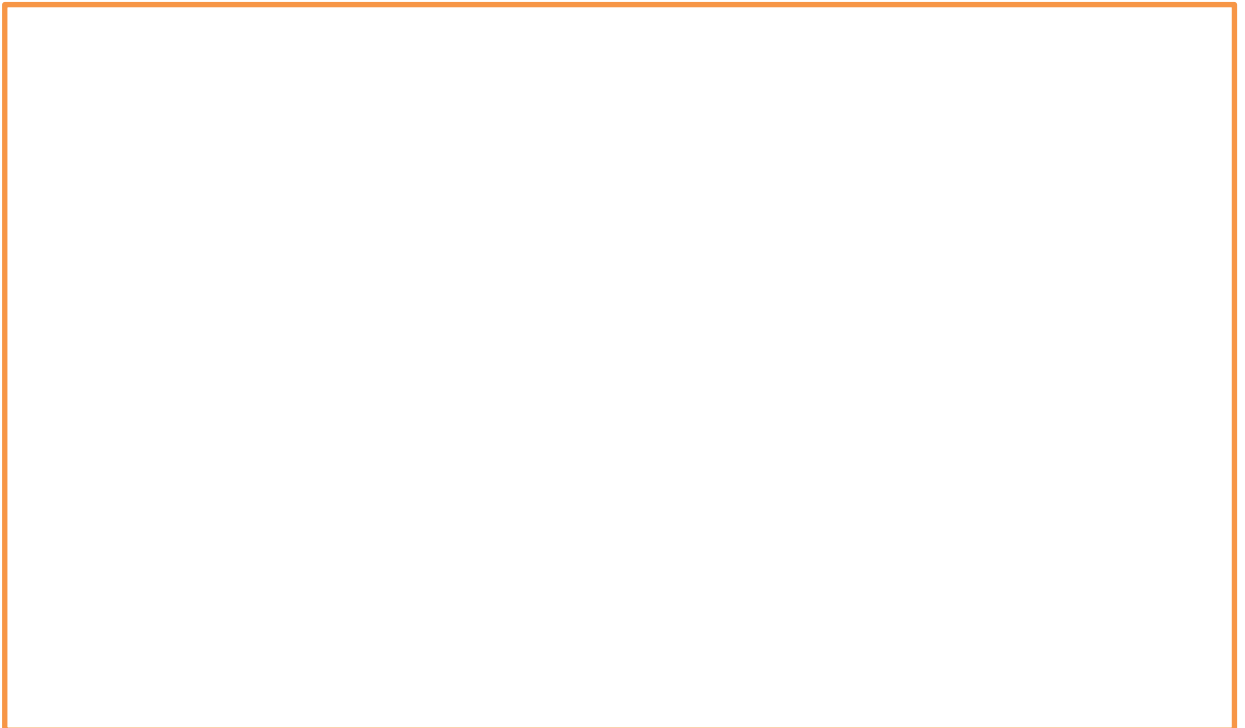
Olennainen osa toimintajärjestelmää on dokumenttien arkistointi. Elementtiasennussuunnitelma arkistoidaan yleensä työmaan projektipankkiin, mutta myös Torpparin omaan arkistoon. Muut dokumentit arkistoidaan Torpparin omin arkistointimenetelmin. Arkistointi tapahtuu järjestelmän kehityksen tässä vaiheessa paperisena mappeihin ja osittain Torpparin käytössä olevaan pilvipalveluun. Paperisten dokumenttien skannaus sähköiseen järjestelmään tulee viemään kuitenkin jonkin verran aikaa, joten pyrkimys on mahdollisimman pian siirtyä sähköisiin dokumentteihin.

Yrityksen käytössä olevaan pilvipalveluun arkistoidessa saavutetaan tässä vaiheessa paperisena arkistointiin verrattuna merkittävä hyöty. Pilvipalveluun arkistoidessa niin dokumenttipohjat kuin valmiit täytetyt dokumentit ovat koko yrityksen työnjohdon ja muun toimihenkilöstön saatavilla. Esimerkiksi urakan loppuselvitysvaiheessa voidaan sähköisesti arkistoiduista dokumenteista helposti tarkastaa tiettyjen työvaiheiden tai tarkastusten ajankohdat tarpeen vaatiessa.

Tämä vähentää toimihenkilöstön työmäärää verrattuna paperiseen arkistointiin ja säilytykseen.

### 8.3 Jatkokehitys

Toimintajärjestelmää on tarkoitus jatko kehittää myös tämän opinnäytetyön valmistumisen jälkeen. Jatkokehitys toteutetaan jatkuvan kehityksen periaatteella jo Länsimetron urakan aikana sekä myöhempien urakoiden yhteydessä. Jatkokehitykseen kuuluu olennaisesti kaiken dokumentaation muuttaminen sähköiseen muotoon ensin yrityksen käytössä olevan pilvipalvelun avulla ja myöhemmin mahdollisuuksien mukaan toiminnanohjausjärjestelmän osana (kuva 13).



Kuva 13. Toiminnanohjausjärjestelmän mahdollinen arkistointi mahdollisuus

Tällä hetkellä käytössä olevan pilvipalveluun tapahtuvan arkistoinnin organisoinnissa on oltava tarkkana. Valmiit dokumentit on kansioitava ja nimettävä selkeästi, jotta kaikki osapuolet ymmärtävät arkistointitavan sekä löytävät oikean dokumentin tehokkaasti (Kuva 14). Kansi

Myöhemmässä vaiheessa tarkoituksena on vielä kehittää toimintajärjestelmä selkiseksi, että sen käyttöön saadaan yksinkertaisin toimenpitein opastettua kaikki yrityksen toimihenkilöt. Toisin sanoen järjestelmän kehityksessä tullaan panostamaan helppokäyttöisyyteen ja selkeyteen.



Kuva 14. Dokumenttien kansioiminen pilvipalvelussa

#### **8.4 Kokemuksia järjestelmästä Länsimetron työmaalla**

Länsimetron työmaalla järjestelmä saatiin osittain käyttöön helmikuun 2019 alusta alkaen. Kehityksen kuitenkin ollessa edelleen kesken, ei täydellistä järjestelmän käyttöä voida vielä toteuttaa. Länsimetron työmaan aikana kehitetään järjestelmä sille tasolle, että se on helppo ottaa käyttöön myös myöhemmissä urakoissa.

Länsimetron työmaalla järjestelmästä on saatu käyttöön elementtiasennussuunnitelma, tarkastusasiakirja sekä työmaapäiväkirja. Ohjeistusdokumenteja ei tässä urakassa saatu käyttöön aikataulullisista syistä johtuen. Ohjeistuksien toimivuutta työnjohdon osalta on kuitenkin testattu jo Länsimetron urakan osana. Asentajien ohjeistuksesta saadaan kokemuksia myöhempien urakoiden yhteydessä. Käytössä olevista osista on saatu tässä urakassa hyviä kokemuksia. Työmaapäiväkirjan ylläpito on helpottanut elementtiasennustyönjohdon työtä jonkin verran. Työmaapäiväkirjan avulla on pystytty tarkastamaan jälkikäteen esimerkiksi materiaalitoimitusten ajankohdat. Tarkastusasiakirja on Länsimetron työmaalla parantanut asennusten laatua ja työturvallisuutta, sillä säännölliset tarkastukset helpottavat työnjohdon työtä sekä asioiden muistamista. Tarkastusta tehdessä asiakirjan avulla puutteet tulevat kirjatuksi ylös välittömästi, joka helpottaa niiden muistamista ja eteenpäin viemistä.

Länsimetron työmaalla dokumenttien arkistointi on helmikuun alusta alkaen tapahtunut pääsääntöisesti paperisena. Paperisena tapahtuva arkistointi on urakan tässä vaiheessa toimiva ratkaisu, mutta myöhemmin se muuttuu työlääksi paperimäärän lisääntyessä. Länsimetron työmaalla on siis pyrkimyksenä kehittää järjestelmää sellaiseksi, että dokumenttien ylläpito ja arkistointi onnistuu helposti tietokoneella tai tablet-laitteella. Dokumenttipohjat on alusta alkaen laadittu sähköistä ylläpitoa ajatellen. Kevään 2019 aikana tarkoituksena on siirtää kaikki siihen mennessä paperisena ylläpidetyt dokumentit sähköiseen muotoon yrityksen pilvipalveluun ja jatkaa tämän jälkeen dokumenttien ylläpitämistä kokonaan sähköisesti.

## **9 Kehitysehdotukset elementtiasennuksiin**

Elementtiasennusten työtavat vuosikymmenten ajalta ovat nykypäivänäkin toimivia. Tällaisia tapoja ovat esimerkiksi elementtiasennus asennuskankia käyttäen tai nosturin käyttö asennuksissa. Vaikka rakennusala nähdään usein erittäin konservatiivisena ja muutosvastaisena voidaan joiltain osin asennuksia ja niitä tukevia toimia kuitenkin kehittää eteenpäin. Varsinkin työturvallisuuteen liittyvissä asioissa on usein parannettavaa.

Työturvallisuutta voidaan kehittää eteenpäin yksinkertaisin toimenpitein. Torpparin elementtiasennusurakoissa voidaan ottaa käyttöön tämän opinnäytetyön ohessa tuotetut elementtiasennusohjeistusdokumentit. Näiden dokumenttien avulla asentajien ja työnjohdon mieleen saadaan palautettua keskeisimmät työturvallisuustoimenpiteet ja -määräykset. Vahva kommunikointi eri osapuolien kesken on avainasemassa työturvallisuutta kehittäessä. Mikäli asentajien mielessä saadaan pysymään jatkuvasti kaikki keskeiset työturvallisuustoimenpiteet ja menetelmät päästään työturvallisuudessa pitkälle. Parhaita tapoja edistää asennuksien työturvallisuutta on ohjeistaa asentajia sekä muistuttaa heitä säännöllisesti asentamaan mm. kaiteet ja muut työturvallisuusmateriaalit paikoilleen heti elementinasennuksen jälkeen. Työnjohdon työkaluna tämän opinnäytetyön ohessa tuotettu asennuksien tarkastusasiakirja on apuna työturvallisuuteen liittyvien asioiden muistamisessa ja tarkastamisessa. Tarkastusasiakirjan avulla myös laadunvalvonta helpottuu.

Valjaiden käyttöä tulisi kehittää elementtiasennuksissa. Varsin usein valjaiden käyttö unohtuu ja siitä joudutaan muistuttamaan. Yksi ratkaisu tähän on jokaiselle asentajalle hankittavat henkilökohtaiset valjaat, jolloin kynnyks niiden käyttämiselle on pienempi kuin yhteiskäytössä olevilla valjailla. Valjastyöskentelyn turvallisuuteen liittyvät Länsimetron elementtiasennuksissa käyttöön otettavat köysitikkaat, jotka voidaan heittää ”ensiavuksi” valjaiden varaan pudonneelle. Köysitikkaiden käyttäminen on hyvä tapa parantaa valjastyöskentelyn työturvallisuutta. Köysitikkaiden avulla saadaan minimoitua valjaiden varassa ”roikkumiseen” kuuluva aika. Köysitikkaita voi suositella käytettäväksi varsinkin Länsimetron kaltaisissa olosuhteissa, mutta myös muissa kohteissa niistä voi olla merkittävää hyötyä. Esimerkiksi työskenneltäessä elementtikerrostalon ylimpien kerrosten elementtiasennuksissa voi köysitikkaiden käyttömahdollisuus parantaa työturvallisuuden toteutumista.

Säännölliset asennuspalaverit asentajien sekä muiden osapuolien kanssa olisivat hyvä käytäntö jokaisella elementtiasennustyömaalla, varsinkin Länsimetron työmaalla, jossa elementtejä asennetaan vaativissa olosuhteissa. Palaverit asentajien kanssa vahvistavat yhteisymmärrystä ja ongelmien selvitystä, jolloin päästään parempaan kaikkia osapuolia tyydyttävään lopputulokseen niin laadullisesti kuin muidenkin tekijöiden osalta. Palaverien säännöllinen pitäminen ja niiden sisällöllinen kehittäminen parantavat töiden suoritusta ja laatua. Palavereissa tulisi kirjata ylös sovitut asiat ja toimenpiteet, jolloin ne on helpompi muistaa ja toteuttaa. Asioiden kirjaaminen olisi hyvä toteuttaa sähköisessä muodossa esimerkiksi Microsoft Word -ohjelmiston avulla. Paperille kirjaaminen on kuitenkin edelleen suosituin tapa. Paperille kirjaamisessa on kuitenkin oltava tarkkana, sillä on yleisesti tiedossa paperien häviämisen mahdollisuus.

Länsimetron työmaan elementtiasennusten aikana havaittiin hyväksi toimintatapa, jossa yksi elementtiasennustyöryhmän jäsenistä on niin sanottu nokkamies, joka huolehtii työnjohdon ohjeistuksien mukaan asioista ja tiedottaa niistä myös muille asentajille. Tällä toimintatavalla päästiin parempiin ja laadukkaampiin lopputuloksiin, sekä saatiin pidettyä yhteisesti paremmin huolta esimerkiksi työturvallisuudesta. Nokkamies menettely havaittiin hyväksi toimintatavaksi esimerkiksi

siksi, että nokkamiehen ollessa vastuussa asioiden tiedottamisesta muille asentajille säästyy työnjohdon aikaa myös muihin tehtäviin. Näitä muita tehtäviä ovat esimerkiksi työmaandokumentaatio ja töiden laadullinen valvonta. Nokkamiesmenettelyn etuna on myös asennusryhmän jäsenten kielitaidolliset erot. Esimerkiksi Länsimetron työmaalla elementtiasentajina toimii myös muutama suomen kielen taidoton asentaja. Nokkamiehen mahdollisesti puhuessa ryhmänsä muiden asentajien äidinkieltä saadaan tiedonkulkua tehostettua entisestään. Elementtiasennuksiin olisi siitä syystä työmaasta riippumatta nimetä yksi asennusryhmän jäsenistä nokkamieheksi.

Hyvänä laadunvarmistuksen ja asennuksien laadukkaan sekä turvallisen toteutuksen työkaluna työnjohdon tulisi viettää mahdollisimman paljon aikaa työmaalla. Tällä tarkoitetaan sitä, että minimoidaan työmaatoimistossa kuluva aika mahdollisimman pieneksi ja vietetään suurin osa ajasta ns. ”kentällä”. Tällä tavoin aikaa käytetään tehokkaasti asennustöiden suorituksen valvontaan ja ongelmien ratkaisuun. Tällä menettelytavalla päästään usein parempiin ja laadukkaampiin lopputuloksiin sekä vältetään aikaa ja rahaa vieviltä virheiltä. Tällöin työnjohtajan on myös helpompi pysyä ajan tasalla toteumasta ja työnopeudesta. Kun työnjohtaja on ajan tasalla edellä mainituista asioista, on hänen helpompi esimerkiksi ylläpitää työmaapäiväkirjaa asennuksista sekä suunnitella tulevia asennuksia entistä pidemmälle tulevaisuuteen.

Kommunikointi työnjohdon ja asentajien välillä elementtiasennuksien toteutuksessa on jokaisen työmaan ratkaisua vaativa ongelma. Perinteisesti kommunikointi tapahtuu puhelimitse ja työnjohtajan sanallisilla ohjeilla hänen ollessaan työmaalla. Tämän kommunikoinnin tehostamiseksi WhatsApp-pikaviestintäsovelluksen käyttö mahdollisuudet ovat varteen otettava vaihtoehto. WhatsApp-sovelluksen avulla työnjohdon on helppo jakaa asentajille esimerkiksi viikoittainen työsuunnitelma ja mahdolliset nopealla aikataululla tulevat muutokset. Sovellukseen luotava keskusteluryhmä asennuksia varten edesauttaa tiedonkulkua perinteisen puhelimitse tapahtuva kommunikoinnin lisäksi. Tähän keskusteluryhmään tulisi lisätä kaikki elementtiasentajat sekä elementtiasennuksien työnjohto. Kaikkien asennuksien osapuolien ollessa ryhmässä saadaan myös mahdolliset asen-

nuksienaikaiset ongelmat yhdessä tehokkaasti ratkaistua. Keskusteluryhmän ansioista kaikki sen jäsenet kuulevat toistensa mielipiteet ja ratkaisuehdotukset ongelmiin, joista voidaan yhteistyössä valita paras vaihtoehto. Länsimetron työmaalta saatujen kokemusten perusteella olisi siis suositeltavaa perustaa elementtiasennuksia varten WhatsApp-keskusteluryhmiä jokaisella elementtiasennuksia sisältävällä työmaalla. WhatsApp-sovelluksen käyttö on kommunikointiin hyvä lisäys myös muilla kuin elementtiasennuksia sisältävillä työmailla. Näin varmistetaan ja tehostetaan tiedonkulkua ja edesautetaan laadukkaan lopputuloksen saavuttamista.

## **10 Yhteenveto ja pohdinta**

Opinnäytetyön tavoitteena oli perehtyä elementtiasennuksien osapuoliin ja suunnitelmiin sekä haasteisiin varsinkin tunneliolosuhteissa. Tavoitteena oli myös kehittää Torpparin elementtiasennusten toimintamallia ja luoda elementtiasennusohjeistukset niin työnjohdolle kuin asentajille. Opinnäytetyön osana laadittiin Länsimetron rakennusvaiheen 2 työmaalle kuilujen elementtiasennuksiin elementtiasennussuunnitelma ja asennuksien tarkastusasiakirja. Edellä mainitut dokumentit pohjautuvat kerättyyn aineistoon ja keskusteluihin Torpparin henkilöstön sekä GRK Infran henkilöstön kanssa. Syntyneet dokumentit ja dokumenttipohjat sidottiin osaksi Torppari Yhtiöt Oy:n elementtiasennusten toimintamallia. Näin varmistetaan tulevien ja meneillään olevien elementtiasennusurakoiden turvallinen ja laadukas toteutus sekä dokumenttien käyttö urakoissa.

Ymmärrys rakentamisen osapuolista ja heidän vastuistaan sekä suunnitelmien merkityksestä elementtirakentamisessa on tärkeää parhaan mahdollisen lopputuloksen saavuttamiseksi. Elementtirakentamisessa suunnitelmien määrä on usein paikallavalurakentamista suurempi. Paikallavalurakentamisessa suurimassa osassa ovat rakenne- ja arkkitehtisuunnitelmat. Elementtirakentamisesta puhuttaessa rakenne- ja arkkitehtisuunnitelmien lisäksi tarvitaan vielä urakoitsijoiden omat suunnitelmat muun muassa nostoihin ja asennuksiin. Näiden lisäksi erilliset elementtisuunnitelmat ja kaaviot ovat merkittävä osa elementtirakentamista.

Elementtirakentaminen poikkeaa osapuolien ja suunnitelmien lisäksi merkittävästi paikallavalurakentamisesta, mutta yhtäläisyyksiäkin löytyy. Elementtirakentaminen ei ole vain rakennuksen ”kasaamista” valmiista osista kuten usein rakentamisesta ymmärtämättömien ihmisten käsitys on. Elementtirakentamisessa tarvitaan yhtä lailla paikallavalu- ja raudoitusosaamista, sillä elementtien liitokset toisiinsa tehdään työmaalla. Varsinkin tunneliolosuhteissa muotti-, valu- ja raudoitusosaaminen korostuu. Metrotunnelissa kuilujen elementit betonoidaan kalli-oon/ruiskubetonipintaan kiinni, jolloin ollaan hyvin lähellä perinteistä paikallavalurakentamista. Elementtirakentamisen etuna voidaan kuitenkin nähdä nopeus, sillä useita työvaiheita jää pois verrattuna paikallavalurakentamiseen. Tällaisia työvaiheita ovat esimerkiksi suuren mittakaavan muotti-, raudoitus- ja betonointityöt.

Ulkotiloissa töitä tehtäessä olosuhteet täytyy ottaa huomioon sekä paikallavalurakentamisessa että elementtirakentamisessa. Pakkanen ei kuitenkaan tuota yhtä suurta haittaa elementtirakentamisessa kuin paikallavalurakentamisessa. Kovalla pakkasella ei betonivalutöitä voida tehdä kustannustehokkaasti, jos ollenkaan. Elementtejä voidaan kuitenkin asentaa lämpötilasta riippumatta. Ainoastaan elementtejä toisiinsa kiinnitettäessä ja saumavaluissa on lämpötilalla merkitystä. Pienen mittakaavan saumavaluja ja elementtirakentamiseen liittyviä betonointitöitä voidaan kuitenkin suorittaa pakkassäällä, kunhan muistetaan käyttää muoteissa lämpölankoja, joilla varmistetaan betonin lujuudenkehitys. Riittävän kovalla pakkasella lämpölojien käyttö ei enää riitä, jolloin betonivaluja ei voida suorittaa ollenkaan.

Työturvallisuusnäkökulmasta katsottuna elementtirakentaminen nähdään suurempi riskisenä kuin paikallavalurakentaminen. Elementtirakentamiseen liittyy painavien elementtien nostoja ja paljon tilanteita, joissa esimerkiksi kaiteiden asennus ei ole mahdollista. Valjaiden käytön tarve korostuu elementtirakentamisessa paikallavalurakentamista enemmän. Näin ollen myös työnjohdon vastuu työturvallisuudesta on suuri. Elementtiasennussuunnitelma on tärkeä osa elementtien asennusta työturvallisuudenkin näkökulmasta. Siinä on esitetty tarpeelliset työturvallisuustoimenpiteet ja menetelmät, joita tulee noudattaa. Elementtirakentamista ei voida aloittaa ilman elementtiasennussuunnitelmaa eikä ilman

huolellista työturvallisuusriskien kartoitusta ja ratkaisujen etsimistä riskien poistamiseksi.

### **10.1 Opinnäytetyön tavoitteiden täytyminen**

Opinnäytetyön tavoitteet saavutettiin hyvin. Aloituspalaverissa sovittu aikataulu työntekeemiselle saatiin pidettyä ja jotkin työvaiheet syntyivät suunniteltua nopeammin. Työssä on esitetty elementtirakentamisen suunnitelmat ja osapuolet vastuineen sekä esimerkkikohteen avulla elementtiasennuksien toteutusta haastavissa olosuhteissa haasteineen ja rajoituksineen. Erillisiksi kohdikseen on työhön sisällytetty myös elementtiasennusohjeistukset asentajille ja työnjohdolle.

Opinnäytetyön tuloksena työn tilaaja Torppari Yhtiöt Oy sai laajan paketin elementtiasennuksiin liittyviä dokumentteja ja dokumenttipohjia, joiden laatiminen onnistui pienien alkuvaikeuksien jälkeen suhteellisen helposti. Säännölliset välipalaverit opinnäytetyön tilanteesta ja sisällöstä sekä hyvä tuki sen tekemiselle auttoivat tavoitteiden saavuttamisessa merkittävästi.

Opinnäytetyössä käytiin läpi elementtiasennusten toimenpiteitä, suunnitelmia ja osapuolia sekä luotiin dokumentteja ja dokumenttipohjia meneillään olevaan urakkaan ja tulevia urakoita silmällä pitäen. Opinnäytetyössä olevat dokumentit ja dokumenttipohjat ovat Microsoft Word- ja Microsoft Excel-ohjelmistoilla luotuja asiakirjoja, joista on tarpeen mukaan muotoiltu PDF-tulosteet. Työn ohella syntyneitä dokumentteja jatkokehittämällä voidaan niitä käyttää useilla erityyppisillä työmailla. Esimerkiksi elementtiasennussuunnitelmapohja voidaan helpoin toimenpitein yksilöidä työmaakohtaiseksi ja asennuksientarkastusasiakirjaa voidaan kehittää lisäämällä tarkastettavia kohtia. Dokumentit voidaan kehittää yksinkertaisesti myös sähköisesti käytettäväksi, mikäli tällainen tarve myöhemmin ilmenee. Kaikki syntyneet dokumentit on tarkastettu opinnäytetyön (tilaajan) ohjaajan kanssa ja ne on saatettu jakeluun yrityksen sisällä.

Dokumenttien ympärille kehitetty toimintajärjestelmä osoittautui alusta alkaen toimivaksi. Järjestelmä suunniteltiin niin, että jokaiselle dokumentille on oma paikkansa ja käyttöjärjestyksensä. Alussa malli toimii pitkälti paperisien dokumenttien ja mappiarkistoinnin avulla. Myöhemmässä vaiheessa mallia on tarkoitus kehittää eteenpäin ja siirtää dokumenttien sähköiseen arkistointiin pilvipalveluiden avulla.

Huolimatta siitä, että toimintajärjestelmän kehitystä jatketaan tämän opinnäytetyön jälkeenkin, on mallista jo tässä vaiheessa saatu hyviä kokemuksia. Kokemuksia on saatu dokumenttien käyttötavoista, sekä tässä vaiheessa paperisesta arkistoinnista. Tämän perusteella voidaan sanoa, että toimintajärjestelmän kehitys onnistui ja tavoitteisiin päästiin.

## **10.2 Oppimisprosessi opinnäytetyötä tehdessä**

Olen edelleen mukana elementtiasennustyönjohtajana LM2 RU27-hankkeessa, jossa rakennetaan metro Matinkylästä Kivenlahteen. Hankkeessa rakennetaan paljon paikallavalurakenteita, mutta myös elementtirakenteita tehdään merkittävästi. Paikallavalurakentaminen oli ennen opinnäytetyön aloitusta jo varsin tuttua, mutta elementtiasennuksista kokemusta oli vähänlaisesti. Oppimista tapahtui kuitenkin paljon sekä paikallavalu- että elementtirakentamisesta. Oppimista tapahtui varsinkin töiden suorituksista talviolosuhteissa ja tunnelissa sekä niiden vaikutuksista työturvallisuuteen, töiden nopeuteen ja työmenetelmiin.

Opinnäytetyötä aloittaessani ajattelin työn olevan selkeä ja sopivan haastava. Aiheeseen syventyessäni uutta tietoa tuli paljon ja työn tekeminen oli opettavaista. Aihe oli rajattu alussa hyvin, mutta sen jälkeen työhön sisällytettiin muutama asia enemmän kuin aloitusvaiheessa oli sovittu. Lisäykset eivät kuitenkaan olleet turhia vaan niillä saatiin opinnäytetyöstä alkuperäistä rajausta parempi. Mieleen tuli työn tekemisen aikana myös paljon muita asioita, joita työhön olisi voitu sisällyttää, esimerkiksi nostotyösuunnitelmapohjan luominen. Toivottavasti opinnäytetyön tuloksena syntyneitä dokumentteja pystytään kehittämään vielä eteenpäin, mistä olisi hyötyä tulevaisuudessa, mikäli työt jatkuvat Torppari Yhtiöt Oy:ssä paikallavalu- ja elementtirakentamisen parissa.

Työn haastavimpia vaiheita oli Länsimetron elementtiasennussuunnitelman laatiminen. Lähtökohdat suunnitelman tekemiselle olivat puutteelliset, lähtöaineistoa ei ollut saatavilla tarpeeksi eikä asioista tiedetty vielä tarkasti. Myös aikataulu asetti omat haasteensa. Opinnäytetyön aloituspalaverin aikaan lokakuun 2018 alussa elementtiasennussuunnitelman laatiminen oli aloitettu, sillä sen tuli olla työmaalla hyväksyttävänä jo lokakuun lopulla. Suunnitelman tekemiseen saatiin apua GRK Infra Oy:n Länsimetron työmaan työmaainsinööriltä ja Torpparin

työmaapäälliköltä eli opinnäytetyön ohjaajalta. Tiukasta aikataulusta huolimatta suunnitelma saatiin ajoissa valmiiksi ja hyväksyttyä sekä sitä kautta elementtiasennukset työmaalla käyntiin.

Opinnäytetyön tekeminen helpottui elementtiasennussuunnitelman jälkeen ja sitä mukaan mitä valmiimmaksi työ tuli. Töiden aloitus elementtiasennustyönjohtajana Länsimetron työmaalla helmikuun 2019 alussa auttoi paljon aineiston ja tietojen keräämisessä sekä konkreettisten elementtiasennusmenetelmien ja toimenpiteiden ymmärtämisessä. Dokumenttien ympärille kehitetyn järjestelmän testaus ja edelleen kehitys mahdollistui helmikuun 2019 alusta alkaen, sillä tällöin saatiin elementtiasennussuunnitelman lisäksi työmaalla käyttöön myös asennuksien tarkastusasiakirja ja työmaapäiväkirja.

## Lähteet

Belov, M. 2018. P4.4 Soukanväylän kuilu tietomalli. Ei julkinen.

Betoniteollisuus Ry a. Teollinen valmisosarakentaminen. <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/valmisosarakentaminen>. Luettu 10.11.2018.

Betoniteollisuus Ry b. Elementtien asennus. <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/elementtien-asennus>. Luettu 17.03.2019.

GRK Infra Oy. 2018. Betonielementtirakenteet työ- ja laatusuunnitelma. Ei julkinen.

Heiska, T. & Koskenvesa, A. 2007. Betonielementtien turvallinen asennus. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy.

Hietavirta, J. Hokkanen, J. Lappalainen, V. Patrikainen, H. Päivärinta, K. 2018. Rakennustöiden turvallisuusmääräykset selityksineen 2018. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Kolhinoja, J. Torppari Yhtiöt Oy. 2019, Kuilusta P4.3 pudonnutta jäätä.

Länsimetro Oy. 2018a. Tietoa hankkeesta. <https://www.lansimetro.fi/tietoa-hankkeesta/>. Luettu 3.2.2019.

Länsimetro Oy. 2018b. Betonielementtirakenteiden toteutuseritelmä. Ei julkinen.

Markkanen, J. 2011. Rakennustyömaan turvallisuussuunnittelu. Helsinki: Suomen rakennusmedia Oy.

Peltonen, B. 2018. Soukanväylän pystykuilu P4.4, elementtikaavio. Ei julkinen.

RT 16-11121. 2013. Talonrakennustyön työmaavalvonnan tehtäväluettelo. RT-ohjekortti. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT 82-10821. 2004. Betonielementtirunkorakenteet. RT-ohjekortti. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT 10-11011. 2010. Rakennesuunnittelijan työturvallisuustehtävät. RT-ohjekortti. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT 10-10982. 2010. Rakennuttajan työturvallisuusvelvoitteet rakennushankkeessa. RT-ohjekortti. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Savolainen, M. 2017. Betonielementtien asennusdetaljit. Ei julkinen.

Tolppa Oy. 2018. Pystykuilun P4.4 hoitotasot asennussuunnitelma. Ei julkinen.

Työturvallisuuslaki 238/2002.

Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009.

YMo 5/601/2015. 2015. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Suunnittelu ja valvonta. Ympäristöministeriön ohje rakennustyön suorituksesta ja valvonnasta. <http://www.ym.fi/download/noname/%7B2D950B5E-26B9-4BBC-B057-14CE-BEB5A5D7%7D/109137>. Luettu 26.11.2018.