

Saimaan ammattikorkeakoulu
Tekniikka Lappeenranta
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Rakennesuunnittelu

Johanna Kolehmainen

Teräsrakenteiden huomiointi korjausrakennesuunnittelun laadunvarmistuksessa

Opinnäytetyö 2018

Tiivistelmä

Johanna Kolehmainen

Teräsrakenteiden huomiointi korjausrakennesuunnittelun laadunvarmistuksessa, 86 sivua, 6 liitettä

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikka Lappeenranta

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Rakennesuunnittelu

Opinnäytetyö 2018

Ohjaajat: lehtori Petri Himmi, Saimaan ammattikorkeakoulu, projektipäällikkö

Antti Kuukka, Ramboll Finland Oy

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutustua teräsrakenteiden käyttöön korjausrakentamisessa sekä luoda teräsrakenteiden suunnittelun tarkastuslistat hyödynnettäväksi korjausrakentamisen projekteissa. Työn tilaajana toimi suunnittelu- ja konsultointialan yritys Ramboll Finland Oy. Tarkastuslistat sidottiin osaksi yrityksen projektien toimintamallia sekä laatujärjestelmää. Listat ovat avuksi suunnittelijoille ja projektipäälliköille korjausrakentamisen projektien riskienhallinnassa ja laadunvarmistuksessa suunnittelun tarjousvaiheesta lähtien.

Opinnäytetyön teoriaosassa käydään läpi teräsrakenteiden suunnittelua ja toteutusta, niiden käyttökohteita korjausrakentamisessa sekä korjausrakennesuunnittelun laadunvarmistusta. Tarkastuslistat luotiin yrityksen sisäiseen käyttöön, minkä vuoksi oli selvitettävä, minkälaisia haasteita tai mahdollisuuksia yrityksen asiantuntijat ovat kohdanneet omissa projekteissaan. Selvitystyö toteutettiin yrityksen sisäisillä haastattelu- ja kyselytutkimuksilla. Niiden avulla saatiin kattavaa tietoa teräksen eri käyttökohteista korjausrakentamisessa ja näihin liittyvistä teki-
jöistä.

Opinnäytetyön lopussa on esitelty tutkimusten tuloksia, sekä näiden analysoinnin pohjalta syntyneitä tarkastuslistoja ja niiden sisältöä. Lopussa on myös analysoitu opinnäytetyön teoriaosassa käsiteltyjä asioita ja näiden vaikutusta tarkastuslistojen sisältöön.

Asiasanat: teräsrakenteet, korjausrakennesuunnittelu, riskienhallinta, laadunvarmistus

Abstract

Johanna Kolehmainen

The quality assurance of repair construction design for steel structures, 86

Pages, 6 Appendices

Saimaa University of Applied Sciences

Technology Lappeenranta

Civil and Construction Engineering

Structural Engineering

Bachelor's Thesis 2018

Instructors: Mr Petri Himmi, Lecturer, Saimaa University of Applied Sciences,

Mr Antti Kuukka, Project Manager, Ramboll Finland Oy

The purpose of the study was to get acquainted with the use of steel structures in the repair construction and to create steel structure design checklists to utilize in renovation projects. The work was commissioned by Ramboll Finland Oy, a design and consulting company. The checklists were tied as a part of the business model of the company's projects and the quality system. The lists help designers and project managers in risk management and quality assurance in their renovation projects since the tender phase of the design.

The thesis section covers the design and production of steel structures, their applications in repair construction and the quality assurance of repair construction design process. Checklists were created for the company's internal use, so it was necessary to find out what challenges or opportunities the company's experts have encountered in their own projects. The research work was carried out through internal interviews and surveys. They provided comprehensive information on different applications of steel in repairing and related factors.

At the end of the study, the results of the studies are presented, as well as the checklists and the content of these analyzes. At the end, the issues discussed in the theoretical part of the study have been analyzed and their impact on the content of the checklists.

Keywords: steel structures, repair construction design, risk management, quality assurance

Sisältö

Käsitteet.....	6
1 Johdanto.....	7
1.1 Lähtökohdat.....	7
1.2 Ramboll Finland Oy:n laatujärjestelmä.....	7
1.3 Tavoitteet ja aiheen rajaus.....	8
1.4 Käytettävät menetelmät.....	9
2 Teräsrakenteiden suunnittelu ja toteutus.....	9
2.1 Noudatettavat määräykset ja ohjeet.....	9
2.2 Toteutusasiakirjat.....	10
2.3 Tekniset vaatimukset.....	12
2.3.1 Toteutusluokat.....	12
2.3.2 Toleranssit.....	12
2.3.3 Teräslajit.....	13
2.4 Nostot ja asennus.....	14
2.5 Korroosio.....	15
2.5.1 Ympäristöolosuhteiden vaikutus.....	15
2.5.2 Korroosionestomenetelmät.....	16
2.6 Palovaatimukset.....	19
2.6.1 Palomitoitus.....	20
2.6.2 Palosuojausmenetelmät.....	24
3 Terästen käyttö korjausrakentamisessa.....	25
3.1 Lähtötiedot.....	25
3.2 Rungon- ja perustusten vahvistaminen.....	28
3.3 Lisärakentaminen ja olevien rakenteiden muutokset.....	32
3.4 Terästuennat.....	34
4 Korjausrakennesuunnittelun tehtävät ja laadunvarmistus.....	35
4.1 Korjausrakennushanke suunnittelun näkökulmasta.....	35
4.2 Rakennesuunnitteluprosessi ja sen laadunvarmistus.....	40
4.3 Rakenteellisen turvallisuuden varmistus.....	46
4.4 Rakenteellinen riskianalyysi.....	48
4.5 Tietomallinnus osana laadunvarmistusta.....	48
5 Haastattelututkimus.....	52
5.1 Lähtötilanne ja tavoitteet.....	52
5.2 Menetelmän valinta ja toteutus.....	53
5.3 Tulokset.....	54
6 Kyselytutkimus.....	58
6.1 Lähtötilanne ja tavoitteet.....	58
6.2 Menetelmän valinta ja toteutus.....	59
6.3 Tulokset.....	60
7 Työkalut ja tarkastuslistat.....	68
7.1 Suunnittelun tarjousvaihe.....	69
7.2 Suunnitteluvaihe.....	74
7.3 Toteutusvaihe.....	75
7.4 Päätösvaihe.....	78
8 Yhteenvedo ja pohdinta.....	78

Kuvat.....	82
Kuviot.....	82
Lähteet.....	82

Liitteet

- Liite 1 Korroosiovaikutusluokat
- Liite 2 Kyselytutkimuslomake
- Liite 3 Tarkastuslista, tarjousvaihe
- Liite 4 Tarkastuslista, suunnitteluvaihe
- Liite 5 Tarkastuslista, toteutusvaihe
- Liite 6 Tarkastuslista, päätösvaihe

Käsitteet

IFC	Industry Foundation Classes on standardoitu XML-pohjainen neutraali tiedostomuoto, jolla pyritään saavuttamaan ohjelmistojen välinen objekti- ja parametriyhteensopivuus rakennusten suunnittelussa ja ylläpidossa.
Muuntojoustavuus	Rakennuksen tai rakenteen kyky joustaa sen käyttöiän aikana tapahtuviin tilojen käyttötarkoituksen muutoksiin. Muuntojoustavuuteen voidaan vaikuttaa suunnitteluvaiheessa rakenneteknisin keinoin, esimerkiksi rakenteiden lisäkantokyvyllä tai vaadittua paremmalla palonkestolla.
Rakentamistoleranssi	Valmiin rakenteen tietyn mitan sallittu vaihtelu, mikä annetaan yleensä symmetrisenä perusmitan suhteen ja ilmoitetaan merkillä \pm .
Revit	Autodeskin tietomallinnusohjelmisto, joka sisältää ominaisuuksia arkkitehtisuunnittelua, mekaniikan, sähköjärjestelmien, putkituksen ja rakenteiden teknistä suunnittelua sekä rakentamista varten.
Tekla Structures	Rakennuksen tietomallintamiseen kehitetty sovellus, jonka avulla rakennuksista voidaan tehdä 3D-malleja ja niistä edelleen piirustuksia.

1 Johdanto

1.1 Lähtökohdat

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan teräsrakenteiden käyttöä korjausrakentamisessa ja tähän liittyviä ominaispiirteitä, haasteita sekä mahdollisuuksia. Opinnäytetyön tilaajana toimii suunnittelu- ja konsultointialan yritys Ramboll Finland Oy.

Terästä hyödynnetään korjausrakentamisessa monissa erilaisissa käyttökohdeissa, kuten olemassa olevien rakenteiden vahvistamisessa sekä uusien tilojen rakenteina. Teräksen, kuten muidenkin rakennusmateriaalien, käytössä tulee kiinnittää huomiota suunnitteluprosessin eri vaiheissa muun muassa materiaaliominaisuuksiin sekä voimassa oleviin määräyksiin ja ohjeisiin. Näiden tekijöiden sivuuttamisella voi olla merkitystä projektin kustannuksiin, aikatauluun ja laatuun.

Teräsrakenteiden suunnittelussa käytetään pieniä toleransseja, mikä johtaa niiden suureen mittatarkkuuteen. Teräsrakenteet ovat lisäksi usein pitkälle esivalmistettuja, kun ne saapuvat työmaalle. Korjausrakentamisessa törmätään usein olemassa olevien rakenteiden sijainti- tai materiaalipoikkeamiin alkuperäisiin suunnitelmiin nähden ja joskus rakenteiden tietojen selvittäminen ennen rakentamisen aloittamista voi olla vaikeaa. Tämä tuottaa haasteita ja synnyttää riskitekijöitä teräsrakenteiden suunnitteluun.

1.2 Ramboll Finland Oy:n laatujärjestelmä

Ramboll on johtava kansainvälinen suunnittelu- ja konsultointialan yritys, joka toimii 35 eri maassa. Ramboll tarjoaa infrastruktuurin, ympäristön ja rakennusten suunnitteluun, rakennuttamiseen, rakentamiseen ja ylläpitoon sekä johdon konsultointiin liittyviä asiantuntijapalveluita. Rambollissa työskentelee maailmanlaajuisesti noin 13 000 asiantuntijaa, joista Suomessa noin 2300 henkilöä. Ramboll on perustettu vuonna 1945 ja Ramboll-konsernin pääomistajana toimii Ramboll-säätiö. Rambollin perusarvoihin lukeutuu näkemyksellisyys ja laadukkuus, rehellisyys ja välittäminen, valtuuttaminen ja yhteistyö sekä työn ilo ja innostus. (Ramboll Finland Oy.)

Rambollin laatujärjestelmä on laadittu standardin SFS-EN 9001 mukaisesti ja sen on sertifioinut RALA ja DNV. Yrityksen laadunhallintamalli kattaa kaikki projektin vaiheet. Malli sisältää työkaluja, joiden avulla varmistetaan asiakkaan projektille asettamien tavoitteiden täyttyminen. Kaikissa Rambollin toiminnoissa noudatetaan turvallisia ja terveellisiä toimintatapoja. Keskeinen liiketoimintaa ohjaava periaate yrityksessä on vastuullisuus asiakkaita, yhteiskuntaa sekä työntekijöitä kohtaan. (Ramboll Finland Oy.)

1.3 Tavoitteet ja aiheen rajaus

Tässä opinnäytetyössä pyritään luomaan yrityksen käyttöön sisäiset tarkastuslistat osaksi korjausrakennesuunnitteluprosessin laadunvarmistusta. Listoja laadittaisiin prosessin eri vaiheisiin suunnittelun tarjousvaiheesta lähtien. Tarkastuslistojen avulla voitaisiin varmistaa, että teräsrakenteiden suunnittelussa huomioidaan kaikki niihin vaikuttavat asiat korjausrakentamisen projekteissa. Näin parannettaisiin myös projektien riskienhallintaa.

Rambollin projektienhallinnan tueksi on luotu yhtenäinen toimintamalli, niin sanottu pelikirja, jossa kuvataan projektin kulku sekä eri vaiheisiin liittyvät tehtävät. Pelikirja perustuu yrityksen laatu-, ympäristö- ja turvallisuusjärjestelmään. Tämän toimintamallin tueksi on otettu käyttöön erilaisia suunnitelmien ja asiakirjojen tarkastuslistoja, jotka opastavat työntekijöitä töiden tarkastamisessa sekä niin sanotussa itselle luovutuksessa. Samalla periaatteella olisi tarkoitus toteuttaa myös tässä opinnäytetyössä teräsrakenteiden valintaa ja suunnittelua ohjaava tuotos. Lopputuloksena olisi sekä suunnittelijoiden että projektipäälliköiden hyödynnettävissä oleva työkalu. Tarkastuslistat on tarkoitus solmia osaksi yrityksen toimintamallia, millä voidaan varmistaa yhtenäinen prosessinkulku projektienhallinnan ja tarkastuslistojen käytön välillä.

Opinnäytetyössä keskitytään talonrakentamisessa käytettäviin korjausmenetelmiin ja erityisesti tilaajayrityksessä esiintyviin teräksen käyttökohteisiin korjausrakentamisessa. Työn pääpaino on korjausrakennesuunnittelun prosessissa ja sen laadunvarmistuksessa teräsrakenteiden valinnassa ja käytössä. Teräsrakenteiden mitoituksen yleisien perusteiden käsittely jätetään pääosin työn ulkopuolelle.

1.4 Käytettävät menetelmät

Yhtenä aineistonkeruumenetelmänä käytetään aiheesta olemassa oleviin kirjallisiin aineistoihin, kuten kirjoihin sekä standardeihin, asetuksiin ja ohjeisiin, perehtymistä. Tämän lisäksi suoritetaan yrityksen sisäiset haastattelu- ja kyselytutkimukset. Tutkimusten tavoitteena on kerätä asiantuntijoilta omakohtaisia kokemuksia teräksen käytöstä korjausrakentamisessa ja havainnollistaa projekteissa esiin nousseita haasteita sekä onnistumisia. Näiden tietojen pohjalta luodaan tarkastuslistat ja räätälöidään ne yrityksen asiantuntijoiden käyttöön sopiviksi.

2 Teräsrakenteiden suunnittelu ja toteutus

Teräsrakenteen etuihin voidaan lukea muun muassa hyvä lujuus-painosuhte, helppo liitettävyyys ja kiinnitettävyyys, muunneltavuus, homogeenisuus sekä kuluksenkesto. Terästä on myös yleensä helppo muokata työmaalla. Haittapuolia ovat muun muassa stabiliteetti-ongelmat korkean lujuuden mahdollistamissa hoidossa rakenteissa sekä korroosio. Lisäksi mahdolliset suunnitelmamuutokset rakentamisen jo alettua voivat tuottaa ongelmia, koska teräsrakenteiden työstämisestä työmaalla pyritään välttämään. Myös konepajatuotannon vaatima aika voi aiheuttaa haasteita suhteessa projektien aikatauluihin. Teräksen ominaisuuksia voidaan säädellä muun muassa seostuksella, kuuma- ja kylmämuokkauksella sekä lämpö- ja pintakäsittelyillä. (Väisänen 2007.)

2.1 Noudatettavat määräykset ja ohjeet

Suomessa rakentamisen yleiset edellytykset, tekniset vaatimukset, rakentamisen lupamenettelyt sekä viranomaisvalvonta on säädetty Maankäyttö- ja rakennuslaissa. Suomen rakentamismääräyskokoelmaan on kerätty tarkempaa tietoa rakentamista koskevista säännöksistä ja ohjeista. Toisin kuin vanhoista määräyksistä, rakentamismääräyskokoelman vuoteen 2018 uudistetuista asetuksista käy suoraan ilmi, koskevatko ne uudis- vai korjausrakentamista. (Suomen rakentamismääräyskokoelma 2016.)

Teräsrakenteiden suunnittelua ohjaa Eurokoodi 3- eli SFS-EN 1993 -standardit. Eurokoodien käytön edellytyksenä on Ympäristöministeriön laatimat kansalliset

liitteet. Liitteistä löytyy arvot eli kansalliset valinnat eurokoodeissa esitettyihin kohtiin, joissa määritellään muun muassa varmuusluvut, lumikuormat ja käyttöiät. Lisäksi liitteissä esitetään informatiivisten liitteiden asema sekä niissä voidaan viitata eurokoodien kanssa yhteensopivaan täydentävään aineistoon. Teräsrakenteiden eurokoodien kansalliset liitteet on annettu ohjeina ja ne on julkaistu osana Suomen Rakentamismääräyskokoelmaa Rakenteiden lujuus ja vakaus-sarjassa. (Rakennustuoteteollisuus ry 2018.)

Jotta eurokoodien mitoitussäännöt ovat päteviä, tulee rakennustyön tarkkuudelle asettaa tietyt vaatimukset. Mittapoikkeamien vaatimukset esitetään toteutusstandardeissa. Teräsrakenteiden osalta noudatetaan SFS-EN 1090-2-standardia, jossa esitetään teräsrakenteille ja -kokoonpanoille asetettavat tekniset vaatimukset kattaen sekä työmaalla että konepajalla tapahtuvan toiminnan. Konepajoilla valmistettavien teräsosien vaatimustenmukaisuus on osoitettava CE-merkinnällä SFS-EN 1090-1+A1-standardin mukaisesti. SFS-EN 1090-2+A1-standardissa viitataan lisäksi viitestandardeihin, joissa säädetään muun muassa tuotteista, pintakäsittelyistä sekä toleransseista. (Eurokoodit.)

Terässtandardien tarkoitus on auttaa teräksen käyttäjiä suunnittelussa, hankinnassa ja valmistuksessa sekä laadun suunnittelussa, varmistuksessa ja tarkastuksessa. Ne helpottavat kommunikointia valmistajien, käyttäjien sekä valvovien viranomaisten välillä. (Terässtandardit.)

Standardisoinnilla määrätään terästuotteiden laatu ja mitat. Teräslajien merkinnöissä käytetään kirjaimia ja numeroita kuvaamaan teräkseltä vaadittavia ominaisuuksia sekä laatua. Merkinnät on esitetty standardeissa. Mittastandardi, teräslajistandardi ja ainestodistus ovat terästuotteen määrittelyn perusta. Muun muassa ohutlevyillä, tangoilla ja ruostumattomilla levyillä on kaikilla omat materiaali- ja mittastandardit. (Väisänen 2007.)

2.2 Toteutusasiakirjat

Teräsrakenteiden toteutusasiakirjoihin sisällytetään yleensä vähintään rakennepiirustukset, standardin SFS-EN 1090-2 mukaiset vaatimukset, muut noudatettavat asiakirjat ja viittaukset muihin asiakirjoihin sekä tarvittavat teräsrakennetöiden

vaatimukset esimerkiksi palosuojauksen osalta. Teräsrakenteiden rakennepiirustuksiin kuuluu mitta-, asennus-, valmistus- ja tarvittavat erityispiirustukset. Vastuu eri piirustuslajeihin kuuluvien suunnitelmien laatimisesta voi jakautua eri organisaatioille. Suunnittelun eri vaiheissa kohteesta laaditaan lisäksi konepajavalmistusta, asennusta sekä projektinhallintaa palvelevia määrä-, kiinnike- ja piirustusluetteloita. (RIL 167-3 1990; Teräsrakenteet 2017.)

Mittapiirustuksiin kuuluu tasopiirustukset sekä leikkaukset ja tarvittavat yksityiskohtapiirustukset. Piirustuksista tulee selvittää päämitat sekä rakenneosien poikkeileikkaukset. Myös liittymät muihin rakenteisiin sekä muun muassa seinien ja kattojen rakenteet ja liittyminen teräsrunkoon tulee ilmetä mittapiirustuksista. Valmistuspiirustukset tulisi pystyä laatimaan mittapiirustusten pohjalta. (RIL 167-3 1990.)

Asennuspiirustuksista selviää rakennusurakoitsijalle, miten esivalmistetuista osista kootaan valmis rakennekokonaisuus ja miten runko varustellaan rakennukseksi. Asennuspiirustuksiin lukeutuu taso- ja linjapiirustukset, asennusdetaljit ja -leikkaukset, katteiden asennusdetaljit, pelti-, orsi- ja ritiläkaaviot, peruspulttien sijaintikaaviot sekä perspektiivipiirustukset. (RIL 167-3 1990.)

Valmistuspiirustusten avulla konepaja valmistaa teräsosat tai toimittaja esivalmistaa muut työmaalle kuljetettavat materiaalit. Valmistuspiirustuksiin kuuluvien kokoonpanopiirustusten tehtävänä on esittää konepajalta työmaalle lähtevät lopulliset teräselementtien kokoonpanot. Kokoonpanot kootaan osista, joiden valmistus on kuvattu osapiirustuksissa. Mahdolliset osista koottavat välituotteet esitetään osakokoonpanopiirustuksissa. Osapiirustuksiin merkitään yksittäisen osan mitat, muodot sekä reiät ja niiden sijainnit. (RIL 167-3 1990.)

Erikoispiirustuksia voidaan laatia muun muassa tiedonsiirtotarpeiden vuoksi. Näihin voi lukeutua esimerkiksi rakennetehtäväpiirustukset, joissa kootaan yhteen rakenteiden sijaintiin ja rakennejärjestelmään vaikuttavat prosessisuunnittelijan vaatimukset, sekä kuormituspiirustukset, joissa teräsrakennesuunnittelija voi kuvata esimerkiksi rungolta perustuksiin kohdistuvat tukireaktiot. (RIL 167-3 1990.)

2.3 Tekniset vaatimukset

Teräksen kemiallisia ominaisuuksia seurataan sekä valmistusvaiheessa että valmiista tuotteesta. Aineenkoestuskokeisiin kuuluu veto-, isku-, taivutus-, kovuus- sekä väsytykokeet. Kokeiden tulosten perusteella määritellään muun muassa teräksen lujuusominaisuudet sekä laatuluokka. Kullekin teräkselle asetetut vaatimukset on esitetty terässtandardeissa. (Väisänen 2007.)

2.3.1 Toteutusluokat

Standardissa SFS-EN 1090-2 esitetään neljä eri toteutusluokkaa EXC1-EXC4 sekä eri luokille asetetut vaatimukset. Toteutusluokka on määriteltävä viimeistään suunnitteluvaiheessa, mutta toteutusluokasta johtuvien kustannusvaikutusten vuoksi siitä olisi hyvä olla käsitys jo tarjousvaiheessa. Toteutusluokka voi vaihdella rakenteen eri osien ja yksityiskohtien välillä. Yksityiskohtilla on kuitenkin yleensä yksi toteutusluokka. Jos mitään toteutusluokkaa ei ole määritelty, sovelletaan toteutusluokkaa EXC2. (Ongelin & Valkonen 2016.)

Suosittelava menettely teräsrakenteiden toteutusluokan valintaan on kolmivaiheinen. Ensin tulee määritellä seuraamusluokka CC1-CC3 standardin SFS-EN 1990 perusteella. Seuraamusluokan valintaan vaikuttaa vauriosta tai sortumisesta aiheutuvat ennustettavat inhimilliset, taloudelliset tai ympäristölliset seuraamukset. Tämän jälkeen määritetään standardista SFS-EN 1090-2+A1 käyttöluokka ja tuotantoluokka, sekä näiden perusteella toteutusluokka. Valitulla toteutusluokalla on vaikutusta muun muassa hitsausluokkiin, tarkastusmenetelmiin ja vaadittaviin toleransseihin. Toteutusluokkien asettamat vaatimukset on syytä selvittää viimeistään ennen suunnittelutyön aloittamista. (SFS-EN 1090-2+A1 2012.)

2.3.2 Toleranssit

Standardissa SFS-EN 1090-2 määritellään valmistettaville teräsrakenteille ja rakennneosille olennaiset sekä toiminnalliset geometriset toleranssit, jotka molemmat ovat sitovia. Näiden lisäksi rakenteille voidaan määritellä erityistoleransseja, joko standardissa esitetyille tai muunlaisille poikkeamille. Olennaisella geometri-

sella toleranssilla tarkoitetaan toleranssin perusarvoa, joka tarvitaan rakenteelliseen kestävyys- ja stabiiliuteen liittyvien suunnitteluoletusten täyttymiseksi. Näihin lukeutuu valmistus- ja asennustoleranssit.

Rakenteen käytettävyys, kuten asennettavuus tai ulkonäkö, varmistetaan toiminnallisilla geometrisilla toleransseilla, jotka on yleensä jaoteltu kahteen toleranssiluokkaan. Vaatimukset tiukentuvat siirryttäessä luokasta 1 luokkaan 2. Standardia SFS-EN 1090-1+A1 käytetään aina yhdessä edellä mainitun standardin kanssa, ja siinä määritellään geometristen poikkeamien tyypit sekä määrälliset arvot kahdelle sallittujen poikkeamien tyypille. Valittu toleranssiluokka ilmoitetaan toteutuseritelmässä, joka on teräsrakennesuunnittelijan laatima standardin SFS-EN 1090-2 mukainen dokumentti muun muassa teräsrakenteen valmistusta ja asennusta koskevista vaatimuksista. Suunnittelijan on aina tapauskohtaisesti harkittava, tarvitseeko kohteessa käyttää tiukempia toleransseja kuin standardeissa on määritetty. (Ongelin & Valkonen 2016.)

2.3.3 Teräslajit

Teräslaji määräytyy yleensä teräksen kemiallisen koostumuksen perusteella. Hiilen ja seosaineiden pitoisuuksien ylä- ja alarajat on määritetty kullekin teräslajille. Kemiallinen koostumus ei kuitenkaan yleensä ole terästuotteen oleellinen ominaisuus, vaan käyttäjiä enemmän kiinnostavat mekaaniset ominaisuudet, kuten lujuus, sitkeys, hitsattavuus ja muovattavuus. (Terässtandardit.)

Euroopassa terästen nimikejärjestelmiä on kaksi. Toisessa teräslajit esitetään numerotunnuksin, kun toinen perustuu sovelluskohteeseen ja keskeisiin ominaisuuksiin tai kemialliseen koostumukseen. Tämän lisäksi yrityksillä on käytössä omia merkintöjä ja kaupunimiä. Teräslajien nimeäminen on esitetty standardeissa SFS-EN 10027-1 ja SFS-EN 10027-2. Standardissa SFS-EN 1993-1-1 esitetyt teräsrakenteiden suunnitteluohjeet pätevät, kun teräsrakenteet valmistetaan standardissa ilmoitetuista teräslajeista. (Terässtandardit.)

Teräslajin valintaan vaikuttavat ympäristöolosuhteet, valmistusmenetelmä, pinnanlaatu sekä rakenteen huolto. Teräkselle tehdään aineenkoestuskokeita, joilla sen lujuusominaisuudet määritellään. Yksi näistä on standardisoitu Charpy-V-iskukoe, jolla määritetään teräksen iskusitkeys. Kokeessa koesauva murretaan

heilurivasaralla tietyssä lämpötilassa. Lämpötilaa, jossa koesauvan murtamiseen käytetty energia on vähintään 27 J, kutsutaan transitiolämpötilaksi. Tällä lämpötila-alueella teräksen murtumismuoto muuttuu sitkeästä hauraaksi. Teräslajin tunnuksessa ilmoitetaan iskutkeysluokalla kyseisen teräksen transitiolämpötila, jonka on oltava alempi kuin teräksen sijoitusympäristön alin lämpötila. (Väisänen 2007; Ongelin & Valkonen 2010.)

2.4 Nostot ja asennus

Nostotapahtumat ovat tärkeimpiä teräsrakenneasentamisen toimintoja. Teräsrakenneosat pyritään esivalmistamaan mahdollisimman suuriksi kokonaisuuksiksi, minkä vuoksi työmaalla tarvitaan yleensä erikokoista nostokalustoa. Suunnittelussa olisi kuitenkin huomioitava niin sanottu asennusystävällisyys, eli nosturien käyttöajan minimointi. Jo rakennesuunnitteluvaiheessa tulisi nostokalustokapasiteetti sekä työmaan olosuhteet olla tiedossa, koska käytettävä nostokalusto voi rajoittaa rakenneosien maksimipainoa. Tarvittaessa raskaisiin teräsrakenteisiin tulee suunnitella tarvittavat nostokorvakkeet ja -lenkit sekä niiden paikat ja merkitä ne tarvittaessa myös piirustuksiin. (RIL 167-3 1990; Ongelin & Valkonen 2010.)

Asennustöissä tulee aina varmistua työturvallisuudesta. Rakennustyön turvallisuudesta on säädetty Valtioneuvoston asetuksessa 205/2009. Rakennustyön toteuttajan tulee laatia asennusmenetelmän mukainen asennussuunnitelma, joka on hyväksyttävä suunnittelijoilla. Siinä kuvataan teräsrakenteen turvallisen asentamisen varmistavat menetelmät sekä huomioidaan rakennustöiden turvallisuutta koskevat tekniset vaatimukset. Rakennesuunnittelijan tehtävä on antaa asennussuunnitelman pohjaksi riittävät lähtötiedot asennusjärjestyksestä, väliaikaisista tuennoista ja lopullisista kiinnityksistä niin, että rakenteellinen vakavuus säilyy kaikissa vaiheissa. Näiden lisäksi toteuttajalle on annettava tiedot muun muassa kokoonpanojen turvallisista nostoista ja käsittelyistä.

Rakennesuunnittelussa tulisi pyrkiä mahdollisimman yksinkertaisiin liitostyyppeihin ja rakenneosat suunnitella niin, että ruuviliitokset pystytään kiristämään koneellisesti. Ruuviliitokset tulisi olla pääosassa ja asennushitsejä välttää mahdol-

lisuuksien mukaan. Myös asennusaikainen stabiilius ja työturvallisuus tulisi huomioida suunnitteluvaiheessa. Asennustöiden onnistumiseksi asennusdetaljien on oltava tarkasti suunniteltuja ja niissä on käytettävä tarkoituksenmukaisia toleransseja. Rakenteiden ja liitoksien suunnittelussa tulisi huomioida asennusaikainen stabiilius ja pyrkiä välttämään väliaikaisia tukia. (RIL 167-3 1990.)

Yksinkertaisilla ja hyvin suunnitelluilla liitostyypeillä varmistetaan nopea asennus. Teräsrakenteiden liitokset voidaan jakaa pultti- ja hitsausliitoksiin. Kylminä vuodenaikoina hitsaaminen työmaalla vaatii usein erikoistoimenpiteitä, työmaan olosuhteet voivat olla esteenä hitsaukselle ja lisäksi hitsausliitosten tekeminen on hitaampaa kuin pulttiliitosten, minkä vuoksi hitsausliitoksia tulisi pyrkiä välttämään. Voi kuitenkin olla, ettei liitokseen esimerkiksi mahdu tarpeeksi ruuveja ilman erikoistoimenpiteitä, jolloin hitsausliitoksen tekeminen on perusteltua. (RIL 167-3 1990.)

2.5 Korroosio

Korroosiolla tarkoitetaan kemiallisten tai sähkökemiallisten tekijöiden aiheuttamaa metallien pinnalta alkavaa syöpymistä. Se johtuu teräksen valmistuksessa metalliin varastoituneen energian vapautumisesta ja metallin pyrkimisestä palautumaan takaisin luonnolliseen stabiiliin tilaansa. Tärkeimpiä keinoja teräksen korroosion estossa on pinnoitus ja seostaminen. (Väisänen 2007.)

2.5.1 Ympäristöolosuhteiden vaikutus

Korroosion vaikutus alkaa ilman suhteellisen kosteuden noustessa yli 60 %. Sisätiloissa olevissa rakenteissa ei SFS-EN 1993-1-1 standardin mukaan edellytetä korroosiosuojausta, jos sisäilman suhteellinen kosteus on enintään 80 %. Pääasiallisesti vaikuttava tekijä teräksen korroosioikäytymiseen on se aika, jonka rakenne on altistettuna suurille kosteuksille. Tästä käytetään termiä märkäaika. Lisäksi korroosiota aiheuttavat ja kiihdyttävät muun muassa korkeat lämpötilat, happo-, emäs-, ja suolaliuokset sekä ilman rikkiyhdisteet. Myös metallin fysikaalisilla ominaisuuksilla sekä rakenteisiin kohdistuvilla vetojännityksillä, rakenteen pinnalla olevalla lialla ja metallien keskinäisellä hankauksella voi olla vaikutusta teräksen syöpymiseen. Ilmastorasituksista riippuen suojaamaton teräs ruostuu ulkona 0,05-0,2 mm/vuosi. (Väisänen 2007; Ongelin & Valkonen 2016.)

Teräsrakenteiden ympäristörasitukset jaetaan standardissa SFS-EN ISO 9223 ilmaston syövyttävyyden perusteella kuuteen eri korroosiovaikutusluokkaan: C1, C2, C3, C4, C5 ja CX. Liitteessä 1 on kuvailtu tarkemmin eri korroosiovaikutusluokkiin lukeutuvia ympäristöolosuhteita. Rakennusten sisälle sijoitettavien teräsrakenteiden korroosio riippuu sisäilmastosta, mutta on epäoleellinen kuivissa ja lämmitetyissä tiloissa. Ulkoseinässä olevien teräsrakenteiden korroosioriskiinkin vaikuttaa seinän kokoonpano, eli onko teräs osana ulkorakennetta vai erillään siitä. Erityistä huomiota vaativat rakennukset, joissa on kemiallista ympäristöä, teollisuusprosesseja, kosteutta tai epäpuhtauksia. Osittain katetuissa tiloissa sijaitsevat teräsrakenteet tulisi luokitella vastaavan ulkoilmaston olosuhteisiin. (SFS-EN ISO 12944-2:2017.)

Korroosiovaikutusluokan määrittely voidaan toteuttaa taulukon ympäristöesimerkkeihin perustuvan valinnan lisäksi altistamalla erillisiä standardikoekappaleita ympäristön rasituksille. Altistuksella määritellään korroosiovaikutusluokka perustuen koekappaleiden paino- ja paksuushäviöihin ensimmäisen altistusvuoden jälkeen. Näin mitattuna saadaan varmempi luokitus kuin taulukkoon perustuvalla valinnalla, mutta menetelmä tulee kuitenkin harvoin kyseeseen tavanomaisessa suunnittelussa. Korroosiovaikutusluokat voidaan määrittellä lisäksi arvioimalla vuosittaisten märkäaikojen, rikkidioksidipitoisuuksien ja kloridilaskeumien keskiarvojen yhteisvaikutuksia. (SFS-EN ISO 12944-2:2017.)

2.5.2 Korroosionestomenetelmät

Teräsrakenteiden suojauksella pyritään estämään korroosion vaikutuksia. Perusajatuksena korroosion estossa on, että poistetaan jokin korroosion syntymisen perusedellytys. Teräsrakenteiden yleisimpiä suojausmenetelmiä ovat korroosionestomaalaus ja kuumasinkitys. Pinnoitemenetelmiin lukeutuu elektrolyyttinen seostaminen, kastaminen sekä ruiskuttaminen. Teräksen korroosionkesto paranee, kun siihen seostetaan kuparia, kromia ja nikkeliä. Jos teräksen pinta vahingoittuu, seosaineiden muodostama oksidikalvo pyrkii korjautumaan hapen vaikutuksesta. Myös teräksen työstö, käsittely ja huolto vaikuttavat korroosionkestävyyteen. Oksidikalvon vaurioituminen voi myös johtaa syöpymiseen. (Väisänen 2007.)

Rakenteiden suunnittelussa on huomioitava, ettei korroosioalttiita paikkoja pääse muodostumaan. Jos rakennetta on tarkoitus käyttää vain lyhyen ajan, ympäristössä jonka syövyttävyyks on vähäinen tai rakenteen mitoituksessa on huomioitu korroosiovara, ei korroosionestoa tarvita mekaanisen kestävyuden tai stabiiliuden perusteella. (Teräsrakenteiden pintakäsittely 2012; Ongelin & Valkonen 2016.)

Pintakäsittelyn onnistumisen perusedellytys on pinnan puhdistus ennen maalausta. Tarvittaessa teräksen pinta voidaan karhentaa maalin tarttumisen varmistamiseksi. Standardissa SFS-EN ISO 12944-4 määritellään pintojen esikäsittelyvaatimukset. Konepajoilla yleisimmin käytetty esikäsittelymenetelmä on suihku puhdistus asteella Sa 2½. Kuumasinkityksen yhteydessä käytetään happopeitusta. Jos työmaalla joudutaan tekemään asennushitsauksia, käsitellään pinnat ensin teräsharjaamalla. Hitsauksen jälkeen pinnat tulee harjata sekä paikkamaalata. (Ongelin & Valkonen 2016.)

Korroosionestomaalaus käsittely koostuu pohja-, väli- ja pintamaalista. Maaliyhdistelmää valitessa tulisi maalaus kustannuksien lisäksi huomioida rakenteen koko elinkaaren hoitokustannukset, jotka riippuvat muun muassa ilmastosta, syövyttävistä aineista ja mekaanisesta rasituksesta. Eri ympäristörasitusluokkiin soveltuvia maaliyhdistelmiä ja odotettavissa olevia käyttöiä eri ilmastorasitusluokissa on esitetty standardissa SFS-EN ISO 12944-5. Suojamaalien kestävyys ilmoitetaan kestävyysluokkina alhaisesta erittäin korkeaan. Kestävyysluokka ei kuitenkaan ole sama asia kuin takuu aika. Kestävyydellä tarkoitetaan teknistä arviota, jonka avulla omistaja voi laatia kunnossapito-ohjelman. Takuu aika on yleensä lyhyempi kuin kestävyysluokkajakso. (Ongelin & Valkonen 2016; SFS-EN ISO 12944-1:2017.)

Maalaustyön onnistumiseen vaikuttaa oleellisesti alustan esikäsittely sekä maalausolosuhteet. Maalattavien pintojen tulee olla mahdollisimman tasaisia ja hitsiliitosten sileäpintaisia. Maalausmenetelmä on yleensä ruiskumaalaus, mikä tulisi huomioida rakenteiden ja liitosten suunnittelussa. Ruuvien ja muttereiden korroosionkestävyys tulee olla vähintään yhtä hyvä kuin perusmateriaalin. Rakenneputkisiin on aina suositeltavaa tehdä vedenpoistoreiät mahdollisen putken sisälle kerntyneen veden poisjohtamiseksi. Toinen vaihtoehto on varmistaa, ettei vettä pääse

putkien sisälle sulkemalla ne molemmista päistä. Tällöinkin vettä voi päästä rakenneputkien sisälle esimerkiksi itseporautuvien ruuvien rei'istä, asennustyön aikana tai pidemmällä aikavälillä lämpötilan vaihteluiden seurauksesta tiivistymällä kondenssivetenä. Teräsrakentamisessa käytettäviä maalausjärjestelmiä Suomessa on muun muassa epoksi-, alkydi-, polyuretaani- ja akryylijärjestelmät. (Ongelin & Valkonen 2016.)

Sinkki on epäjalompi metalli kuin teräs eli se syöpyy ensin, minkä johdosta sinkitystä käytetään teräksen suojauksessa. Sinkityksen tehokkuus on verrannollinen sinkkikerroksen paksuuteen. Normaali kerrospaksuus on 50-100 µm. Kuuma-sinkitys on yleisin ja tehokkain sinkitysmenetelmä. Kappale upotetaan sinkkialtaaseen, jolloin sinkki tarttuu teräksen pintaan. Kappaleen suunnittelussa on huomioitava sinkkialtaan asettamat rajoitukset kappaleen koolle sekä sinkin pääsy rakenteen kaikille pinnoille. Putkien ja rakenneputkien sisäpintoja ei kuitenkaan tarvitse suojata, mikäli ne ovat kuivia ja hermeettisesti eli ilmatiiviisti suljettuja. Umpinaisiin rakenteisiin, jotka eivät ole hermeettisesti suljettuja ja jotka altistuvat kondensoitumista aiheuttavalle säälle tai sisäympäristölle, tulee suunnitella sinkin valuma- ja ilmanpoistoaukot. Kappaleeseen ei saa jäädä umpinaisia koloja, koska kappaleen sisälle jäävän kosteuden höyrystyminen voi aiheuttaa kappaleen räjähtämisen. Kappaleen nosto altaasta tulee tehdä vinossa asennossa, jotta sinkki valuu tasaisesti pois. (Ongelin & Valkonen 2016; SFS-EN ISO 14713-1:2017.)

Sinkkipinnan ulkonäköön sekä pinnoitteen paksuuteen ja kiinnipitävyyteen vaikuttaa oleellisesti käytettävän teräksen pii- ja fosforipitoisuus sekä kasto aika. Standardissa SFS-EN ISO 14713-1 on esitetty sinkkipinnoitteiden odotetut käyttöiät. Sinkityllä teräsrakenteella on pidempi käyttöikä kuin mikä on sen pinnoittamiseen käytetyn sinkkipinnoitusjärjestelmän kestoikä. Tämä johtuu siitä, että osa teräksestä voi hävitä korroosion vuoksi ennen kuin rakenne on käyttökelpoton. Mikäli sinkkipinnoitteen kestoikää halutaan pidentää, tulee kunnossapito tehdä ennen kuin teräs ruostuu. Parempaan tulokseen päästään, kun sinkkipinnoitetta on vielä jäljellä ainakin 20...30 µm. Sinkkipinnoitteen kestoian määrittelyyn vaikuttaa käytetty sinkitysjärjestelmä, sinkkipinnoitteen paksuus sekä valittu korroo-

siovaikutusluokka. Esimerkiksi vähintään 200 µm paksulla kuumasinkityskerroksella korroosiovaikutusluokassa C3 voi sinkkipinnoitteen kestoikä lähennellä minimissäänkin 95 vuotta. (SFS-EN ISO 14713-1:2017.)

Kuumasinkitty kappale voidaan joutua maalamaan, jos sinkitys ei riitä yksinään korroosiosuojaksi, sinkin väri ei sovellu ympäristöön tai rakenteen on oltava tietyn värinen. Pinnoitejärjestelmä, jossa yhdistetään sinkitys ja orgaaninen pinnoite, on yleensä huomattavasti pitkäikäisempi kuin erillään sinkitystä ja suojaavaa orgaanista pinnoitetta käytettäessä. Tämä johtuu synergistisestä ilmiöstä, jossa sinkkipinnoite estää maalin alle tunkeutuvaa ruostumista samalla kun maalipinnoite suojaa sinkkipinnoitetta korroosiolta. Tätä järjestelmää käytettäessä tulee kunnossapidon pohjaan tarvittava tartuntamaalauskerros varmistaa alkuperäisen maalausjärjestelmän lisäpaksuudella. (SFS-EN ISO 14713-1:2017.)

Palosuojausta ei yleensä huomioida osana korroosionestoa, ja sen yhteensopi vuus pintakäsittelyn kanssa tulee aina osoittaa. Tilaajalla voi olla käytössään lisävaatimuksia standardissa SFS-EN 1090-2 esitettyihin pintakäsittelyihin, jotka tulisi huomioida rakennesuunnittelussa. Näiden vaatimusten sivuuttaminen voi aiheuttaa projektiin kalliita jälkitöitä. (Teräsrakenteiden pintakäsittely 2012; Ongelin & Valkonen 2016.)

2.6 Palovaatimukset

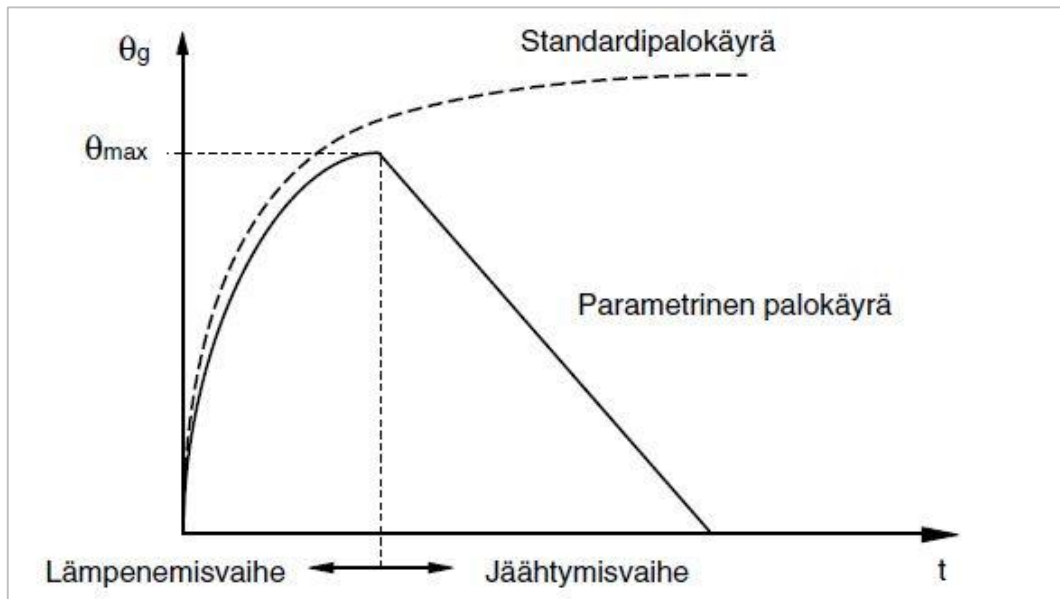
Palotilanteessa palotilan savukaasujen lämpötilojen noustessa myös teräksen lämpötila nousee, mikä vaikuttaa teräksen lujuus- ja muodonmuutosominaisuuksiin. Teräsrakenne voi menettää kantokykynsä tulipalossa jo 10...20 minuutissa, jos sitä ei ole palosuojattu. 1000 °C asteen lämpötilassa teräs menettää lujuutensa täysin. Teräs alkaa virumaan pitkäaikaisessa 400 °C lämpötilassa, mikä voi vaikuttaa jäähtyneen rakenteen sitkeyteen ja korroosionkestoon. Teräksen pinta hilseilee ja hapettuu yli 500 °C lämpötilassa ja 600 °C lämpötilaa pidetään niin sanottuna kriittisenä lämpötilana rakenteiden mitoituksessa. (Väisänen 2007.)

2.6.1 Palomitoitus

Ympäristöministeriön asetuksen 848/2017 mukaan rakennuksen kantavien rakenteiden tulee kestää niille asetetun vähimmäisajan palotilanteessa. Paloturvallisuudelle asetettujen teknisten vaatimusten täyttyminen voidaan varmistaa joko suunnittelemalla ja toteuttamalla rakennus YMa 848/2017:ssa esitettyjen paloluokkien ja lukuarvojen mukaisesti, tai suunnittelemalla ja toteuttamalla rakennus perustuen oletettuun palokehitykseen. Tällöin vaatimusten täyttyminen on todennettava ottaen huomioon rakennuksen ominaispiirteet sekä käyttö, suunnittelussa käytettävien menetelmien tulee olla kelpoisiksi osoitettuja ja suunnittelun perusteet, mallit sekä tulokset tulee esittää rakennuslupamenettelyn yhteydessä.

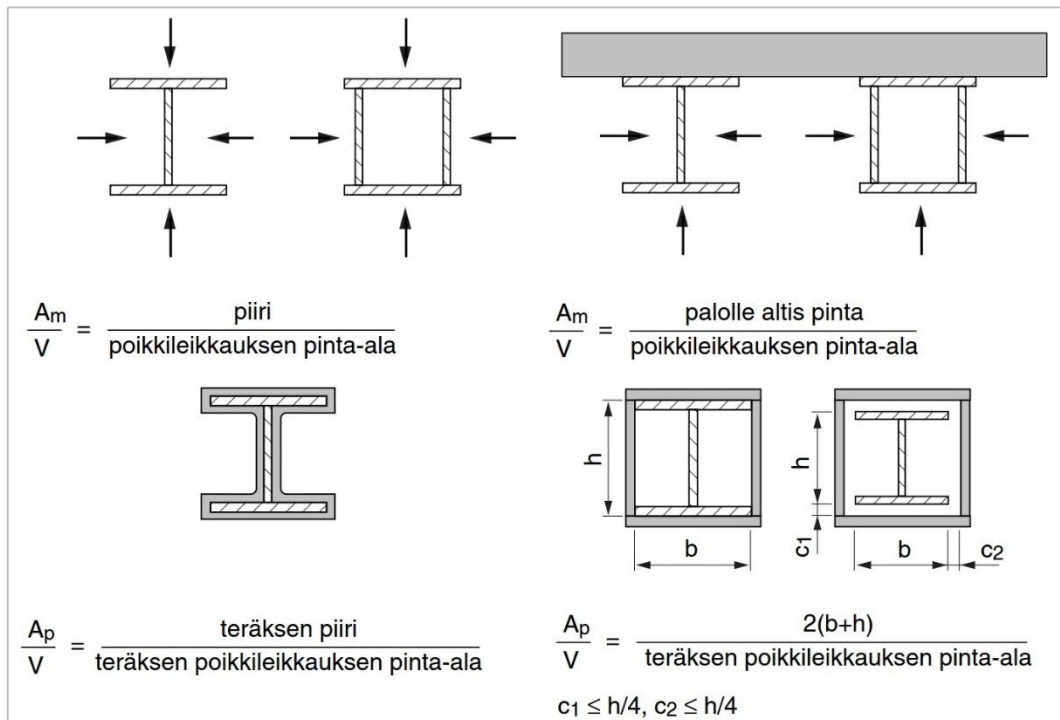
Teräsrakenteiden palomitoitus suoritetaan standardin SFS-EN 1993-1-2 mukaisesti. Usein teräsosat joudutaan suojaamaan palolta palonaikaisen lämpötilan nousun hidastamiseksi rakenteessa ja saavuttaen näin rakenteen riittävä palonkestävyys. Teräsrakenteen kestävyys palotilanteessa voidaan laskea perustuen joko palotilanteen materiaaliominaisuuksiin, eli myötölujuuteen ja kimmokertoimeen, tai hyväksikäyttöasteesta riippuvaan kriittiseen lämpötilaan. Lämpötilatarkastelun avulla voidaan mitoittaa vain, jos sauvan stabiiliutta ei tarvitse ottaa huomioon. (Ongelin & Valkonen 2016.)

Palomitoituksessa voidaan palotilan lämmönkehitystä kuvata erilaisilla aika-lämpötilakäyrillä. Nimelliset aika-lämpötilakäyrät, kuten esimerkiksi ISO 834-standardin mukainen standardipalokäyrä, on määritelty tietylle ajanjaksolle. Parametriset aika-lämpötilakäyrät ottavat huomioon muun muassa palokuorman suuruuden, palo-osaston koon sekä tuuletusaukkojen määrän (Kuvio 1). Eurokoodissa SFS-EN 1991-1-2 on esitetty rajoituksia parametriseen palomallin käytölle. (Ongelin & Valkonen 2016.)



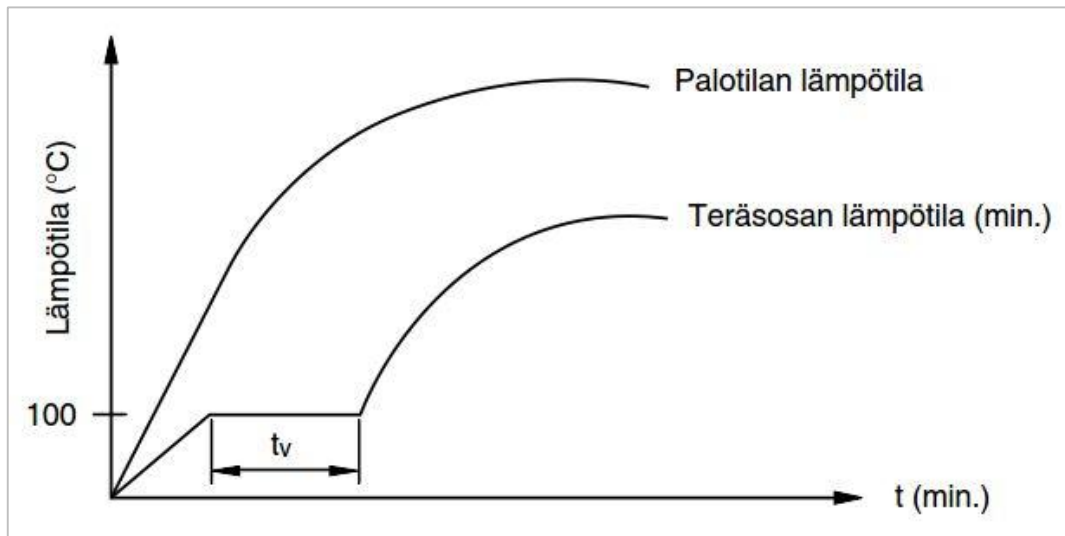
Kuvio 1. Standardipalokäyrän ja parametrisen palokäyrän ero (Ongelin & Valkonen 2010)

Teräsrakenteet on joko suojattava tulipaloa vastaan, tai on osoitettava laskennallisesti, että teräsrakenteet kestävät palotilanteessa vaaditun ajan ilman palosuojauksia. Palon aikana lämpötila voi siirtyä rakenteeseen säteilemällä, johtamalla tai kuljettamalla. Rakenteen lämpötilan nousu on riippuvainen muun muassa poikkileikkauksen muodosta, palotilan lämmönkehityksestä, palosuojauksesta sekä rakenteen poikkileikkaustekijästä. Poikkileikkaustekijä tarkoittaa teräsosan palolle alttiin pinnan suhdetta osan tilavuuteen (Kuva 1). Jos osa on palosuojattu, käytetään palolle alttiina pinta-alana yleensä palosuojauksen sisäpuolista alaa. Kotelomaisissa suojauksissa, joissa terässauvan ympärille jää vapaata tilaa, voidaan kuitenkin käyttää samaa pinta-alaa kuin tapauksissa, joissa terässauvan ympärille ei jää vapaata tilaa. (Ongelin & Valkonen 2016.)



Kuva 1. Suojaamattomien ja palosuojattujen teräsrakenteiden poikkileikkaustekijöitä (Ongelin & Valkonen 2010)

Standardeissa määritetään palosuojamateriaalien ominaisuudet ja toimivuus. Palosuojamateriaalien vaatimukseen on kirjattu, että niiden tulee pysyä koko paloaltistuksen ajan yhtenäisenä koossa sekä kiinni suojattavassa rakenneosassa. Palosuojaimien kosteuspitoisuus hidastaa teräksen lämpötilan nousua kosteuden haihtumiseen saakka. Viiveaikana, joka määritetään standardin EN 13381-4 mukaisesti, teräksen lämpötilan voidaan olettaa pysyvän 100 °C:ssa johduen palosuojaimen kosteuden poistumisesta palon vastakkaisen pinnan kautta (Kuvio 2). (Ongelin & Valkonen 2016.)



Kuvio 2. Palosuoja-aineen kosteuspitoisuuden vaikutus teräksen lämpötilankehitykseen palotilanteessa (Ongelin & Valkonen 2010)

Kun teräsrakenteen kestävyys lasketaan materiaaliominaisuuksiin perustuvalla menetelmällä, voidaan huomioida lämpötilan epätasainen jakautuminen materiaalissa. Lämpötilajakauma oletetaan tasaiseksi käytettäessä kriittisen lämpötilan mitoitusmenetelmää. Eurokoodissa SFS-EN 1993-1-2 kuvailtu palomitoitus perustuu niin sanottuihin yksinkertaisiin laskentamalleihin, jolloin muun muassa lämpötilan oletetaan olevan tasaisesti jakautunut koko poikkileikkauksessa. Kehittyneempien laskentamallien käytöstä on eurokoodissa esitetty päätettäväksi kansallisissa liitteissä. Suomen kansallisen liitteen mukaan näiden laskentamallien käyttö on sallittua, mutta yksityiskohtaisempia ohjeita niistä ei ole esitetty. (Ongelin & Valkonen 2016.)

Toiminnallinen palotekninen suunnittelu, eli oletettuun palonkehitykseen perustuva suunnittelu, perustuu tulipalotilanteisiin, jotka ovat mahdollisia ja todennäköisiä suunniteltavassa kohteessa. Toiminnallisella palomitoituksella voidaan huomioida rakennuksen yksilölliset ominaispiirteet, kuten palokuorma, ilmanvaihto-olosuhteet ja tilan geometria, sekä passiiviset ja aktiiviset palontorjuntatoimenpiteet rakenteiden paloturvallisuuden suunnittelussa. Toiminnallisen palomitoituksen etuihin lukeutuu muun muassa tilojen parempi käytettävyys, kevyemmät rakenteet sekä säästöt rakennuskustannuksissa. (Hietaniemi 2014.)

Yksi toiminnallisessa palomitoituksessa käytetty verifioitu laskentamalli on FDS-palosimulointiohjelma (Fire Dynamics Simulator), jonka avulla palon kehittyminen ja rajautuminen voidaan mallintaa todellisuutta mukailevissa olosuhteissa ja jonka tuloksena saadaan mitoituspaloikäyrät. Näitä malleja käytettäessä on kuitenkin kiinnitettävä huomiota oikeisiin tulkintoihin sekä kriittisyyteen. Vaativissa kohteissa viranomaiset edellyttävät usein 3. osapuolen suunnitelmatarkastuksia. (Salmi.)

2.6.2 Palosuojausmenetelmät

Teräsrakenteen palosuojaus voidaan toteuttaa joko eristämällä tai nostamalla sen kykyä varastoida lämpöä. Palosuojausmenetelmää valittaessa tulisi materiaalikustannusten lisäksi kiinnittää huomiota myös palosuojauksen asennus- ja huoltokustannuksiin. Palosuojauksien toteuttaminen konepajalla ei ole yleensä kannattavaa, koska niitä joudutaan usein korjailemaan työmaalla kuljetuksesta aiheutuneiden vaurioitumisten vuoksi. Konepajalla tehtäväksi palosuojatoimenpiteeksi soveltuu parhaiten palosuojamaalaus. (Ongelin & Valkonen 2016.)

Teräsrakenne voidaan eristää palolta esimerkiksi levyillä, palosuojamaaleilla tai ruiskutettavilla eristeillä. Yleisesti käytettyjä materiaaleja ovat mineraalivilla, tiili, kipsilevyt, betonointi ja rappaus. Palosuojamaalit paisuvat tulipalotilanteessa suojaen terästä. Teräsrakenteen lämmönsitomiskykyä voidaan kasvattaa esimerkiksi täyttämällä teräspilari betonilla tai vedellä. Betoni-teräspilarissa betoni kantaa palotilanteessa ja vedellä täytetyssä pilarissa vesi alkaa kiertää samalla jäädyttäen rakennetta. Teräsrakenteiden peittäminen esimerkiksi alaslasketulla katolla ja pilareiden sijoittaminen seinän sisään tai palotilan ulkopuolelle toimivat rakenteellisina palosuojauksina. Lämmöneristämiseen perustuvat menetelmät voidaan jakaa lisäksi kuiviin ja märkiin palosuojausmenetelmiin. (Väisänen 2007; Ongelin & Valkonen 2016.)

Teräksen lisäaineilla, kuten kromilla ja kuparilla, voidaan vähentää teräsrakenteen hilseilyä korkeissa lämpötiloissa. Austeniittisten ruostumattomien teräksien lujuus ja kimmokerroin laskevat hitaammin lämpötilan noustessa, jolloin ne soveltuvat paremmin korkeisiin lämpötiloihin. (Väisänen 2007.)

Palosuojauksen osalta tulee huomioida myös työnaikainen palosuojaus. Teräsrakenteita voidaan joutua hiomaan ja leikkaamaan työmaalla sopivaksi kipinöintiä aiheuttavilla menetelmillä, kuten hitsauslaitteilla ja kulmahiomakoneilla, joiden aiheuttama palovaara tulee tunnistaa. Pääurakoitsijalla on vastuu työnaikaisesta palosuojauksesta, paloturvallisuudesta sekä työmaan yleispalovartiosta VNa 205/2009 mukaisesti. Erityistä huomiota tulisi kiinnittää työnaikaisten tukirakenteiden palosuojaukseen. Korjaustöiden aikana koko yläpuolisen rakennusosan kuormat saattavat tulla väliaikaisille rakenteille, joiden vaurioituminen tulipalon sattuessa voi johtaa mittaviin vahinkoihin. Riittävä palosuojaus varmistetaan kahdella menetelmällä: kuormituksen alaiset rakenteet suojataan sopivilla palonsuojauspinnoitteilla sekä -materiaaleilla, ja työmaalla huolehditaan siisteydestä, järjestyksestä sekä paloneston ennakoinnista. (RIL 174-5 1991.)

3 Terästen käyttö korjausrakentamisessa

3.1 Lähtötiedot

Korjaustyö tulisi aina tehdä kohteen asettamissa rajoitteissa. Rakennuskohde tulisi tuntea riittävän hyvin laadukkaan rakennesuunnittelun varmistamiseksi. Teräsrakenteet suunnitellaan ja toteutetaan pienillä toleransseilla ja niiden esivalmiusaste on yleensä suuri. Sijoitettaessa teräsrakenteita olemassa olevien rakennusten ja rakenteiden yhteyteen, nousee suureen rooliin lähtötiedot ja niiden tarkkuus. Korjausrakentamiseen liittyy usein purkutöitä, joiden vaikutukset on selvitettävä riittävillä lähtötiedoilla. Esimerkiksi tarvittavien tukirakenteiden mitoitus sekä purkutöiden aiheuttama värinä ympäröiville rakenteille on oltava selvillä. Vanhoille rakenteille tulevat lisäkuormitukset vaativat myös tarkkaa lähtötietojen selvitystä. Rakennuksen ja rakenteiden lähtötietojen selvittämiseen on olemassa monia eri tapoja, joita voidaan hyödyntää korjausrakentamisprojektin laajuuden ja vaativuuden mukaan.

Voi olla myös tilanteita, joissa lähtötietoja kantavista ja muista merkittävistä rakenteista ei saada ennen rakentamisen alkamista ja tarvittavien purkutöiden suoritusta. Tällöin lähtötietojen epävarmuus voidaan ottaa suunnitteluvaiheessa huo-

mioon esimerkiksi useammalla eri detaljivaihtoehdoilla, rakenteiden toleransseilla tai erillisillä liitososilla. Aina kaikkeen ei voida kuitenkaan ennalta varautua, mikä saattaa johtaa rakentamisen aikaiseen muutossuunnitteluun.

Yleensä ensimmäiset lähtötiedot kohteesta saadaan vanhoista suunnitelmista. Niiden avulla voidaan määritellä rakennuksen korjaus- ja tutkimustarpeita sekä elinkaarta. Vanhojen suunnitelmien oikeellisuuteen pitäisi kuitenkin suhtautua aina varauksella, eikä niihin tulisi luottaa sellaisenaan. Monesti suunnitelmia on muuteltu rakentamisen aikana tai rakenteisiin on tehty muutoksia, joita ei ole tallennettu suunnitelmiin. Rakennukseen on myös voitu tehdä myöhempiä muutostöitä, joista ei ole suunnitelmia lainkaan saatavilla. Osa asiakirjoista on voinut vuosien saatossa jopa kadota, tai ne voivat olla niin vaurioituneita, ettei niitä voi hyödyntää. (RIL 174-4 1988.)

Yksi oleellinen menetelmä korjaussuunnittelun lähtötietojen keräämiseen on rakennuksen ja rakenteiden kuntotutkimukset. Tutkimukset olisi suositeltavaa tehdä mahdollisimman aikaisessa vaiheessa hanketta, jolloin esimerkiksi tarvittavat tilojen käyttötarkoituksen muutokset voidaan ottaa huomioon. Rakennetutkimusten laajuus tulisi mitoittaa muutostöiden laajuuteen ja vaativuuteen sekä rakenteiden kuntoon sopiviksi. Tutkimuksien laajuutta suunnitellessa on varmistettava, ettei niiden kustannukset ylitä tutkimuksista saatavia hyötyjä. (RIL 174-4 1988, 43.)

Kuntotutkimusten avulla selvitetään olemassa olevien rakenteiden kuntoa, teknistä toimivuutta, käytettyjä materiaaleja, rasisympäristöä sekä mahdollisia haitta-ainepitoisuuksia rakenneavausten ja näytteiden avulla. Tutkimusten avulla saadaan vertailtua eri korjausvaihtoehtoja ja määriteltyä niiden laajuutta. Kuntotutkimuksesta luotavaan raporttiin tulee liittää suositukset korjaustavasta. Kuntotutkimusten luotettavuuden varmistamiseksi tulisi tutkimusten suorittajalla olla vankka ammattiosaaminen sekä kokemusta vanhoista rakenteista ja niiden vaurioitumismekanismeista. (Kuosa 2002; Risulahti 2016.)

Korjaussuunnittelun perustekijöitä on korjattavan rakennuksen ja rakenteiden mittaaminen. Kantavien rakenteiden sijainnin määrittelyllä selvitetään rakentei-

den vakavuutta ja kuormitusten jakautumista. Sijainnin lisäksi kantavista rakenteista mitataan rakenneosien poikkileikkausten koot, loveukset, reiät, paikalliset heikennykset, vahvistukset, jännevälit sekä rakenteiden vinoutta ja epäkeskisyttä. Vaakarakenteista mitataan taipumia. Ennen mittauksia tulisi olla selvillä laadittavien piirustusten käyttötarkoitus sekä suunnitelmien vaadittava tarkkuustaso. Mittauksista tulisi laatia suunnitelma ja eri yksityiskohtien mittauslaajuus tulisi olla selvillä. (RIL 174-4 1988, 43.)

Perinteisiin mittausvälineisiin lukeutuu suurimmalla osalla mittaustyön suorittajista käytössä olevat välineet. Yleisimpiä ovat mittanauhut, jotka jaotellaan tarkkuutensa perusteella kolmeen luokkaan. Mittanauhalla mitattaessa esiintyy epätarkkuuksia, jotka johtuvat muun muassa ilman lämpötilasta sekä maaston epätasaisuuksista. Myös linjalaserit kuuluvat perinteisiin mittausvälineisiin. Lasereiden toiminta perustuu laitteen lähettämiin valonsäteisiin ja niiden heijastumiseen kohteesta takaisin laitteeseen. Valon nopeuteen perustuvat laitteet mittaavat etäisyyden valon kulkemiseen kuluneen ajan perusteella. (Risulahti 2016.)

Yksi perinteisistä korkeudenmittausmenetelmistä on vaaitus, jonka toiminta perustuu korkeuserojen mittaamiseen. Mittausalueen korkeuslähtöpisteiden perusteella saadaan muiden pisteiden korkeudet määritettyä. Vaaituskojeella muodostetaan vaakasuora tähtäyslinja ja -taso, ja tähtäämällä kojeella pisteelle vietyä lattaa mitataan tähtäystason ja pisteiden väliset pystysuorat etäisyydet, joista saadaan laskettua korkeuserot. (Laurila 2010.)

Takymetri on maasto- ja rakennusmittauksessa yleisesti käytetty mittalaite, jota voidaan käyttää kulmien ja etäisyyksien mittaamiseen. Takymetreissa on nykyään yhdistetty teodoliitti sekä elektro-optinen etäisyysmittari, joka määrittää etäisyyden kojeen ja tähtäyspisteessä olevan prisman välillä heijastuvan signaalin perusteella. Laitteessa on sisällä myös tietokone tai siihen voidaan liittää maastotallentimeksi kutsuttu maastotietokone, ja sen rinnalla käytetään yleisesti satelliittipaikannusta. Mittalaitteen rakenteesta mitaamat XYZ-koordinaatit voidaan viedä 3D-suunnitteluohjelmaan lähtötiedoiksi. Mittaajalla tulee olla näkemystä sekä riittävä määrä mittauspisteitä kohteesta, jotta takymetrimitatusta datasta voidaan luoda luotettava lähtötietomalli. (Laurila 2010.)

Laserkeilaus on mitoitusmenetelmä, jota käytetään hyväksi olemassa olevan ympäristön mittaamisessa. Laserkeilauksella saadaan tuotettua kolmiulotteinen, tarkka, pisteistä koostuva malli, pistepilvimalli, jota voidaan käyttää lähtötietona korjausrakentamisessa kohteen lähtötilanteen mallintamisessa. Laserkeilain on mittalaite, jonka nollapisteestä laite lähettää lasersäteen. Valon kulku-aikaan perustuvissa laitteissa etäisyys mitataan aikana, joka valosäteeltä menee kulkea laitteesta kohteeseen ja takaisin. Tiedossa olevan valosäteen kulkeman matkan ja lähtökulmien perusteella saadaan jokaiselle valon heijastuspinnan pisteelle koordinaattiarvot. Lisäksi laite tallentaa jokaiselle pisteelle myös intensiteettiarvon paluusignaalin voimakkuuden perusteella. (Joala 2006.)

3.2 Rungon- ja perustusten vahvistaminen

Teräsrakenteiden tyypilliset vauriot ovat korroosiovaurioita sekä rakenteellisia vaurioita kuten säröjä, murtumia ja muodonmuutoksia. Näitä voidaan tarkastella näköhavaintojen, mittauksien, pintatestauksien sekä näytteiden ja laboratoriotutkimusten avulla. Mikäli vauriot eivät ole silmällä erotettavissa, tarvitaan yleensä erikoistutkimuksia, kuten ultraäänimittauksia. Ennen teräsrakenteiden korjausta tulisi vaurion syy aina selvittää eli mistä ja miten vaurio on saanut alkunsa. Erityistä huomiota tulisi kiinnittää hitsiliitosten alueella sijaitseviin vaurioihin, jotka johtuvat yleensä virheellisesti tai epäsopivilla lisäaineilla tehdyistä hitsauksista. Jos rakenteen materiaalitietoja ei ole saatavilla, tulee siitä ottaa näytepalat lujuusarvojen määrittämistä ja koostumusanalyysia varten. Hitsattavuus voidaan selvittää koostumusanalyysilla sekä hitsauskokeella. Näiden tutkimustulosten perusteella valitaan soveltuvat korjausmateriaalit. (LIVI 2010.)

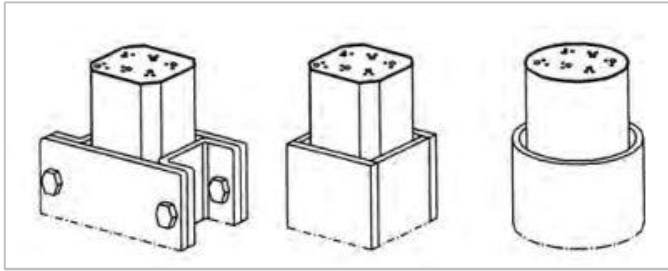
Teräsrakenteiden korjausmenetelmät valitaan aina tapauskohtaisesti. Jos vanhan rakenteen loivia taipumia tai muodonmuutoksia halutaan korjata, toteutetaan ne taivuttamalla rakenteita alkuperäiseen muotoonsa joko kylmänä tai esilämmitystä käyttäen. Säröt ja repeämät korjataan hitsaamalla. Särö avataan esimerkiksi hiomalaikalla, minkä jälkeen hitsaus toteutetaan suunnitelmien mukaisesti. Särön eteneminen voidaan pysäyttää poraamalla reikä särön päähän, mikä tulee kyseeseen muun muassa kohteissa, joissa hitsaaminen ei ole mahdollista esimerkiksi palovaaran takia. Vauriokohtia voidaan vahventaa vahvikelevyillä kiinnittämällä ne vaurioituneeseen kohtaan pulttaamalla, hitsaamalla tai liimaamalla.

Vaurioitunut kohta voidaan myös poistaa kokonaan ja korvata uudella materiaalla. Pieniä pintasäröjä korjataan hiomalla. (LIVI 2010.)

Teräsrakenteiden korjauksissa tulisi aina pyrkiä käyttämään alkuperäistä vastaavaa ainetta, mikäli se on muun muassa lujuudeltaan ja korroosio-ominaisuuksiltaan tavoitteiden mukainen. Mikäli vanhassa rakenteessa esiintyvä vaurio on syntynyt aikaisemmin kuin alkuperäisten kestävyys suunnitelmien mukaan olisi odotettu, valitaan korjaukseen yleensä joko alkuperäistä ainetta lujempi aine tai rakenteen poikkileikkausta tai rakennepaksuutta lisätään. Korjaustöiden aikana on huomioitava, että jännityksen alaista rakennetta ei saa hitsata tai korjata lämpökäsittelyllä. Vaikeuksia voi aiheuttaa lisäksi muun muassa vanhojen materiaalien tunnistaminen, tuenta- ja apurakenteiden sijoittaminen sekä rakenteen vakaavuuden vaarantuminen. (LIVI 2010.)

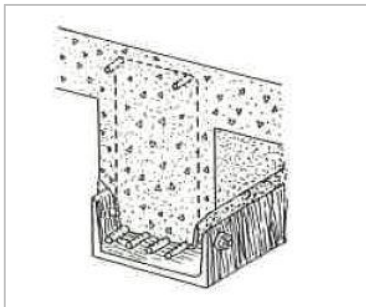
Terästä voidaan käyttää myös teräsbetonirakenteisten pilareiden, palkkien ja laattojen vahvistamiseen. Olemassa olevien rakenteiden vahvistamisella pyritään suurentamaan rakenteen poikkileikkausta ja siirtämään näin joko osa tai koko rakenteelle tuleva kuorma uudelle vahvistusosalle. Tämän onnistumiseksi uuden ja vanhan rakenteen yhteistoiminnasta tulee varmistua. Vanhojen rakenteiden vahvistaminen tulee kyseeseen yleensä silloin, jos niille tulevia kuormia joudutaan kasvattamaan tai rakenne on vaurioitunut ja tästä syystä menettänyt kapasiteettiaan. (RIL 174-4 1988.)

Teräsbetonipilarin vahvistaminen teräksen avulla voidaan tehdä joko pienentämällä pilarin nurjahduspituutta, lisäämällä pilarin poikkileikkauspintaa tai korvaamalla vanha pilari kokonaan uudella teräsrakenteella. Nurjahduspituuden pienentäminen toteutetaan teräsrakenteisilla tuilla, jotka jäykistävät pilarin muuhun rakenteeseen. Lisärakenteelle ei oleteta tulevan pystykuormaa. Teräsprofiileilla voidaan lisätä pilarin poikkileikkauspintaa mantteloimalla pilari yhteenhitsatuilla tai pultatuilla teräslevyillä (Kuva 2). Pilari voidaan korvata kokonaan uudella teräspilarilla tapauksissa, joissa edelliset keinot eivät riitä. Tämä voi kuitenkin johtaa hankaliin perusratkaisuihin. Voimien siirtäminen uudelle pilarille voidaan hoitaa esimerkiksi teräskiilojen avulla. (RIL 174-4 1988.)



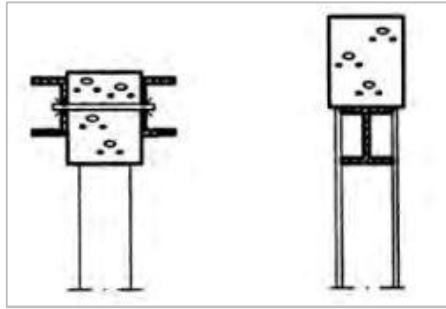
Kuva 2. Teräsbetonipilarin vahvistaminen teräsprofiileilla (Väisänen 2007)

Teräsbetonipalkkeja vahvistetaan esimerkiksi tapauksissa, joissa palkin alapinnan teräkset ovat syöpyneet tai vaurioituneet. Käytettäessä U-profiilia palkin vahvistamisessa voidaan yhteistoiminta varmistaa palkin läpimenevillä pulteilla. Vanhan ja uuden rakenteen välinen liittovaikutus tulee varmistaa riittävällä pulttien lukumäärällä ja kitkalla. Pulttien reiät tulee sijoittaa ohi palkin teräksistä vetotörmästen yläpuolelle. Palkin ja teräsprofiilin väliin jäävä tila injektoidaan (Kuva 3). (RIL 174-4 1988.)



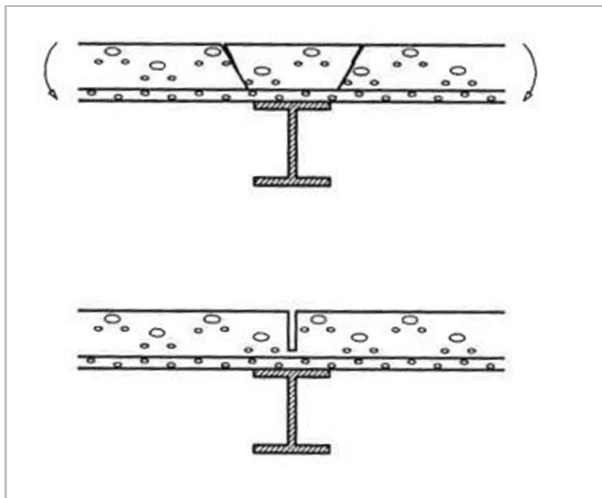
Kuva 3. Betonipalkin vahvistaminen U-profiililla (RIL 174-4 1988)

Teräsbetonipalkille tuleva kuormitus voidaan siirtää osittain esimerkiksi palkin sivulle tai alle sijoitetuille teräsprofiileille (Kuva 4). Tällöin ongelmaksi voi kuitenkin muodostua eri osille jakautuvien kuormien määrittäminen sekä tilaongelmat. Yksinkertaisin keino teräsbetonipalkin vahvistamiseksi on tehdä palkin alle lisätuki esimerkiksi teräspalkin tai -pilarin avulla. Palkki toimii kimmoisena ja pilari painumattomana tukena. Erityisesti silloin, kun tuki on painumaton, voi ongelmaksi muodostua teräsbetonipalkin negatiivinen momentti tuella. Tästä voi seurata palkin halkeilua tai murtuminen tuen kohdalla, mikä tulee huomioida palkin leikkauskestävyyden tarkastelussa. (RIL 174-4 1988.)



Kuva 4. Betonipalkin vahvistaminen teräsprofiileilla (Väisänen 2007)

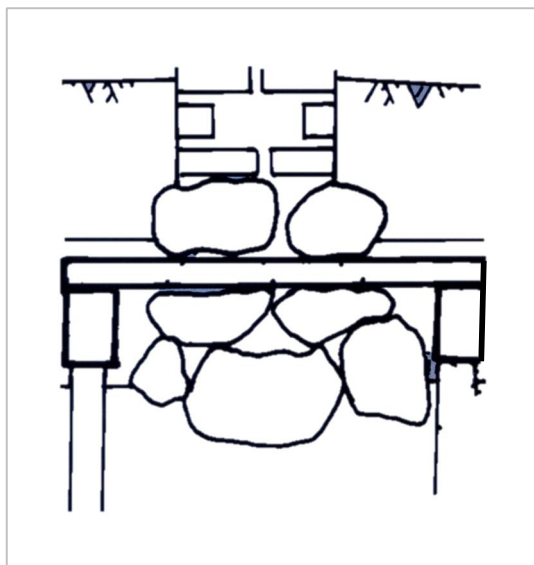
Teräsbetoni-laattojen vahvistaminen toteutetaan yleensä asentamalla lisätuki laatan keskelle. Tämä voi olla esimerkiksi teräspalkki, joka kiilataan laatan alle. Lisätuen johdosta laatan momenttijakautuma kuitenkin muuttuu, ja palkin kohdalla laatan yläpintaan voi syntyä negatiivisen momentin aiheuttamaa halkeilua. Laattojen kestävyys tulee varmistaa uudessa tilanteessa momentti- ja leikkausrasitusten muuttumisen vuoksi. Halkeilua voidaan välttää esimerkiksi sahaamalla laatan yläpintaan ura palkin kohdalle (Kuva 5). (RIL 174-4 1988.)



Kuva 5. Betonilaatan halkeamien estäminen lisätuen kohdalla (RIL 174-4 1988)

Perustuksia joudutaan yleensä vahvistamaan, kun niille tulevia kuormituksia lisätään tai ne ovat painuneet ja aiheuttaneet vaurioita yläpuolisille rakenteille. Paalutuksella toteutettavissa perustusten vahvistamisissa käytetään usein teräsrakenteisia pienpaaluja. Korjausrakentamisessa tilat ovat yleensä ahtaita, jolloin pienet porattavat paalut ovat käteviä. Usein paaluvahvistusten asennus onnistuu sisätiloissa tai matalissakin kellaritiloissa. Teräsputkipaalujen jatkaminen on help-

poa, joten pitkienkin matkojen paalutus onnistuu pienistä osista kootuilla paaluilla. Yksi keino vahvistamiseen on asentaa paalut perusmuurin molemmin puolin, ja siirtää kuormat paaluille muurin läpi asennetun teräspalkin välityksellä (Kuva 6). Teräsprofiilit sopivat tähän tarkoitukseen hyvin, koska niitä voidaan kuormittaa heti asentamisen jälkeen. Profiilien suojabetonoinnit voidaan suorittaa myöhemmin suurempina määrinä. Perusmuurin mahdollinen vahvistustarve tulisi muistaa ottaa huomioon. Kuormituksen siirron yhteydessä syntyvä painuma voidaan välttää esikuormittamalla teräspalkit perusmuurin ja palkkien väliin asetettavien kiilojen avulla. (RIL 174-5 1991.)



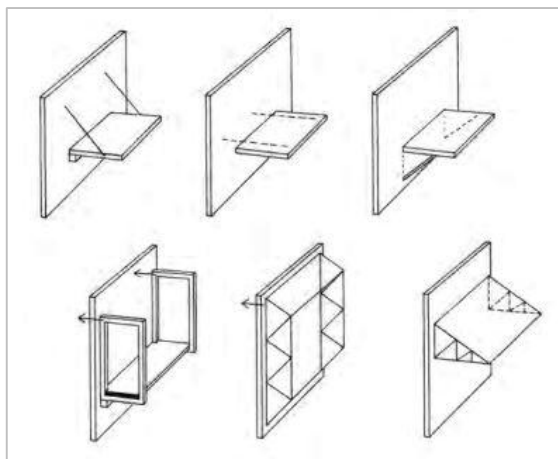
Kuva 6. Perustusten vahvistaminen teräspaaluilla (RIL 174-5 1991)

3.3 Lisärakentaminen ja olevien rakenteiden muutokset

Korjausrakentamisessa tulee usein tarve uusille tiloille esimerkiksi talotekniikan tilavarauksien tai muun lisätilan tarpeen osalta. Työssä suoritetuissa haastatteluissa tuli ilmi, että uudet IV-konehuoneet tai olemassa olevien tilojen laajennukset toteutetaan tyypillisesti teräsrakenteisina. IV-konehuoneet sijoitetaan useasti rakennuksen vesikatolle, jolloin teräksen etuna on keveys suhteessa sen lujuuteen. IV-konehuoneita on toteutettu myös puurakenteisina, mutta teräsrungon eduksi nousee muun muassa helpompi jäykistettävyys. Olemassa olevan rakennuksen yhteyteen sijoitettavat uudet runkorakenteet ja mahdolliset uudet laitteet

aiheuttavat lisäkuormituksia vanhoille rakenteille. Vanhojen rakenteiden kapasiteetti tulee selvittää ja tapauksessa, jossa kapasiteetti ylittyy, tulee rakenteita vahvistaa tai uudet kuormat johtaa muille viereisille rakenteille.

Yksi lisärakentamisen muodoista on uusien parvekkeiden rakentaminen vanhan rakennuksen yhteyteen. Parvekkeet on suositeltavaa toteuttaa kevytrakenteisina ja suunnitella niiden kiinnitykset ja perustukset niin, että niiden aiheuttama kuormituslisäys vanhoille rakenteille on mahdollisimman vähäinen (Kuva 7). Parvekerakenteissa huomio tulee kiinnittää pysyvien ja hyötykuormien lisäksi kiinnityspisteiden tuulikuormaan sekä lämpöliikkeisiin. Parvekerakenteet voidaan tukea joko omille perustuksille tai kokonaan tai osittain rakennuksen runkoon. Omille perustuksille tukeutuva parvekerakenne tulee kyseeseen silloin, kun rakennusrunkoon ei voida siirtää parvekerakenteesta aiheutuvia kuormia. Kokonaan runkoon tuettu parvekerakenne toteutetaan yhden parvekkeen elementteinä ja kaikki parvekerakenteen kuormat siirretään joko rakennuksen välipohjille, väliseinille tai molemmille. Osittain runkoon tuettu vaihtoehto on edellä mainittujen välimuoto, jossa suurin osa kuormasta viedään seinän vieressä kulkevien pilarilinjojen kautta perustuksilla. (Teräsrakenneyhdistys ry 1997.)

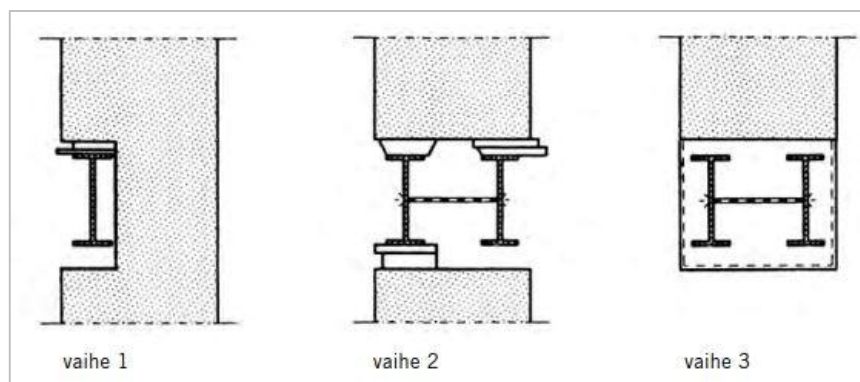


Kuva 7. Teräsrakenteisten parvekkeiden ja katosten kannatustapoja (Väisänen 2007)

3.4 Terästuennat

Terästä voidaan käyttää joko pysyvissä tai tilapäisissä tukirakenteissa. Haastatteluissa selvisi, että pysyvinä tukirakenteina terästä käytetään muun muassa olemassa oleviin seinä- ja laattarakenteisiin tehtävien aukkojen vahvistuksissa. Aukkojen tuennat voidaan joissain tapauksissa toteuttaa myös betonirakenteisina. Teräksen käytön etuna on mahdollisuus palkin kiilaukseen, jolla palkki saadaan esijännitettyä siihen kohdistuvien kuormien aiheuttaman taipuman suuruiseksi. Tällä saadaan varmistettua kuormien siirtyminen palkille, jolloin palkki kantaa välittömästi.

Esimerkiksi betoni- tai tiiliseinään tulevan uuden ovi- tai ikkuna-aukon vahvistuksessa käytetään usein pysyvinä tukirakenteina teräksisiä avoprofiileja, jotka mitoitetaan ylärakenteilta palkille tuleville kuormille (Kuva 8). Aukon sijoittelussa ja kuormien määrittelyssä tulee huomioida ylä- sekä alapuolisten rakenteiden lisäksi kuormien siirtymisreitit. Palkki tulee viedä tarpeeksi pitkälle aukon ohi, jotta yläpuolisten rakenteiden kuormat saadaan ohjattua aukon ohi alemmille rakenteille. Teräsprofiilien suojabetonointi toimii samalla myös palosuojauksena.



Kuva 8. Aukon tukeminen teräsprofiileilla (Väisänen 2007)

Tilapäisissä tukirakenteissa teräs on käytetyin materiaali lujuutensa, rakenteellisen muunneltavuutensa sekä asennusnopeutensa vuoksi. Myös puuta käytetään muun muassa helpon saatavuuden, työstettävyyden ja purettavuuden vuoksi, mutta sen haittapuoliksi nousee palovaarallisuus, rakenteellinen lyhyys sekä pienehkö lujuus varsinkin taivutetuissa vaakarakenteissa. Puuta käytetään usein varsinkin pienehköissä nopeasti toteutettavissa tukitöissä. (RIL 174-4 1988.)

Tilapäisten tukirakenteiden mitoituksessa tulee huomioida tavanomaisten kuormitusten lisäksi työnaikaiset hyöty- ja purkukuormat, konekuormat sekä rakenteiden tilapäisyydestä johtuvien asennustöiden virhemahdollisuuksien kasvu. Kuormitusten siirrossa tukirakenteille tulee varmistua, ettei ympäristössä tapahdu hallitsemattomia tai haitallisia siirtymiä. Erityisesti vaakarakenteissa on huomioitava tukirakenteiden esijännitys, eli riittävän taipuman tai puristuman aiheuttaminen esimerkiksi kiilaamalla, tunkkaamalla tai välipaloja käyttämällä, ennen niiden liittämistä kuormittaviin rakenteisiin. (RIL 174-4 1988.)

4 Korjausrakennesuunnittelun tehtävät ja laadunvarmistus

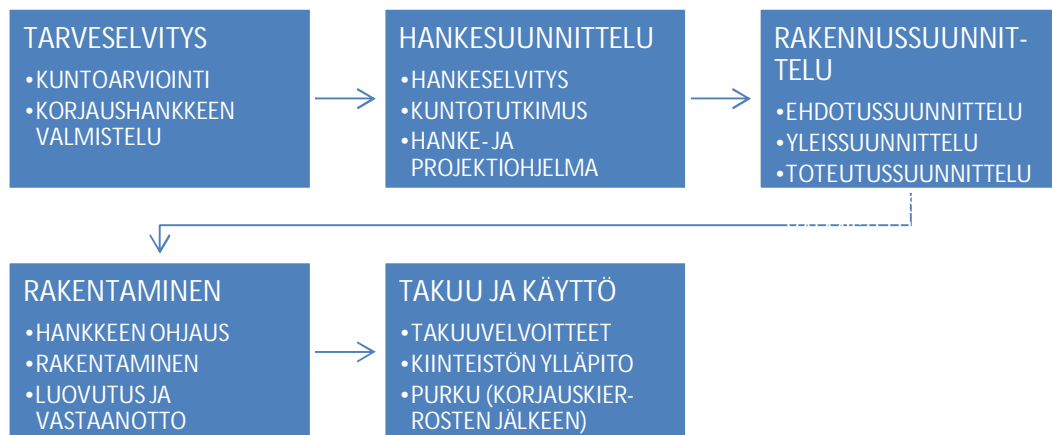
4.1 Korjausrakennushanke suunnittelun näkökulmasta

Rakennushankkeeseen ryhtyvistä käytetään yleensä nimitystä tilaaja tai rakennuttaja, jonka tehtäviin lukeutuu muun muassa rakennushankkeen käynnistäminen, lupien hankinta, rakentamisen läpiviennistä huolehtiminen sekä hankkeen tavoitteiden ja vaatimusten asettaminen. Myös tarvittavien lähtötietojen hankinta, hankkeen osapuolien kelpoisuusvaatimusten varmistaminen sekä suunnittelu-ryhmän kokoaminen ovat tilaajan vastuulla. Yleistä kuitenkin on, että rakennushankkeeseen ryhtyvä teettää rakennuttamispalvelut ulkopuolisella taholla hankkien rakennuttajatehtäviin pätevän henkilöstön erillisin sopimusjärjestelyin. (RT 10-11128 2013; RT 10-11222 2017.)

Rakennushankkeessa suunnittelusta vastaa tyypillisesti suunnitteluryhmä, johon kuuluu eri suunnittelualojen asiantuntijoita. Suunnittelutehtävien painotuksissa on eroja rakennushankkeen ominaispiirteistä riippuen. Korjaushankkeissa suunnittelijoilta odotetaan usein erilaisia valmiuksia kuin uudisrakentamisessa. Usein suunnittelijoilta vaaditaan oman erityisalan hallinnan lisäksi myös muiden suunnittelualojen sekä vanhojen rakentamismääräysten ja -tapojen tuntemista. Maankäyttö- ja rakennuslaissa suunnittelutehtävät jaetaan vaatavuusluokkiin, joita ovat poikkeuksellisen vaativa, vaativa, tavanomainen sekä vähäinen suunnittelutehtävä. Tehtävän vaatavuusluokan perusteella suunnittelijoille asetetaan kelpoisuusvaatimuksia. Rakennusvalvontaviranomaisen vastuulla on arvioida suunnittelijan kelpoisuus tehtävään. (RT 10-11222 2017.)

Maankäyttö- ja rakennuslaki edellyttää, että rakennushankkeelle valitaan pääsuunnittelija. Tilaaja voi joko delegoida pääsuunnittelijan tehtävät tai vaihtoehtoisesti toimia myös itse tehtävässä, jos hänellä on siihen riittävä pätevyys. Keskeisintä pääsuunnittelijan tehtävissä on kokonaisuudesta huolehtiminen, suunnittelijoiden työnjako rajapinnoilla sekä muutossuunnittelun koordinointi. Pääsääntöisesti pääsuunnittelijaksi valitaan arkkitehti. Pääsuunnittelijan valinta olisi suositeltavaa tehdä jo tarveselvitysvaiheessa. Rakennushankkeissa toimii lisäksi henkilöitä suunnittelun johdossa, joiden vastuulla on suunnittelun ja rakentamisen johtamisen lisäksi hankkeen toiminnallisten, taloudellisten, aika- ja laatutavoitteiden toteuttaminen. Suunnittelunjohdossa toimii yleensä pääsuunnittelija, projektipäällikkö tai rakennuttajakonsultti. (Kuosa 2002; RT 13-11120 2013.)

Korjausrakentamishanke muodostuu eri vaiheista, joita ovat tarveselvitys, hankesuunnittelu, rakennussuunnittelu, rakentaminen sekä takuu ja käyttö (Kuvio 3). Jokaiseen vaiheeseen sisältyy tietyt päätehtävät. Lähtökohtana korjaushankkeille on yleensä tilaajan toiminnalliset ja taloudelliset tarpeet sekä rakennuksen kunnon heikentyminen. Tarve korjata vanha rakennus voi syntyä esimerkiksi kunossapidon laiminlyönnistä, käyttötarkoituksen muutoksesta tai halusta parantaa rakennuksen laatutasoa. Tarpeiden määrittely on kuitenkin harvoin itsestään selvää, ja ongelmaksi voi muodostua esimerkiksi tarpeiden ja talouden ristiriita. (Kuosa 2002.)



Kuvio 3. Korjausrakennushankkeen vaiheet ja päätehtävät

Pienemmissä korjaushankkeissa ensimmäinen vaihe, eli tarveselvitys, voi nivoutua yhteen hankesuunnittelun kanssa, mutta isommissa hankkeissa tarveselvitys on tehtävä yleensä perusteellisesti ennen hankesuunnitteluvaihetta. Tarveselvitysvaiheessa lähtötiedot, kuten tehdyt kuntoarviot ja vanhat suunnitelmat, tulee käydä läpi yksityiskohtaisesti. Tarveselvitysvaihe voidaan jakaa omistajan sekä käyttäjän tarveselvityksiksi, ja vaiheessa on tarkoitus perustella olemassa olevan tilan muutostarve. Mikäli hankevaihtoehtoja on useampi, tulee tarveselvityksen pohjalta tehdä hankeselvitys, jossa arvioidaan ja vertaillaan eri vaihtoehtoja. Hankeselvityksen lähtötietoina käytetään tarveselvitysvaiheessa syntyneitä tulosteita, kuten kuntoarvioita, energiaselvityksiä, kiinteistön lähtötietoja ja kunnossapitosuunnitelmia. Hankeselvitysvaiheessa voidaan teettää kuntoselvityksiä, joiden perusteella tehdään suositus valittavasta hankevaihtoehdosta. (Kuosa 2002.)

Valitun päävaihtoehdon pohjalta laaditaan hankesuunnitelma. Hankesuunnitteluvaiheessa määritellään täsmälliset laajuutta, toimivuutta, laatua, kustannuksia, ajoitusta ja ylläpitoa koskevat tavoitteet. Luonnossuunnittelua sekä muutettavien ja korjattavien rakenteiden alustavaa rakennesuunnittelua joudutaan usein rajoittamaan hankesuunnittelun kanssa tarvittavien kustannustekijöiden arvioimiseksi.

Hankesuunnitelma jakautuu hanke- sekä projektiohjelmaan, joista ensimmäisessä esitetään suunnittelun ja jälkimmäisessä hankkeen läpiviennin tavoitteet. Hankesuunnitteluun osallistuvat yleensä käyttäjän ja omistajan edustajien lisäksi rakennuttaja, pääsuunnittelija, kuntotutkija, rakenne- sekä LVISA-suunnittelijat. Hankesuunnittelun pohjalta omistaja tekee hankepäätöksen, jolloin hanke päätetään joko käynnistää tai hylätä. (Kuosa 2002; RT 10-11105 2013.)

Suunnittelun valmisteluvaiheessa organisoidaan suunnittelu, järjestetään mahdolliset suunnittelukilpailut, käydään tarvittavat neuvottelut, valitaan suunnittelijat sekä tehdään suunnittelusopimukset. Suunnittelun tarjouspyynnössä tulisi selkeästi määritellä tilaajan tavoitteet ja lähtötiedot, tai niiden mahdolliset puutteet. Lähtötietojen tilannetta ei tulisi kaunistella, koska niiden saamiseksi tarvitaan päätöksiä ja aikaa. Myös ajalliset tavoitteet olisi kirjattava selkeästi tarjouspyyntöön. Suunnittelutehtävien laajuuksien ja vaativuuksien määrittelyssä voidaan käyttää hanketietokorttia. Se toimii suunnittelupalveluiden hankinnan apuvälineenä, ja sitä voidaan hyödyntää koko hankkeen ajan sekä täydentää tarvittaessa. Suunnittelijoiden valintaprosessi olisi syytä aikatauluttaa. (Klemetti 2010; RT 10-11105 2013.)

Rakennustieto Oy:n ohjekorteista löytyy eri suunnittelualoille laaditut tehtäväluettelot suunnittelutehtävien sisällön ja laajuuden määrittelyyn. Tehtäväluettelot eivät sisällä suoritusohjeita, vaan niitä voidaan täydentää toimintokohtaisilla sisältöluetteloilla esimerkiksi suunnitelmien tarkkuusvaatimusten ja ratkaisujen laatu-tason osalta. Kohdekohtaiset lähtötiedot ja tavoitteet tulee esittää erikseen suunnittelusopimuksia varten esimerkiksi projektiohjelmassa. Tehtäväluettelot helpottavat suunnittelukokonaisuuden hallintaa sekä suunnittelun laadunvarmistusta, ja ne on tarkoitus liittää osaksi suunnittelusopimusta. Kunkin tehtäväluettelon tehtävien raja-
muuta. (RT 10-11105 2013.)

Suunnittelusopimusten pohjana käytetään yleensä KSE 2013 konsulttitoiminnan yleisiä sopimusehtoja. Tällä rajataan muun muassa konsultin, eli tässä tapauksessa suunnittelijan, vahingonkorvauksen vastuun yläraja toimeksiannon palkkion suuruiseksi. Tämä ei koske kuitenkaan tapauksia, joissa vahinko on aiheu-

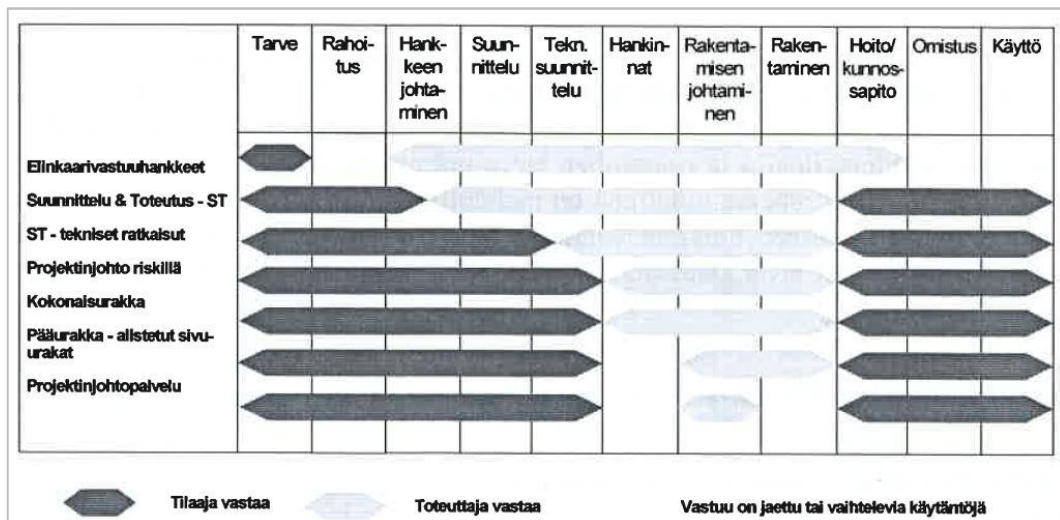
tunut tahallisuudesta tai törkeästä tuottamuksesta. Konsultin vahingonkorvauksen ylärajaa voidaan muuttaa maininnalla sopimuksessa. Suunnittelusopimusten liitteenä on usein erilaisia asiakirjoja, joiden pätevyysjärjestys suhteessa muihin asiakirjoihin on kiistaton käytettäessä KSE:tä. Muussa tapauksessa pätevyysjärjestys tulisi sopia suunnittelusopimuksissa ennakkoon. Sopimusasiakirjojen tarkoitus on täydentää toisiaan, mutta KSE:tä noudatettaessa ristiriitatilanteissa asiakirjojen keskinäinen pätevyysjärjestys on pätevimmistä heikompaan: konsulttisopimus, sopimuksen liitteet, KSE, tehtävämäärittelyt ja viimeisenä muut asiakirjat sopimuksessa mainitussa järjestyksessä. Konsultin vastuu on voimassa kaksi vuotta hänen suunnitteleman kohteen vastaanottamisesta ja enintään viisi vuotta toimeksiannon mukaisen aineiston luovuttamisesta tapauksissa, joissa suunnitelmaa ei välittömästi toteuteta tai tilaaja keskeyttää kohteen rakentamisen.

Suunnittelusopimusten teon jälkeen ehdotussuunnitteluvaiheessa suunnittelijat laativat useampia vaihtoehtoisia ratkaisuja tilaajan asettamien tavoitteiden saavuttamiseksi. Yleissuunnitteluvaiheessa valitusta ratkaisuehdotuksesta kehitetään toteutuskelpoiset suunnitelmat, ja vaiheen lopputuloksena on yleissuunnitelma pääpiirustuksineen. (RT 10-11105 2013.)

Toteutussuunnitteluvaiheessa suunnitelmia tarkennetaan hankintaa palvelevan suunnittelun ja toteutuksen edellyttämälle tarkkuudelle. Hankintoja palveleva suunnittelu tehdään siinä laajuudessa ja sillä tarkkuudella, että ne palvelevat hankintakyselyjä. Jos tehtäväkokonaisuuden toteutussuunnittelu ja rakentaminen tapahtuvat samanaikaisesti, voidaan suunnittelu jakaa suunnittelupaketteihin eli osakokonaisuuksiin. Tapauksessa, jossa hankintakyselyt tehdään yleissuunnitelmien pohjalta, voidaan suunnitelmapaketit laatia suoraan toteutussuunnitelmina. Jos hankintamuotona tietyn tuotekokonaisuuden osalta käytetään tuoteosakauppaa, tulee niitä koskevien suunnitelmapakettien tarkkuus ja laajuus määrittellä erikseen. Hankkeen eri vaiheiden tehtäviä voidaan tehdä myös samanaikaisesti, esimerkiksi ehdotussuunnitelmalla voidaan täydentää hankesuunnitelmaa. Korjausrakentamiseen kuuluu yleensä suunnitelmien täydentäminen ja muuttaminen rakennustöiden aikana. Esimerkiksi purku- ja tuentasuunnitelmat sekä täydentävät työpiirustukset on usein viisainta tehdä valmiiksi vasta, kun tarvittavat tiedot

ovat selvillä. Rakennustyönaikainen dokumentointi ja arkistointi tulee hoitaa niin, että tapahtumien seuranta on mahdollista. Käyttöönottovaiheessa tehtävään nimettyjen suunnittelijoiden vastuulla on huolehtia muun muassa tarvittavista toimintakokeista, palauteseurannasta, viranomaistoimista sekä tarkastuksista ja toteutumisen dokumentoinnista. (RT 10-11105 2013; 13-11120 2013.)

Toteutusmuodot ovat korjaushankkeessa usein samat kuin uudisrakentamisessa, mutta käytännön painopistealueissa on eroavaisuuksia. Rakennushankkeen toteutusmuodolla on suuri vaikutus siihen, kuka vastaa suunnittelusta. Lisäksi vastuu lopputuloksesta sekä hankkeen toteutuksesta ja ohjauksesta vaihtelee eri toteutusmuotojen välillä. Toteutusmuodot voidaan jakaa kahteen ryhmään suunnittelun vastuun kohdistuessa joko tilaajalle tai päätoteuttajalle. Eri toteutusmuotoja ja niiden vastuunjakautumisia on esitetty kuviossa 4. Rakentamisen aikaisella muutossuunnittelun arvioidulla määrällä voi olla vaikutusta hankkeen toteutusmuodon valintaan. (Kuosa 2002; RT 13-11120 2013.)



Kuvio 4. Rakennushankkeen eri toteutusmuodot ja niiden vastuunjakautuminen (Kuosa 2002)

4.2 Rakennesuunnitteluprosessi ja sen laadunvarmistus

Rakennesuunnittelijan vastuulla on rakennuksen rakennustekniset suunnittelu-tehtävät. Rakennesuunnittelijan tehtäviin voi lukeutua hankkeesta riippuen muun muassa perustus-, runko- ja rakenneratkaisujen kehittäminen, rakenteiden mitoi-

tus sekä rakennuksen toteutettavuuden ja rakennusfysikaalisen toimivuuden varmistaminen. Tehtävät voidaan jaotella rakenne- ja tuoteosasuunnitteluun sekä geotekniseen suunnitteluun. Jos rakennesuunnitteluun osallistuu useampi henkilö, tulee MRL 132/1999 mukaan rakennushankkeeseen ryhtyvän nimetä näistä yksi vastaavaksi rakennesuunnittelijaksi. (RT 10-11222 2016.)

Rakennesuunnittelijan tehtävät on määritelty ohjekortissa RT 10-11128 Rakennesuunnittelun tehtäväluettelo RAK12. Luetteloon on merkitty K-kirjaimella tehtävät, jotka kuuluvat vain korjausrakentamisen hankkeisiin. Sähköisiin tehtäväluetteloihin on liitetty kunkin tehtävän työmäärän mitoitusperusteet, joiden avulla palveluntoimittaja voi hinnoitella palvelunsa. Tehtäväluettelon käyttö onnistuu eri toteutusmuotojen kanssa, jolloin suunnittelusopimukseen valitaan kulloisenkin hankkeen toteutusmuodon edellyttämät tehtävät. Tehtäväluetteloon on merkitty asiantuntijatehtäviä, joissa rakennesuunnittelija voi tarpeen vaatiessa avustaa tilaajaa hankkeen valmisteluvaiheessa. (RT 10-11105 2013.)

Rakentamisen laatu on jaoteltavissa prosessin laatuun ja lopputuotteen laatuun. Hyvä prosessin laatu johtaa usein myös hyvään lopputuotteeseen. Tilaaja vastaa prosessin laadusta määrittämällä vaaditut laatu- ja muut tavoitteet sekä varmistamalla riittävät resurssit tavoitteiden saavuttamiseksi. Suunnittelu muodostaa osansa prosessin laadusta yhdessä rakennuttamisen, tuotannon ja käytön sekä näiden välisen kommunikoinnin kanssa. Rakennuksen laatu muodostuu teknisistä, toiminnallisista, ekologisista sekä visuaalisista tekijöistä. (RIL 240-2006.)

Laadukkaan rakennesuunnittelun perusvaatimuksina on muun muassa yksiselitteinen suunnittelutehtävän määrittely sekä riittävät lähtötiedot, mikä tilaajan tulisi huomioida suunnittelupalvelun hankintavaiheessa. Rakennesuunnittelupalvelun tarjoajat arvioivat tarvittavan kokonaistyötuntimäärän tilaajan asettamiin tavoitteisiin pääsemiseksi tarjouspyyntövaiheessa. Tämä tarkoittaa, että suunnittelijoiden työmäärät pyritään mitoittamaan mahdollisimman jatkuviksi tilaajan esittämän aikataulun perusteella. Usein tämä ei kuitenkaan onnistu, vaan kiire jakaantuu epätasaisesti eri suunnitteluvaiheille. Rakennesuunnittelun tuntimäärän arvioinnissa tulisi huomioida kaikki rakennusprosessin vaiheet sekä mahdollisten käyttäjä-

muutosten ja kokouksien viemä aika. Myös mahdollinen lähtötietojen keräämiseen tai kuntotutkimuksien suorittamiseen kuluva aika tulisi olla selvillä. (Klemetti 2010.)

Eri suunnittelualojen tiedonsiirrossa tulisi huomioida vaiheistus. Perussääntönä tulisi pitää koko hanketta mitoittaessa 2 viikon vaiheistusta. Rakennesuunnittelijalla voi olla esimerkiksi arkkitehdille kysymyksiä tai vaihtoehtoisia ratkaisuehdotuksia, jonka vuoksi hän ei voi aloittaa omaa suunnitteluaan heti arkkitehtisuunnitelmien saavuttua. Tämä, sekä suunnitelmien kierrätykset ja ristiin tarkastukset eri suunnitteluosapuolien välillä, tulee ottaa huomioon suunnitteluajatauluissa. Kunkin suunnittelijan on siis kyettävä arvioimaan oman työmääränsä lisäksi edellä mainitut vaiheet, mitoittamaan resurssit ja sitomaan suunnitteluajat yhteiseen aikatauluun. (Klemetti 2010.)

Riskiarvio on rakennesuunnittelun laadunvarmistuksen ensimmäinen tehtävä. Se pitää sisällään lähtötietotarpeiden määrittämisen sekä riskien toteutumista estävien toimenpiteiden sisällön ja laajuuden kartoituksen. Riskienhallinta korostuu erityisesti korjausrakentamisessa. Sisällölliset, ajalliset sekä taloudelliset riskit ovat korjausrakentamisessa usein suurempia kuin uudisrakentamisessa. Korjausrakentamisessa korostuvat myös suunnittelupanosten mitoitus ja ajoitus. Tarpeellisten lähtötietojen ollessa vajavaisia tai myöhässä lisääntyy riski suunnittelun epäonnistumiseen. Rakennesuunnittelijan olisi informoitava myös tilaajaa mahdollisista riskeistä. Mikäli lähtötietojen hankinta ja mittaukset ovat sopimuksen mukaan rakennesuunnittelijan vastuulla, on rakennesuunnittelijan suunniteltava riskienhallinta sekä keinot, joilla lähtötietojen riittävä tarkkuustaso varmistetaan. Yrityksen laatujärjestelmä, rakennesuunnittelijan pätevyys sekä hankekohtainen kelpoisuus tehtävän vaativuuteen nähden ovat kaikki avainasemassa suunnitteluprosessin laadunvarmistuksessa. (RIL 240-2006; RT 13-11120 2013.)

Rakennesuunnittelun avulla pyritään heti alkuvaiheessa luomaan mahdollisimman tarkat puitteet eri toteuttamismahdollisuuksille, jättäen kuitenkin joitakin asioita olettamusten varaan. Näitä asioita tarkennetaan myöhemmässä vaiheessa tietojen lisääntyessä. Korjausrakennesuunnittelun alustavassa vaiheessa suunnittelija selvittää yleensä arkkitehdin luonnosten tai muiden suunnittelukohteesta

saatavilla olevan materiaalin pohjalta tarvittavat tiedot rakenteista ja kohteesta. (RIL 174-1 1988.)

Rakennesuunnittelun laatu on avainasemassa pyrittäessä laadukkaaseen tuotantoprosessiin sekä lopputuotteeseen. Hyvä rakennesuunnittelu perustuu syvälyliseen tekniseen osaamiseen. Rakennesuunnittelijalla on vastuu suunnitelmien ratkaisujen oikeellisuudesta niiden kestävyden, toiminnallisuuden sekä toteutettavuuden osalta. Suunnittelussa tulisi tunnistaa materiaalien erityispiirteet sekä tehdä vertailua ja optimointia eri vaihtoehtojen välillä. Asiakirjojen tulisi olla selkeitä ja sisällöltään kattavia, sekä suunnitelmien yhteneviä muiden suunnittelejaosapuolien suunnitelmien kanssa. Suunnitelmaratkaisuissa olisi pyrittävä kustannustehokkaasti toteutuskelpoisiin ratkaisuihin. Rakennesuunnittelun tulisi pyrkiä sekä tilaajan asettamiin, että yleisiin laatutavoitteisiin, sekä noudattaa sovitutuja aikatauluja. (RIL 240-2006.)

Vaaditut laatutavoitteet voivat kuitenkin joskus olla ristiriidassa asetettujen aikarajoitteiden kanssa. Tilaajan tulisikin tiedostaa mahdollinen aikataulun kireystaso sekä siitä aiheutuvat riskit, eikä lyhentää suunnittelun kestoa laadun kustannuksella. Hankkeiden valmistumispäivämäärät määritellään yleensä toiminnallisten ja kaupallisten tavoitteiden perusteella sekä tilaajaorganisaation ylimmän johdon taholta. Välitavoitteet tulisikin vastaavasti määritellä teknisten riippuvuuksien kautta. Jos näin ei tehdä, syntyy hankkeen aikana väistämättä vaikeuksia aikataulujen ja resurssien kanssa. Tilaajan olisikin syytä arvioida aikataulun ja välitavoitteiden riskit. (Klemetti 2010.)

Vastaavan rakennesuunnittelijan tulee laatia asiakirjaluettelo, josta käy ilmi rakennesuunnitelmien laajuus. Vastaavan rakennesuunnittelijan laadunvarmistustehtäviin kuuluu omien töidensä rakenneteknisestä laadusta huolehtiminen, sekä niiden yhteensovittaminen eri suunnittelejaosapuolien rakennesuunnitelmien kanssa. Rakennesuunnittelijan vastuulla on toimittaa osarakennesuunnitelmien laatijoille riittävät lähtötiedot suunnittelusopimusten mukaisesti ja varmistaa, ettei tiedoissa ole epäselvyyksiä. Osarakennesuunnitelmien tarkastuksessa tulisi käydä läpi niiden kattavuus ja yhteensopivuus liittyvien rakenteiden kanssa. Suunnittelijalla tulisi olla käytössään oma sisäinen laadunvarmistus- ja asiakirjo-

jen tarkastusmenettely. Näiden lisäksi vastaavan rakennesuunnittelijan laadunvarmistustoimenpiteisiin kuuluu osallistuminen työmaa-, tuotanto- ja vastaanotto-tarkastuksiin. (RIL 240-2006.)

Lähtötietojen jatkuva hankinta ja arviointi, suunnittelijoiden välinen tiedonvaihto, suunnittelupäätösten kiireellisyys sekä laadunvarmistuksen merkitys korostuvat korjaushankkeen suunnittelussa. Isoissa hankkeissa voi olla perusteltua nimetä suunnittelun laaduvastaava, joka valvoo ja varmistaa pääsuunnittelijan alaisuudessa, että hyviksi havaittuja rutiineja ja ratkaisuja sovelletaan myös käytännössä. (RT 13-11120 2013.)

Korjausrakentamisessa tilanteet muuttuvat enemmän ja useammin kuin uudisrakentamisessa. Tiedonhallinta ja -välitys onkin keskeisessä roolissa rakennesuunnittelun laadunvarmistuksessa. Tiedonsiirron menettelytavoista, kuten tiedostoformaateista, tulee sopia suunnittelijoiden kesken jo projektin alussa. Käytettävillä tiedostomuodoilla voi olla vaikutusta projektin työmääriin, minkä vuoksi niistä olisi hyvä olla käsitys jo suunnittelun tarjousvaiheessa. Tietoa tulee siirtyä suunnittelijoiden, toteuttajien, rakennuttajan ja laadunvalvojen välillä, sekä varmistaa, että se tavoittaa kaikki asianosaiset. Siitä tulisi lisäksi jäädä merkintä laadunvalvonta-asiakirjoihin. Selkeiden tiedonkulun menettelyiden määrittelyllä varmistetaan tiedonvälityksen riittävyys ja oikea-aikaisuus. Pääsuunnittelijan vastuulla on varmistaa tiedonsiirto eri suunnittelijaosapuolten välillä muun muassa tiedonvaihtoaikataulun avulla. Rakennesuunnittelun osalta vastuussa on vastaava rakennesuunnittelija. Projektipankki helpottaa suunnitteluasiakirjojen hallintaa. Suunnittelukokouksissa laadittavilla muistioilla varmistetaan lisäksi tiedonsiirto eri osapuolten välillä. (RIL 240-2006; RT 13-11120 2013.)

Aikatauluihin liittyviä viiveitä voidaan ennakoida ja poistaa, kun niihin liittyvät syyt tunnistetaan:

- lähtötiedot ovat puutteelliset tai niitä ei ole saatu
 - o suunnittelijan omat ehdotukset, kirjalliset kysymyslistat
- suunnittelijoiden välinen tiedonkulku on puutteellista
 - o työpalavereiden lisääminen

- suunnitelmien lähteminen puutteellisena jakeluun, mistä johtuva heikko laatu
 - o keskinäiset katselmukset, pääsuunnittelijan rooli
- muutoksen vieni suunnitelmiin ilman ristiintarkastusta
 - o suunnittelijoiden väliset risteilypalaverit
- suunnittelun valmiusasteen arviointi yläkanttiin yksityiskohtien uupu-essa
 - o suunnitelmapuutteiden hoitaminen säännöllisesti ja viiveiden kasautumisen estäminen
- työmaan aikaisen suunnittelun unohtaminen aikataulusta ja resursseista
 - o kroonisten puutteiden korjaus
- muutoksien vieminen suunnitelmiin ei ole systemaattista
 - o pääsuunnittelija ottaa vastuun ja tarkastaa revisioinnit. (Klemetti 2010.)

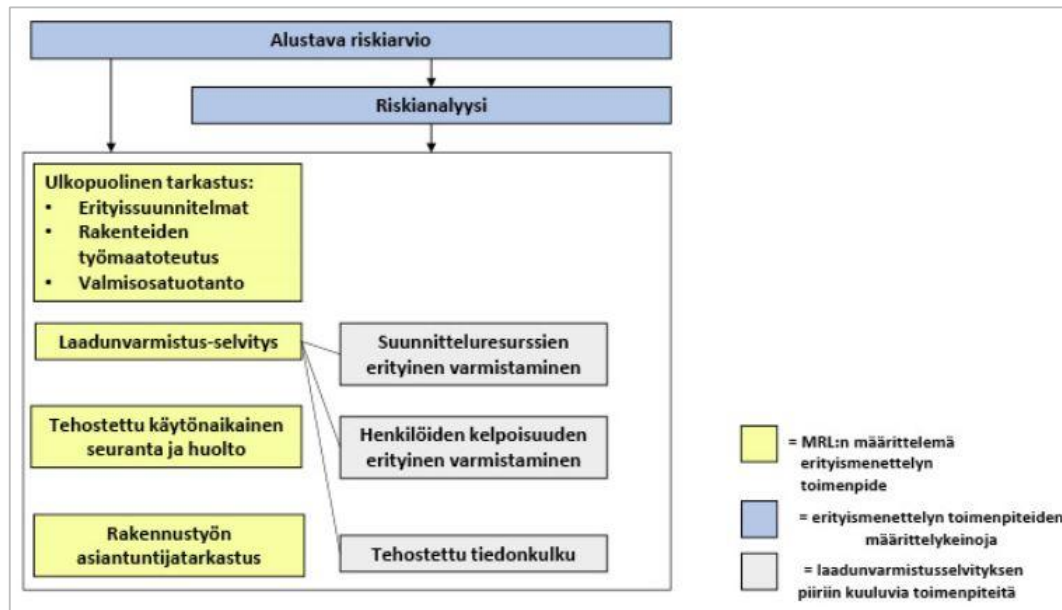
Suunnitelmien muuttaminen ja täydentäminen rakentamisen aikana ovat osa korjausrakentamista. Asiakirjoja joudutaan usein täydentämään ja täsmentämään rakentamisen alkaessa ja sen aikana. Suunnittelunjohdon tulisi rakentamisen aikana varmistaa, että esille tulevat uudet tiedot ovat suunnittelijoiden käytettävissä, suunnitteluresurssit ovat riittäviä myös muutossuunnitteluun ja että suunnitelmien eheys säilyy toisistaan riippuvien osasuunnitelmien välillä. Suunnitelmamuutosten kirjaamiseen tulee laatia yhtenäiset menettelyt, joilla varmistetaan muutosten huomiointi eri osapuolien osalta. Muutosketjun kulku tulisi olla nähtävissä asiakirjoissa ja asiakirjoihin päivittää tarvittavat revisiomerkinnot muutospäivämäärineen ja –nuolineen. Työmaaorganisaation vastuulla on työmaalla tehtyjen muutosten dokumentointi ja vieminen laadunvalvonta-asiakirjoihin. Rakennesuunnittelija tekee suunnitelmiin tarvittavat päivitykset sovittujen muutosten mukaisesti. Lisäksi suunnittelunjohdon tulisi seurata suunnitelmien toteutuskelpoisuutta ja määräystenmukaisuutta, sovitun lupaharkinnan puitteissa toimimista sekä rakentamisen aikaisten muutosten lupien hoitamista viranomaisten kanssa sovitulla tavalla. Rakennuslupien tulisi olla kohteen valmistuessa viranomaisten edellyttämässä kunnossa. (RIL 240-2006; RT 13-11120 2013.)

Työturvallisuutta koskeva yhteistyö urakoitsijan, rakennesuunnittelijan ja suunnittelujohdon välillä korostuu korjaushankkeissa. Korjausrakentamisessa esiintyy oleellisesti enemmän tapaturman riskejä kuin uudisrakentamisessa. Rakenteet saattavat olla epämääräisiä ja vaikeasti tunnistettavia. Rakenteiden avaukset ja purkutyöt sekä purkutöiden yhteydessä paljastuvat heikot kohdat voivat aiheuttaa vaaratilanteita. Väliaikaisia tuentoja voi esiintyä paljon ja kuormia voidaan joutua siirtämään väliaikaisesti esimerkiksi haalausreiteillä. Olemassa oleva rakennus aiheuttaa myös vaatimuksia rakennustöiden vaiheistukselle, palo-osastoinnille, poistumisteille sekä poistettavien ja asennettavien rakennusosien koko- ja painorajoituksille. Nämä tekijät voivat rajoittaa toteutuskelpoisten vaihtoehtojen lukumäärää. Lisäksi rakenteissa voi esiintyä muun muassa ulkopuolisista lähteistä johtuvia heikkouksia tai piileviä haitallisia aineita. (RT 13-11120 2013.)

Rakennuksen käyttöönottovaiheessa vastaavan rakennesuunnittelijan on huolehdittava, että rakennuksen käyttö- ja huolto-ohje on ajan tasalla rakenneteknisten töiden osalta ja että lopulliset rakennesuunnitelmat toimitetaan tilaajalle. Takuuajana rakennuksen toimivuutta tulee seurata ja vastaava rakennesuunnittelija osallistuu muun muassa takuutarkastukseen. (RT 10-11128 2013.)

4.3 Rakenteellisen turvallisuuden varmistus

Rakenteellisen turvallisuuden laadunvarmistuksen taso ja kattavuus kuvataan rakenteellisen turvallisuuden riskiarviossa. Tavanomaisessa kohteessa käytetään yleensä niin sanottua normaalimenettelyä, jolloin muun muassa rakennusvalvonnan kanssa sovitaan tarkastusmenettelyistä sekä rakennusvalvontaan toimitettavista rakennesuunnitelmista. Perustana käytetään laadittua riskiarviota sekä rakennesuunnittelijan omaa laadunhallintajärjestelmää. Jos kohde on vaativa, käytetään MRL 132/1999:ssä määriteltyä rakenteellisen turvallisuuden erityismenettelyä. Kuviossa 5 on kuvattu erityismenettelyyn liittyvät tehtävät. Tähän kuuluvilla erilaisilla laadunvarmistustoimenpiteillä varmistetaan, että kohteen mahdolliset riskit eivät pääse toteutumaan. Näihin toimenpiteisiin lukeutuu muun muassa rakennesuunnitelmien ulkopuolinen tarkastus. Sen suorittaa tekijätahoista riippumaton, pätevä asiantuntija ja sen tulee käynnistyä heti rakennesuunnittelun alkamissa. Erityismenettelyn toimenpiteitä voidaan käyttää myös hankkeissa joissa sitä ei vaadita esimerkiksi viranomaisen vaatimuksesta. (RIL 240-2006.)



Kuvio 5. Erytysmenettelyn tehtävät (Åström 2017)

Rakennesuunnittelijan ja tarkastajan tulee mahdollisimman aikaisessa vaiheessa varmistaa lähtöarvojen ja olettamusten sekä menetelmien ja laskentaohjelmistojen hyväksyttävyyden. Ulkopuolisen tarkastuksella varmistetaan, että laaditut suunnitelmat ovat riittävän kattavia ja että ne täyttävät tavoitellun laatutason. Rakennesuunnitelmien ulkopuolinen tarkastus ei kuitenkaan vähennä rakennesuunnittelijan vastuuta. Mahdollisten korjausten tekemisen helpottamiseksi kaikki suunnittelun tarkastustoiminta tulisi suorittaa ennen rakennuksen tai sen tuoteosien valmistuksen aloittamista. (RIL 240-2006.)

Rakenteellisten turvallisuusriskien lisäksi tulee kohteessa tunnistaa myös muun muassa rakennusfysikaaliseen ja palotekniseen toimintaan sekä työturvallisuuteen liittyvät riskit. Riskien estämisen varmistamiseksi tulee sopia tarvittavista toimenpiteistä sekä tarkastus- ja valvontamenettelyistä. Rakennesuunnittelu on osana näitä toimenpiteitä. Suunnitelmien noudattamisen valvonnan laajuus ja toteutus sovitaan yhdessä rakennesuunnittelijan, rakennusvalvonnan, rakennuttajan sekä urakoitsijan välillä. Erikseen nimetty valvoja suorittaa suunnitelmien yleisvalvonnan, mutta parempaan lopputulokseen päässään, kun rakennuttaja käyttää myös suunnittelijoita valvonnassa. (RIL 240-2006.)

4.4 Rakenteellinen riskianalyysi

Vastaavan rakennesuunnittelijan tehtävä on koordinoida riskianalyysin suoritus, mikäli sellaiselle ilmenee tarvetta alustavan riskiarvion perusteella. Riskianalyysi kattaa rakenteiden suunnittelun, toteutuksen (valmistuksen ja asennuksen) sekä käytön. Riskianalyysin pohjalta määritellään erityismenettelyn toimenpiteet. Riskianalyysi käsittää muun muassa riskien tunnistamisen, niiden mallintamisen todennäköisyys-seuraamus-kuvaajan avulla sekä riskien suuruuksien arvioinnin ja hyväksymisen. (RIL 240-2006.)

Rakenteiden suunnitteluvaiheessa riskit voivat liittyä henkilöresurssien riittävyyteen sekä suunnittelun kattavuuteen. Lisäksi poikkeavat kuormitukset ja kosteusolosuhteet sekä rakennuksen stabiilius voivat luoda riskitekijöitä. Myös rakenteiden muodonmuutokset ja säilyvyys sekä materiaalien ja liitosten todelliset lujuudet suhteessa laskelmiin tulee huomioida riskianalyysissä. (RIL 240-2006.)

Rakentamisen aikana riskitekijöitä liittyy asennukseen, rakennusrungon stabiiliuteen sekä säähän, kuten mahdollisiin sateisiin tai voimakkaisiin tuuliin. Rakennuksen käytön aikana riskit liittyvät suunnitelmista poikkeaviin olosuhteisiin, kuten kuormitukseen tai kosteusolosuhteisiin, kantavuuden mahdolliseen heikkeneeseen tai painumiin ja muodonmuutoksiin. Mikäli esimerkiksi jonkun rakenteen käytön ja ylläpidon todetaan sisältävän riskejä, tulee näiden tekijöiden hallitsemiseksi ryhtyä tehostettuihin käyttö-, ylläpito- ja huoltotoimenpiteisiin. Riskitekijät tulee esittää myös rakennuksen huoltokirjassa. (RIL 240-2006.)

4.5 Tietomallinnus osana laadunvarmistusta

Tietomallinnuksen tavoitteena on YTV 2012, osa 6:n mukaan *suunnittelun ja rakentamisen laadun, tehokkuuden, turvallisuuden ja kestävä kehityksen mukaisen hanke- ja elinkaari-prosessin tukeminen*. Tietomallit ovat osana prosessia lähtien suunnittelun aloituksesta rakennuksen käyttöön ja ylläpitoon. Tietomallien avulla voidaan parantaa muun muassa laadunvarmistusta ja tiedonsiirtoa sekä tehostaa suunnitteluprosessia. Rakennuksen käytössä ja ylläpidossa voidaan rakennushankkeiden tietoja hyödyntää tietomallien avulla. Jokaisessa projektissa tulee tietomallinnukselle määritellä hankekohtaiset vaatimukset sekä tavoitteet mallinnuksen onnistumiseksi. Mallinnuksen tavoitteita voivat olla muun muassa

suunnitelmien havainnollistaminen sekä turvallisuuden parantaminen rakentamisen ja elinkaaren aikana.

YTV 2012:ssa on määritelty mallinnusvaatimukset. Vähimmäisvaatimuksia tulee noudattaa kaikissa rakennushankkeissa, joissa vaatimuksia halutaan käyttää. Näiden vaatimusten lisäksi voidaan esittää tapauskohtaisesti lisävaatimuksia. Suunnittelijan osalta tärkeintä mallinnuksen laadunvarmistuksessa on sisällyttää tietomallinnus osaksi suunnitteluprosessia. Suunnittelu niin sanotusti perinteisin menetelmin ja tietomallinnuksen toteutus vain tilaajan pyynnöstä johtaa suunnittelukustannusten kasvuun eikä tietomalleilla näin pystytä vaikuttamaan suunnitelmien laatuun. Jatkuvalle suunnitelmien laadun tarkastamisella kunkin suunnittelijan toimesta oman laatujärjestelmänsä mukaisesti varmistetaan hyvälaatuiset suunnitelmat. (YTV osa 5 2012.)

Suunnittelutarjouspyyntöihin tulee kirjata mahdolliset suunnittelutehtäviin liittyvät erityisvaatimukset, joihin lukeutuu muun muassa tietomallintaminen ja sen käyttötarkoitus hankkeessa, mallinnustehtävät ja vastuut sekä velvollisuudet. Yksi oleellinen tieto on mallinnuksen tarkkuustaso ja sisältövaatimukset. Jos näitä ei ole kirjattu tarjouspyyntöön, tulee tilaajalta varmistaa tarvittavat tiedot ennen tarjouksen jättämistä. Mallinnuksen tarkkuustasolla on suuri vaikutus suunnittelun kokonaistyötuntimäärään. Rakennesuunnittelun lähtökohtana voidaan käyttää tilattujen suunnittelutehtävien osalta YTV 2012 osaa 5 sekä YTV 2012 täydentävää liitettä RAK Tilaajan ohje tietomallin sisällön ja tarkkuustason osalta. Osan 5 liitteessä on esitetty eri tarkkuustasojen sisältömäärittelyt, joiden riittävyys tulisi tilaajan aina varmistaa. Tilanteessa, jossa tilaaja ei ole tarjouspyynnössä vaatinut tietomallintamista projektissa, tulee suunnittelunjohdon punnita tietomallinnuksesta saatavia hyötyjä suhteessa sen viemään työmäärään. Joskus voi olla, että esimerkiksi teräsrakenteista luotuja tietomalleja ei osata hyödyntää konepajalla tai työmaalla, mutta se voi silti olla paikallaan esimerkiksi rakenne- ja talotekniikan yhteensovittamisessa, jolloin projektin riskienhallinta helpottuu erilaisten törmäystarkastelujen avulla. (YTV osa 11 2012.)

Inventointimalli on olemassa olevan rakennuksen tietomalli. Se mallinnetaan arkkitehtisuunnittelun mallintamisperiaatteiden mukaisesti. Tavoite on, että arkkitehti voi käyttää inventointimallia suoraan suunnittelun pohjana. Myös rakenteista ja

talotekniikasta voidaan tehdä tarvittaessa omat inventointimallit. Inventointimallin lähtötietona voidaan käyttää laserkeilaus-, laseretäisyys- sekä takymetrimittauksia. Laserkeilauksella saadun pistepilvimallin etuna on mittojen saanti suoraan koordinaatistoon. Mitta-aineiston oikeellisuus on myös todennettavissa visuaalisesti. Myös takymetrimittauksella mitat ovat koordinaatistossa, mutta mittauksien ja inventointimallin oikeellisuuden tarkastaminen visuaalisesti on vaikeaa. Luotettavan inventointimallin lähtötietona tulisi olla vähintään takymetrimittaus, mutta se soveltuu lähinnä geometrisesti yksinkertaisten kohteiden inventointiin. Laseretäisyysmittauksen mitat eivät ole koordinaatistossa, eikä niiden pohjalta voi tehdä luotettavaa inventointimallia, ja lisäksi mittojen oikeellisuuden tarkastus vaatii uudelleenmittauksen. Laserkeilausmittauksen pohjalta luodun inventointimallin avulla lähtötiedot ovat luotettavat, millä vältetään uudelleensuunnittelua. Lisä- ja muutostyöt vähenevät, koska suunnitelmat ovat virheettömämpiä ja paremmin yhteensovitetuja. (YTV 2 2012; Rajala 2017.)

Inventointimallille on asetettu YTV 2012 osa 2:ssa tarkkuustasot. Vanhojen rakenteiden vinoudesta, kaltevuudesta tai muusta epämääräisestä geometriasta johtuen inventointimallien pyrkimys absoluuttiseen tarkkuuteen ei ole järkevää. Käytettävä mallinnustarkkuus sovitaan aina projektikohtaisesti ja siitä tulisi olla käsitys jo suunnittelun tarjousvaiheessa. Inventointimallin eri tarkkuustasot ovat tilamalli sekä tason 2 ja 3 rakennusosamallit. Tilamalli toimii yhdessä piirustuksien kanssa tutkimuksien ja hankesuunnittelun lähtötietoina. Tason 2 rakennusosamalli on inventointimallin perustaso, jota tarvitaan hankesuunnitteluvaiheen jälkeen tai ehdotussuunnitelmatasojen hankesuunnitelmien laatimiseen. Tason 3 rakennusosamallia käytetään monimuotoisissa, esimerkiksi rakennus-suojelullisissa kohteissa. Siinä detaljitasoa on tarkennettu tasoon 2 verrattuna ja lisätty mallinnettavia rakennusosia. (YTV osa 2 2012.)

Laadunvarmistus tulee olla osana mittauksia sekä inventointimallin luomista. Ennen mallinnuksen aloitusta tulee mittausaineistosta varmistaa muun muassa oikea koordinaatisto, mittausaustarkkuuden vaatimustenmukaisuus sekä mittausmenetelmän, -tarkkuuden ja -ajankohdan kirjaukset. Esimerkiksi koordinaatiston muunnoksista voi aiheutua virheitä, mikä tulee huomioida kaikkien osapuolien riittävällä tiedottamisella. Inventointimalli ja siitä tuotetut muut dokumentit tulee

tarkastaa ennen toimitusta tilaajalle. Tarkastajalla tulee olla riittävä asiantuntijuus ja tarkastuksessa tulee hyödyntää sopivaa ohjelmistoa. Inventointimallista tarkastettavia asioita ovat muun muassa mallin mittatarkkuus, tilojen ja rakennusosien mallinnuksen vaatimustenmukaisuus sekä mallin tekninen vaatimustenmukaisuus. (YTV osa 2 2012.)

Korjausrakennuskohteessa tietomallinnuksen laajuuteen ja tarkkuuteen vaikuttaa mahdollisen lähtötietomallin soveltuvuus rakennesuunnittelijan hyödynnettäväksi. Lähtötietomallin puuttuessa tai sen tietojen ollessa riittämättömät rakennesuunnittelija voi mallintaa olemassa olevat rakenteet. Lähtötietojen hankinta ja tarkkuus sovitaan tilaajan sekä tarvittaessa yhdessä projektiryhmän kanssa niin, että inventointimalli palvelisi mahdollisimman hyvin tavoitteita. Mittauksia ja tutkimuksia tehtäessä sekä sovittaessa inventointimallille asetettavista sisältövaatimuksista tulisi ottaa huomioon kohteen senhetkinen käyttötilanne. Esimerkiksi piilossa olevien rakenteiden mittaus vaatii rakenneavauksia, joiden toteutus voi olla vaikeaa rakennuksen ollessa käytössä. Tapauskohtaisesti tulee sopia, kenenellä on vastuu lähtötietojen hankinnasta ja oikeellisuudesta, sekä lähtötietojen riittävästä tarkkuustasosta. Rakennesuunnittelijan tekemän lähtötietomallin tulisi noudattaa YTV 2012 osa 2:ssa kuvattuja mallinnusvaatimuksia. Rakennesuunnittelija voi käyttää mallinnuksen lähtötietoina myös vanhoja rakennepiirustuksia. Tällöin tulee huomioida mahdolliset vanhojen suunnitelmien epätarkkuudet ja niiden vastaavuus mallinnuksen tarkkuusvaatimuksiin. (YTV osa 2 2012; YTV osa 5 2012.)

Tietomallintamisella voidaan helpommin varmistaa suunnitelmien laatu perinteisiin menetelmiin verrattuna. Esimerkiksi eri suunnittelumalleista koottuja yhdistelmämalleja tarkastelemalla voidaan virheet löytää helpommin, koska geometria on todenmukaisempaa ja kokonaisuus näin visuaalisemmin hahmotettavissa kuin perinteisissä piirustuksissa. Tilaaja määrittelee vaiheet, jolloin tietomallit tarkistetaan tietomallivaatimusten osa 6:n mukaisesti. Tällöin jokainen suunnittelija tarkastaa oman suunnittelutietomallinsa ennen virallista laadunvalvontaa. Tietomallikoordinaattorin vastuulla on tietomallien virallinen laadunvalvonta. (YTV osa 1 2012.)

Perinteisiin dokumentteihin verrattuna IFC-mallien avulla tiedonsiirto parantuu, mikä johtaa suunnitteluprosessin tehostumiseen sekä virhemahdollisuuksien pienenemiseen. Samalla myös vaatimukset tiedon oikeellisuudelle kuitenkin kasvavat. IFC-mallien avulla saadaan prosessia läpinäkyvämmäksi useamman henkilön seurattessa ja tarkastellessa suunnittelua sekä löytäessä mahdollisia ongelmakohtia. Tämä johtaa parempaan lopputulokseen sekä asiakastyytyväisyyteen. (YTV osa 5 2012.)

Rakennusvaiheessa oleellimmat tietomallintamisella tuotettavat asiat ovat toteutumamallit ja huoltokirja. Tietomallihankkeen lopussa on varmistettava, että rakentamisen aikaiset muutokset on viety malleihin ja että ne vastaavat toteutunutta rakennusta. Muutostiedot toteutumamalleista tulee urakoitsijalta. Suunnittelutarjouspyynnössä voidaan määritellä myös urakoitsijalta vaadittavia toteutumamalleja, joiden pääasiallinen käyttötarkoitus liittyy rakennuksen käyttöön, huoltoon ja korjauksiin. Tietomalliin pohjautuvat huoltokirjat ovat vielä kehitysasteella ja toistaiseksi niitä on vaadittu vain poikkeustapauksissa. (YTV osa 1 2012.)

5 Haastattelututkimus

5.1 Lähtötilanne ja tavoitteet

Opinnäytetyön idea syntyi yrityksen tarpeesta kehittää sisäistä laadunhallintaa korjausrakentamisen projekteissa, joissa suunnitellaan teräsrakenteita. Teräsrakenteiden suunnittelun laadunvarmistuksesta tai niiden käytöstä korjausrakentamisessa ei ollut kattavaa valmista aineistoa saatavilla, minkä vuoksi aihetta päädyttiin tutkimaan haastattelu- ja kyselytutkimusten avulla. Haastattelututkimuksen tavoitteena oli selvittää asiantuntijoiden omakohtaisia kokemuksia teräksen käytöstä erilaisissa korjausrakentamisen projekteissa. Haastatelluilta saatujen vinkkien, kehitysehdotuksien ja kokemusperäisen tiedon pohjalta pyrittiin rakennussuunnitteluprosessin laadunvarmistuksen ja riskienhallinnan kehittämiseen.

5.2 Menetelmän valinta ja toteutus

Tutkimukset päätettiin toteuttaa kahdessa vaiheessa sekä henkilökohtaisten haastatteluiden että kyselylomakkeiden avulla. Ensin järjestettävällä haastattelututkimuksella pyrittiin kokemusperäisen tiedon kautta tuomaan esille erilaisissa korjausrakentamisen projekteissa esiintyneitä onnistumisia sekä haasteita. Haastatteluiden tulosten pohjalta suunniteltiin ja toteutettiin kyselytutkimus, jolla tähdättiin suuremman asiantuntijajoukon mielipiteiden, kokemusten ja mahdollisten kehitysehdotusten selvittämiseen.

Haastattelututkimus suoritettiin kvalitatiivisen tutkimusmenetelmän mukaisesti. Tutkimuksella pyrittiin syvällisempään ymmärrykseen tutkittavasta aiheesta haastattelemalla suppeaa joukkoa. Tutkimuksessa haastateltiin yrityksen sisäisesti yhteensä kuutta henkilöä eri aluekonttoreilta. Haastateltavat valikoituivat yrityksen sisältä kollegoiden suositusten perusteella. Ajatuksena oli haastatella henkilöitä, jotka toimivat joko projektipäällikön tai suunnittelijan tehtävissä. Kokeuksia pyrittiin saamaan sekä projektinjohdon että käytännön suunnittelutyön näkökulmasta. Valikoiduille henkilöille lähetettiin haastattelupyyntö sähköpostitse sekä lista alustavista haastattelukysymyksistä, joiden avulla he pystyivät halutesaan etukäteen perehtymään haastattelun sisältöön ja keskeisiin asioihin.

Haastattelut toteutettiin Skype-ohjelman välityksellä. Skypessä oli työkalu, jonka avulla haastattelut pystyttiin nauhoittamaan. Kaikki haastateltavat antoivat suostumuksensa nauhoittamiseen. Tämä säästi aikaa muistiinpanojen tekemiseltä, mahdollisti keskittymisen itse haastattelutilanteeseen sekä helpotti haastatteluiden läpikäyntiä ja analysointia jälkeenpäin. Haastatteluiden kesto vaihteli puolesta tunnista tuntiin.

Haastatteluiden toteutustyyliksi valittiin teemahaastattelu. Tässä haastattelutyylissä ei ole tarkasti ennalta määriteltyjä kysymyksiä, vaan haastattelu etenee teemoittain eri aihepiirien välillä. Teemahaastattelussa pyritään luomaan keskustelunomainen tilanne, jossa käydään kuitenkin kaikkien haastateltavien kanssa samat ennalta määritetyt teemat läpi. Teemojen käsittelyjen järjestys ja laajuus voivat kuitenkin vaihdella eri haastateltavien kesken. (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2006.)

Teemahaastattelu vaatii haastattelijalta tarkkaa etukäteen perehtymistä aihepiiriin, jotta haastattelu voidaan kohdentaa oikeisiin teemoihin. Haastateltavien valinnassa tulee miettiä, keiltä saadaan parhaiten aineistoa tutkittavasta ilmiöstä. Tutkimuksen analysoinnissa teemat luovat hyvän jaottelupohjan. Teemat, jotka osoittautuvat lopulta tutkimustuloksia parhaiten jäsentäviksi, voivat kuitenkin olla toiset kuin mitä tutkimuksen suorittaja on etukäteen asettanut. (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2006.)

5.3 Tulokset

Haastattelut litteroitiin nauhoitteiden avulla. Litterointitavaksi valittiin peruslitterointi, jolloin puhe kirjoitetaan nauhoitteelta sanatarkasti ylös, mutta siitä jätetään pois täytesanat, toistot, keskenjääneet tavut sekä esimerkiksi kontekstiin liittymättömät asiat (Tietoarkisto 2017). Tähän työhön haastateltujen vastaukset koottiin yhtenäisiksi asiakokonaisuuksiksi, minkä avulla saatiin paremmin hahmoteltua aiheeseen liittyviä teemoja ja niihin vaikuttavia tekijöitä.

Haastateltujen projekteissa yleisimmät teräksen käyttökohteet korjausrakentamisessa olivat olleet uusien ilmanvaihtokonehuoneiden rakenteet sekä olemassa olevien rakenteiden vahvistukset. Lisäksi terästä oli käytetty muun muassa aukkojen tuennoissa, yläpohjan ristikkorakenteissa sekä parvekkeiden, katosten, julkisivujen ja hissikuilujen tukirakenteina. Teräksen valinta kohteiden rakennusmateriaaliksi oli perustunut muun muassa teräksen keveyteen suhteessa sen lujuuteen. Teräsrakenteiden hyväksi puoliksi nousi myös kiilausmahdollisuus sekä teräsrakenteiden mittatarkkuudesta johtuva jatkoasennusten varmuus.

Sekä teräksellä että korjausrakentamisella on monia erityispiirteitä, jotka tulee ottaa huomioon rakennesuunnitteluprosessin aikana. Teräsrakenteiden liitokset ovat yleensä pulttiliitoksia, jotka ovat erittäin mittatarkkoja pienien toleranssien vuoksi. Sen sijaan olemassa olevien rakenteiden mitat eivät kovinkaan usein vastaa vanhoja suunnitelmia, ja myös mittamiehen ottamissa mitoissa voi olla epätarkkuutta. Tämä lähtötietojen epätarkkuus olisi huomioitava suunnitellessa teräsrakenteita ja niiden liitoksia olemassa oleviin rakenteisiin. Yleensä tämä mittatarkkuuksien epätasapaino ratkaistaan teräsrakenteiden liitosten toleransseilla tai erillisillä liitososilla.

Kun korjauskohteena oleva rakennus on käytössä, voi lähtötietojen selvittäminen ennen rakennustöiden aloitusta olla hankalaa. Rakenneavaukset ovat yleinen tapa selvittää tietoja piilossa olevista rakenteista sekä mahdollisista haitta-aineista. Rakenneavausten suoritusten laatu onkin avainasemassa suunnittelun onnistumisen varmistamisessa.

Teräsrakenteet toimitetaan yleensä työmaalle esivalmistettuina valmiina kokoonpanoina. Jos kokoonpanot tuodaan olemassa olevaan rakennukseen sisäkautta tai muuten ahdasta reittiä, tulisi suunnittelijan varmistaa kokoonpanon kuljetettavuus kohteeseen ja tarvittaessa jakaa se pienempiin osiin, jolloin osat kootaan vasta sisätiloissa. Myös nostokalusto voi asettaa rajoitteita teräsrakenteiden kokoonpanoille muun muassa painorajoitusten ja ulottuvuuksien suhteen. Tilan ahtaus tai hankala saavutettavuus voi myös toisaalta rajoittaa nostokaluston käyttöä, ja jo suunnitteluvaiheessa tulisi miettiä teräsrakenteiden asennusjärjestys ja -osat. Isot teräsosat saattavat painaa yli 500 kg, mikä hankaloittaa niiden siirtelyä ja asennusta varsinkin ahtaisiin paikkoihin. Asennuksessa on myös huomioitava työturvallisuus. Yksi vaihtoehto asennettavuuden helpottamiseksi on hyödyntää pienempiä asennusosia eli niin sanottuja asennusadaptereita, jotka liitetään ensin olemassa oleviin rakenteisiin. Tämän jälkeen isommat kokoonpanot nostetaan ja liitetään asennusosiin. Asennusosien suunnittelussa tulisi huomioida mahdollinen vanhojen rakenteiden poikkeaminen myös materiaaleiltaan oletetuista. Esimerkiksi hauraaseen tiiliseinään kiinnitys vaatii enemmän kiinnikkeitä kuin tiiviimpään betoniseinään. Liitososien suunnittelussa suuri merkitys on liitososasuunnittelijan pätevyydellä.

Arkkitehtien tehtävänä on määrittää rakennusten ja rakenteiden palonkestovaatimukset, jotka rakennesuunnittelijan tulee huomioida rakenteiden palomitoituksessa ja -suojauksessa. Teräsrakenteiden palosuojauksen valinnassa määrävin tekijä on yleensä rakenteen muoto ja sijainti. Esimerkiksi hankalissa ristikkorakenteissa ainut palosuojausvaihtoehto voi olla palosuojamaalaus. Ohutseinämäisten rakenneputkien palosuojaus on usein hankala toteuttaa, ja palosuojamaalien ainekerrospaksuuksista tulee usein turhan paksuja. Tällöin järkevämpi ratkaisu on kasvattaa teräsprofiilin seinämäpaksuutta ja näin ohentaa maalikerroksen paksuutta.

Teräsrakenteita on joskus hankala muokata työmaalla, ja esimerkiksi työmaahitsausten kohdalta rakenteiden mahdolliset palosuojamaalit on uusittava. Teräsrakenteiden liitosdetaljiikan suunnittelu tulisikin tehdä huolella, jotta välttyttäisiin työnaikaisilta muutostöiltä. Työmaille ei tulisi ottaa niin sanottua varastotavaraa, jota myöhemmin sovitellaan ja hitsataan paikoilleen. Esimerkiksi erilaiset lisäripustuksien tai nostokaluston vaatimat korvakkeet olisi huomioitava suunnitteluvaiheessa. Teräsrakenteiden muuntojoustavuus kärsii, jos lisäripustuksien aiheuttamia kuormia ei osata huomioida suunnitteluvaiheessa.

Teräsrakenteiden hitsaus ja katkaisu työmaalla aiheuttavat aina palovaaran. Teräsrakenteiden sijoituspaikassa voi olla myös syttyviä materiaaleja, esimerkiksi puurakenteisia välipohjia, mikä voi estää kipinöitä aiheuttavien toimenpiteiden suorittamisen kokonaan. Tämän vuoksi teräsrakenteet tulisikin suunnitella mahdollisimman muuntojoustaviksi. Yksi vaihtoehto välttää teräsrakenteiden katkaisuja työmaalla on tehdä rakenne kahdesta eri kokoisesta sisäkkäin menevästä putkiprofiilista, joiden pituus voidaan työmaalla säätää oikeaan mittaan.

Tietomallintaminen on teräsrakenteiden kohdalla eduksi muun muassa teräsrakenteiden tarkan detaljiikan vuoksi. Mallintaminen tuo tehokkuutta suunnitteluun, ja sen avulla piirustukset ovat tarkempia sekä nopeampi tehdä. Hankalat kohdat sekä ahtaat tilat, joiden tarkastelu 2D:nä on vaikeaa, on helpompi havainnoida mallintamalla, mikä helpottaa myös ongelmakohtien ratkaisua. Yksi keino saada olemassa olevien rakennusten mittamaailma selville on laserkeilaus, josta syntyvä pistepilvimalli voidaan viedä suoraan mallinnusohjelmaan. Pistepilvimalli viedään yleensä Revit-ohjelmaan, kun taas teräsrakenteiden suunnittelussa käytetään monesti Tekla Structures -ohjelmaa. Mahdollisten rakenteiden yhteentörmäysten välttämiseksi tulisi mallien yhdistelyä tehdä riittävän usein.

Laserkeilauksen etuna rakenteiden mittauksissa on tarkkuus, ja sen avulla saadaan selville myös sellaisten rakenteiden sijainti ja mitat, joita ei olisi muussa tapauksessa esimerkiksi mittamieheltä edes ymmärretty pyytää. Esimerkiksi vanhat talotekniikan osat voivat paljastua laserkeilauksen avulla. Huonona puolena laserkeilauksessa on mittauksen suoritus yleensä silloin, kun rakenteiden pintamateriaalit ja jopa rakennuksen kalusteet ovat vielä paikoillaan. Tämä ei tuo

suurta hyötyä rakennesuunnittelijalle, jos tietoa tarvitaan piiloon jäävistä kantavista rakenteista. Tapauksissa, joissa pistepilvimallin tietoja käytetään välttämässä osumasta olemassa oleviin rakenteisiin, mallista on ollut kuitenkin hyötyä. Aikataulujen ja kustannusten salliessa laserkeilaus voitaisiin toteuttaa vaiheessa, jossa tarvittavat pintapurkutööt on jo suoritettu.

Tapauksissa, joissa lähtötietoja ei ole saatu riittävän tarkasti selvitettyä, joudutaan suunnittelua viemään eteenpäin tietyillä olettamuksilla. Tällöin tulee suunnittelijan valita keino, jolla teräsrakenteiden asennettavuus ja sopivuus kohteeseen varmistetaan. Suurimpia urakkaan vaikuttavia kustannustekijöitä ovat tilanteet, joissa työmaalle saapuva osa ei sovikaan sille tarkoitettuun paikkaan. Näihin ovat usein olleet syynä joko konepajalla tai liitossuunnittelussa tapahtuneet virheet, esimerkiksi pultin reiän puuttuminen tai osan puuttuminen kokoonpanosta. Tällöin osa tulee lähettää korjattavaksi tai korjata työmaalla. Erilaisia asennettavuuden varmistuskeinoja voivat olla erillisten liitososien ja kuormansiirtorakenteiden käyttö tai teräsrakenteiden suunnittelu mahdollisimman muuntojoustaviksi. Vaihtoehtoiset suunnitelmat ovat myös yksi keino varautua vanhojen rakenteiden poikkeamiin oletetusta. Esimerkiksi välipohjan tuentaan tarkoitettujen teräspalkkien jakoa tai poikkileikkauksen kokoa voidaan muuttaa purkutöissä selvinneiden todellisten rakenteiden perusteella.

Suunnittelusopimuksesta riippuen voi tuoteosasuunnittelu joko kuulua tai olla kuulumatta rakennesuunnittelijan tehtäviin. Jos tuoteosasuunnittelun suorittaa ulkopuolinen taho, tulee rakennesuunnittelijan toimittaa tuoteosasuunnittelijalle tietyt lähtötiedot. Näihin kuuluu yleensä muun muassa tiedot palkki- ja pilarikoista, rungon pääliitoksista sekä kuormista, jolloin tuoteosasuunnittelijan vastuulle jää rakenteiden sovittaminen yhteen olemassa olevien rakenteiden kanssa. Jos tuoteosasuunnittelun suorittaa rakennesuunnittelija, kuuluu rakenteiden liitettävyyden ja asennettavuuden varmistus hänelle. Ennen tuoteosasuunnittelua tulisi työmaalla mahdollisuuksien mukaan suorittaa tarkentavien lähtötietojen saamiseksi joko laserkeilaus tai tarkemittaukset. Tärkeässä osassa suunnitelmien laadunvarmistusta on tuoteosasuunnitelmien tarkastus, joka kuuluu rakennesuunnittelijalle. Joissain tapauksissa esimerkiksi liitosta on voitu yksinkertaistaa ja muokata

alkuperäisestä tuoteosasuunnittelun yhteydessä, jolloin sen kapasiteetti ei enää ole ollut riittävä.

Teräsrakenteiden toimitusajat ovat usein pitkiä, ja mahdollisten virheellisten teräsosien johdosta voi työmaan aikataulut kärsiä. Betonista tai puusta tehtynä tarvikkeet löytyvät usein helposti työmaalta ja niitä on helppo soveltaa eri käyttötarkoituksiin. Uuden teräsosan tilaaminen voi viedä aikaa ja muun muassa ylimääräisten hitsiliitosten toteuttaminen vaatii tarkastustoimintoja, pintakäsittelyjen uusimista sekä paloasioiden huomioon ottamista.

Olemassa olevissa rakenteissa voi olla rakenteellisia yksityiskohtia, esimerkiksi liikuntasauvoja, joiden sijainnit kannattaisi selvittää mahdollisimman aikaisessa vaiheessa hanketta. Tämä helpottaa uusien rakenteiden suunnittelua ja voi tuoda näin huomattavia kustannussäästöjä. Tilanteessa, jossa suunnittelu on jo pitkällä, ei tilojen sijoitteluun välttämättä pystytä enää vaikuttamaan. Tämä voi johtaa monimutkaisiin liitos- ja kannatusratkaisuihin esimerkiksi tilanteessa, jossa uuden IV-konehuoneen rakenteet viedään liikuntasauvojen yli.

Korjausrakentamisessa rakenteiden mitoituksessa olisi suositeltavaa käyttää lisävarmuuskertoimia. Kuormat kannattaa määrittää alussa hieman yläkanttiin ja tarkentaa niitä mahdollisten purkutöiden jälkeen todellisten kuormien selvityksessä. Esimerkiksi pilarin mitoituksessa voidaan valita kokoa isompi profiili, jolla kasvatetaan rakenteen kapasiteettia huomioiden muun muassa mahdolliset epäkeskisyydet. Taipumamitoituksessa käyttöasteet voidaan mitoittaa suuremmiksi kuin leikkauksen ja taivutuksen osalta, pois lukien esimerkiksi tiiliseiniä kannattavien palkkien kohdalla, jolloin taipumat on rajattava.

6 Kyselytutkimus

6.1 Lähtötilanne ja tavoitteet

Kyselytutkimus päätettiin suorittaa opinnäytetyön siinä vaiheessa, kun henkilöhaastattelut sekä kirjalliseen aineistoon perehtyminen oli jo suurilta osin suoritettu. Näin saatiin luotua relevantteja kysymyksiä koskien oikeita asioita. Heti opinnäytetyöprosessin alkuvaiheessa suoritettu kysely olisi voinut johtaa liian

suppeaan kyselyyn tai vääränlaiseen kysymystenasetteluun ja tästä johtuen tuloksiin, joista ei lopulta olisi ollut paljon hyötyä työn tavoitteiden kannalta.

Henkilöhaastatteluista saatu tieto oli hyvin kokemuksiin perustuvaa, minkä avulla itse aiheeseen pääsi paremmin sisälle ja ymmärrys haasteista sekä niihin vaikuttavista tekijöistä kasvoi. Haastattelututkimuksen otanta oli kuitenkin melko suppea, eikä niistä saatuja tuloksia voi soveltaa kovin laajasti. Tämän vuoksi päätettiin toteuttaa myös laajemman otannan kyselytutkimus. Näin saataisiin paremmin sovellettavaa ja luotettavampaa tietoa, jota voitaisiin hyödyntää tarkastuslistojen luomisen pohjana. Myös joidenkin haasteiden tai onnistumisten esiintymisen yleisyys saataisiin selville.

6.2 Menetelmän valinta ja toteutus

Kyselytutkimus suoritettiin kvantitatiivisella tutkimusmenetelmällä. Tutkimus suoritettiin lomakepohjalla, jossa oli ennakkoon määritetyt tarkat kysymykset. Kysymysten asettelussa pyrittiin selkeyteen ja neutraaliuteen. Johdattelevilla tai epäselkeillä kysymyksillä voi olla suuri vaikutus siihen, kuinka kysymykseen vastataan. Epäselkeistä kysymyksenasetteluista johtuvat väärinkäsitykset lisäävät myös tulosten virheitä. (KvantiMOTV 2010.)

Suurin osa lomakkeen kysymyksistä oli strukturoituja varustettuna valmiilla vastausvaihtoehdoilla, mutta osaan kysymyksistä pystyi vastaamaan myös vapaasti omin sanoin. Näistä jälkimmäiset olivat lähinnä tarkentavia, edelliseen kohtaan liittyviä lisäkysymyksiä. Näin saatiin paremmin tutkittua syitä vastausten takana. Kyselytutkimuksen kysymyksiä suunnittelussa käytettiin pohjana haastattelututkimuksessa esiin tulleita asioita sekä aiheesta olemassa olevia aineistoja. Suunnittelu aloitettiin pohtimalla, mihin itse asiassa halutaan vastauksia ja miksi kyselytutkimus suoritetaan. Tämä helpotti kysymysten muotoilua. Tämän jälkeen lisättiin ylös aiheeseen liittyvät haastatteluissa esiin nousseet teemat, joihin jokaiseen liittyen kohdistettiin useampi kysymys. Näistä kysymyslistoista alettiin vertailemalla karsimaan pois huonommat, jolloin jäljelle jäivät osuvimmat kysymykset, joilla uskottiin saatavan hyödyllisimpiä vastauksia aiheesta. Kyselytutkimuslomake on esitetty liitteessä 2. Kyselytutkimuksen keskeisiksi teemoiksi nousi

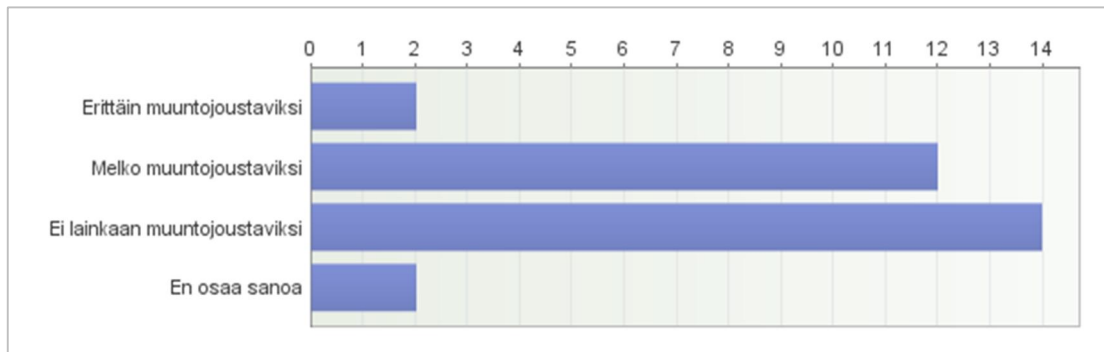
muun muassa rakenteiden muuntojoustavuus, suunnittelussa käytettävät lähtötiedot, tietomallinnus sekä asennettavuus.

Kyselytutkimus suoritettiin käyttäen apuna Webropol-kyselytutkimustyökalua. Kysely lähetettiin sähköpostin välityksellä kaikille Ramboll Finland Oy:n rakennetekniikan yksikön työntekijöille, joita on yhteensä vajaa neljäsataa. Kysely lähetettiin näin ollen myös niille, jotka eivät työskentele korjausrakentamisen parissa. Tämä antoi mahdollisuuden kyselyyn vastaamiseen myös niille asiantuntijoille, joilla on kokemusta teräsrakenteiden suunnittelusta korjausrakentamisessa, mutta olisivat muuten karsiutuneet otannan ulkopuolelle esimerkiksi kohdistettaessa otanta vain tietyille korjausrakentamisen tiimeille. Sähköpostin saateteksissä esitettiin lyhyesti kyselyn sisältö ja tavoitteet, minkä avulla aihepiirin ulkopuolella työskentelevät asiantuntijat pystyivät helposti sivuuttamaan kyselyn. Kysely oli auki yhteensä neljä päivää.

6.3 Tulokset

Kyselytutkimukseen vastasi yhteensä 30 ihmistä. Kyselytutkimuksen vastausprosentti oli näin ollen 8 %. Todellisuudessa vastausprosentti nousee kuitenkin korkeammaksi huomioitaessa, että otantaan sisältyi myös ihmisiä, jotka eivät aihepiiriä tunne eivätkä näin kuuluneet tutkimuksen todelliseen kohderyhmään. Täysin tarkkaa vastausprosenttia ei näin ollen kyetty määrittämään, koska rajausta yrityksen työntekijöistä, jotka ko. projekteissa on työskennellyt, ei tämän työn yhteydessä tehty.

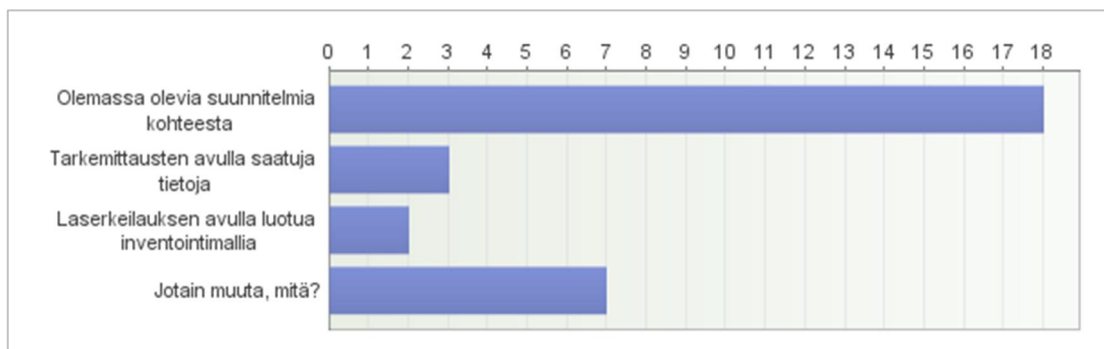
Muuntojoustavuus valittiin kyselytutkimuksen yhdeksi teemaksi. Suurin osa eli 47 % vastaajista koki, että teräsrakenteita ei oltu suunniteltu lainkaan muuntojoustaviksi heidän korjausrakentamisen projekteissaan ja 40 %, että rakenteet oli suunniteltu melko muuntojoustaviksi. Vain 7 % mielestä rakenteet oli suunniteltu erittäin muuntojoustaviksi (Kuvio 6).



Kuvio 6. Teräsrakenteiden suunnittelu muuntojoustaviksi

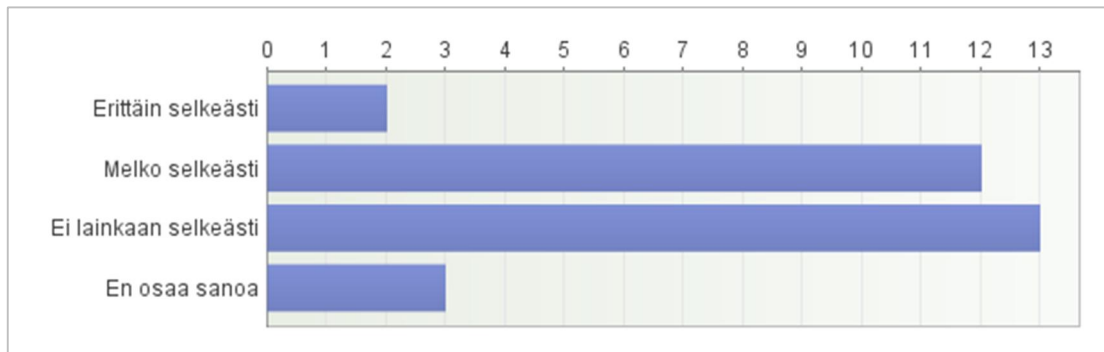
Ne, joiden mielestä teräsrakenteita ei oltu suunniteltu lainkaan muuntojoustaviksi, ilmoittivat syyksi muun muassa pienempien terästukien ja ripustuksien suunnittelun, jolloin osat suunnitellaan melko tarkasti paikalleen. Muuntojoustavuus oli huomioitu rakenteiden suunnittelussa muun muassa ylimääräisillä kapasiteeteilla, pitkillä jänneväleillä sekä mahdollisuudella rakenteiden myöhempään uusiin ilman laajoja purkutarpeita. Osa vastaajista koki, että teräsrakenteet itsessään ovat muuntojoustavia hitsattavuutensa, leikattavuutensa ja uudelleenmuokattavuutensa vuoksi.

Vastaajista 60 % ilmoitti, että pääsääntöisinä lähtötietoina korjauskohteen rakenteista teräsrakenteiden toteutussuunnitteluvaiheessa on käytetty vanhoja suunnitelmia. Vastaajista 23 % ilmoitti käyttäneensä joko kaikkia vastausvaihtoehtoissa esitettyjä menetelmiä tai useampaa niistä (Kuvio 7).



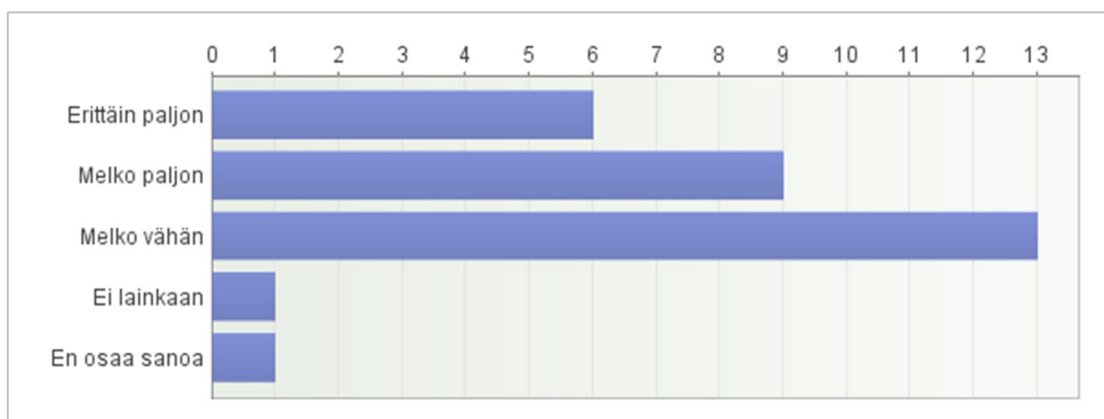
Kuvio 7. Teräsrakenteiden toteutussuunnittelun pääsääntöiset lähtötiedot

Reunaehdoista kysyttäessä 43 % vastaajista ilmoitti, että niiden määrittely teräsrakenteiden osalta ei ole ollut lainkaan selkeää. 7 % oli sitä mieltä, että reunaehdojen määrittely oli ollut erittäin selkeää (Kuvio 8).



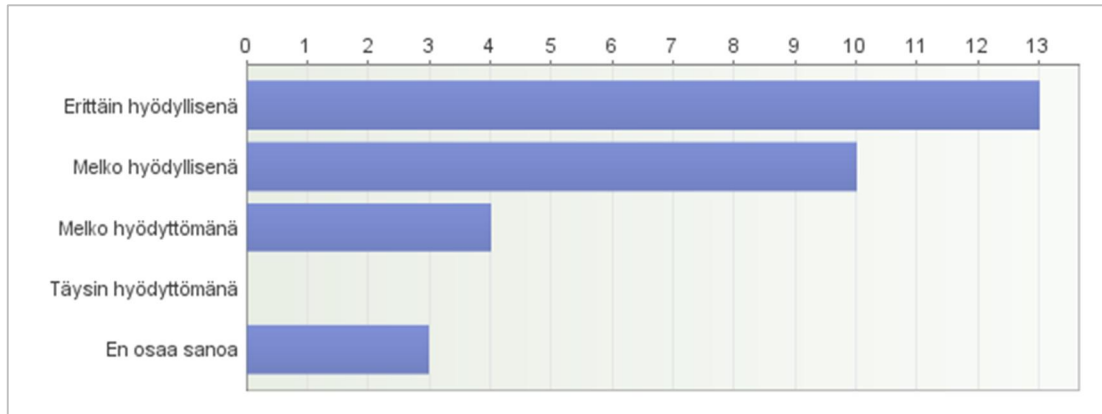
Kuvio 8. Reunaehto- ja määritysten määrittely teräsrakenteiden osalta

Tietomallintamista on hyödynnetty teräsrakenteiden suunnittelussa 43 % miehistä melko vähän. 30 % on hyödyntänyt sitä melko paljon ja 20 % erittäin paljon (Kuvio 9). Tietomallintamisen on huomattu vaikuttavan projekteihin muun muassa laadun parantumisena, helpompana hahmottamisena, konepajasuunnittelun helpottumisena sekä valmistussuunnitelmien tarkentumisena. Teräsrakenteet saatetaan tehdä omana tietomallina Tekla Structures-ohjelmalla, vaikka muu suunnittelu toteutettaisiin esimerkiksi AutoCAD:lla. Teräsrakenteiden tietomallintamisen haasteina koettiin korjausrakentamisessa vanhojen rakenteiden tietojen epätarkkuus, jos niiden tarkemmittaus tai mallinnus on ollut epätarkkaa. Tällöin mallinnuksen koetaan lisäävän työhön menevää aikaa. Osa kuitenkin koki, ettei tietomallinnus vaikuta projektin aikatauluihin. Pienten teräsrakenteiden, kuten aukonylityspalkkien, mallinnuksesta ei koettu olevan suurta hyötyä.



Kuvio 9. Tietomallintamisen hyödyntäminen teräsrakenteiden suunnittelussa

Kysyttäessä, kuinka hyödylliseksi tietomallinnus koetaan, 43 % vastasi sen olevan erittäin hyödyllistä. 33 % koki sen melko hyödyllisenä ja 13 % melko hyödyttömänä. Kukaan ei kokenut, että teräsrakenteiden tietomallinnus korjausrakentamisessa olisi täysin hyödytöntä (Kuvio 10).



Kuvio 10. Tietomallintamisen hyödyllisyys teräsrakenteiden suunnittelussa

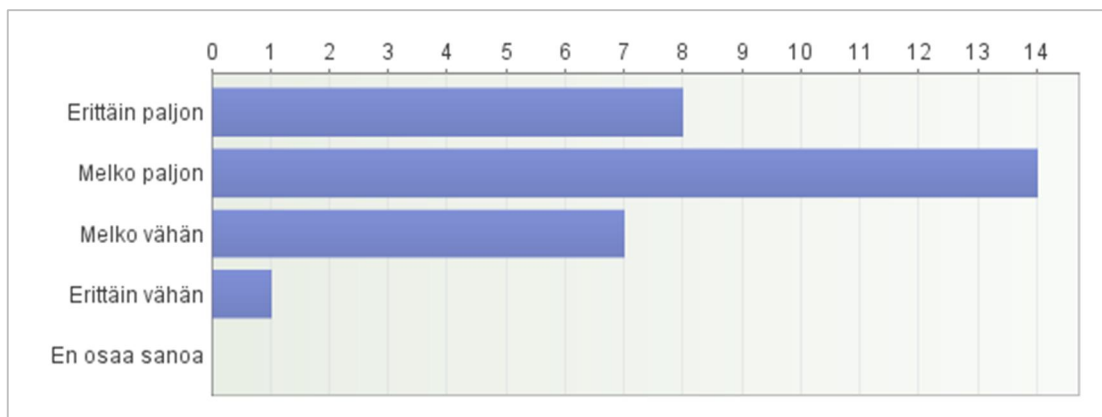
Henkilöt, jotka kokivat tietomallintamisen erittäin hyödyllisenä, perustelivat kantansa sillä, että tietomallinnuksella saadaan muun muassa pintakäsittelyn ja palosuojauksen merkinnät malliin jokaiselle rakenneosalle erikseen, jolloin tieto saadaan siirrettyä automaattisesti tietomallista 2D-piirustukseen. Tietomallinnuksen koetaan myös helpottavan mittatarkkuuden ja määrätiedon hallintaa sekä suunnitelmien yhteensovittamista eri suunnittelualojen välillä mahdollisen yhdistelmämallin avulla. Tietomallit auttavat riskien arvioinnissa sekä asioiden hahmotamisessa. 3D-havainnekuvat auttavat myös tilaajia ja urakoitsijoita luonnoksien kommentoimisessa. Referenssimalli koettiin valtavan suureksi avuksi suunnittelussa, oli se joko toisen suunnittelijan IFC-tietomalli tai pistepilvimalli.

Tietomallinnuksen melko hyödyllisenä kokeneet kertoivat, että tietomallinnuksen avulla ainakin teoriassa teräsosat osuvat oikeille paikoille. Kuitenkin monesti tarkemittojen ottamisen laiminlyönti sekä runkojen epätarkka toteutus voi aiheuttaa ongelmia asennuksessa. Talotekniikan asennusten koettiin olevan paremmin hahmotettavissa 3D-mallista kuin eri piirustuksista.

Melko hyödyttömäksi tietomallintamisen kokeneet ilmoittivat suunnittelevansa teräksestä muun muassa pieniä tukirakenteita, joiden suunnittelu hoituu yleensä

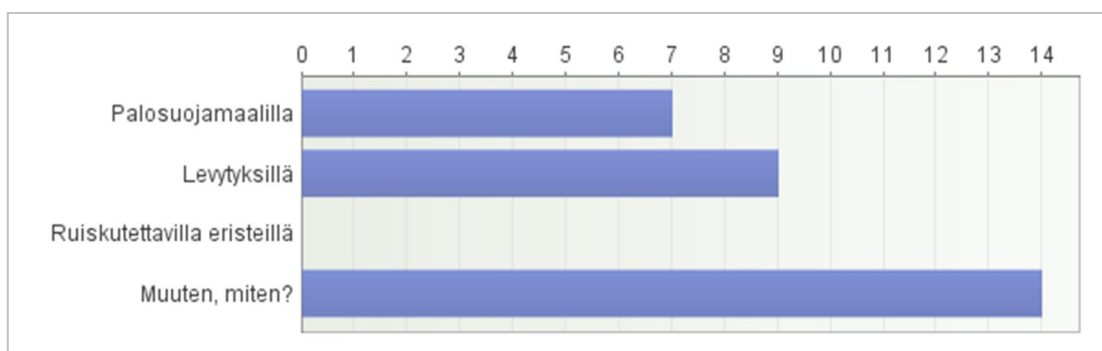
AutoCAD:lla tai jopa käsin luonnostelemalla. Vanhojen rakenteiden uupuvat tiedot suunnitteluvaiheessa ja laserkeilauksen tuloksella saatu tieto vain rakenteiden pintakerroksista olivat myös syitä tietomallinnuksen kokemiseksi hyödyttömäksi.

Suurin osa eli 47 % kyselyyn vastanneista koki, että teräsrakenteiden palosuojaukseen ja -mitoitukseen oli kiinnitetty melko paljon huomiota korjausrakentamisen projekteissa (Kuvio 11). Lähes yhtä suuret osuudet ilmoittivat tähän olleen kiinnitetty joko erittäin paljon tai melko vähän huomiota.



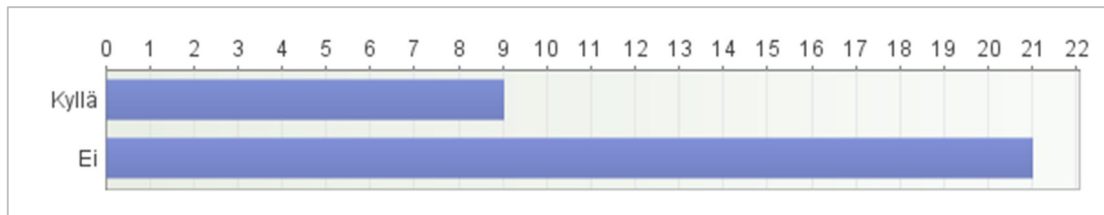
Kuvio 11. Teräsrakenteiden palosuojauksen ja -mitoituksen huomiointi

Palosuojaus on toteutettu 30 % tapauksissa levytyksillä, 23 % tapauksissa palosuojamaaleilla ja 47 % tapauksissa kaikilla tai useammalla tavalla kyselyn vaihtoehdoista (Kuvio 12). Lisäksi palosuojausmenetelminä oli käytetty muun muassa betonia, rakenteen ylimitoitusta, rakenteen sijoitusta palotilan ulkopuolelle sekä toiminnallista suunnittelua eli palosimulointia.



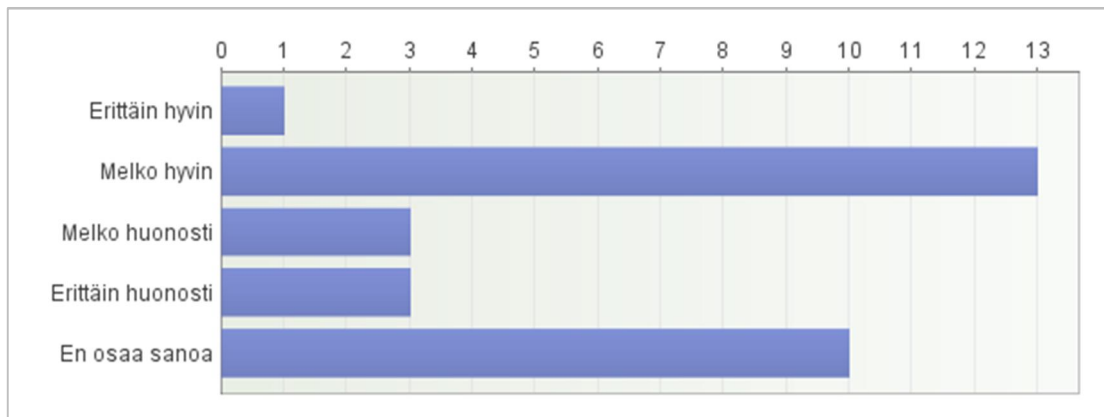
Kuvio 12. Teräsrakenteiden palosuojausmenetelmä

Teräsrakenteiden valmistusaikataulut ovat aiheuttaneet ongelmia 30 % vastaajista (Kuvio 13). Ongelmien syyksi kuvailtiin muun muassa konepajojen pitkistä toimitusajoista johtuvaa konepajasuunnitelmien aikaista valmiustarvetta suunnittelun alkuvaiheessa, kun muu suunnittelu vielä elää ja kehittyy. Vastauksissa tuli myös ilmi, että toimitusajat ovat saattaneet vaikuttaa jopa rakenneratkaisujen valintaan ja johtanut pahimmillaan uudelleen suunnitteluun. Lähtötietojen viivästyksen ja päätösten uupumisen koettiin lisäksi aiheuttavan viiveitä konepajatoteutukseen.



Kuvio 13. Teräsrakenteiden valmistusaikataulujen ongelmat

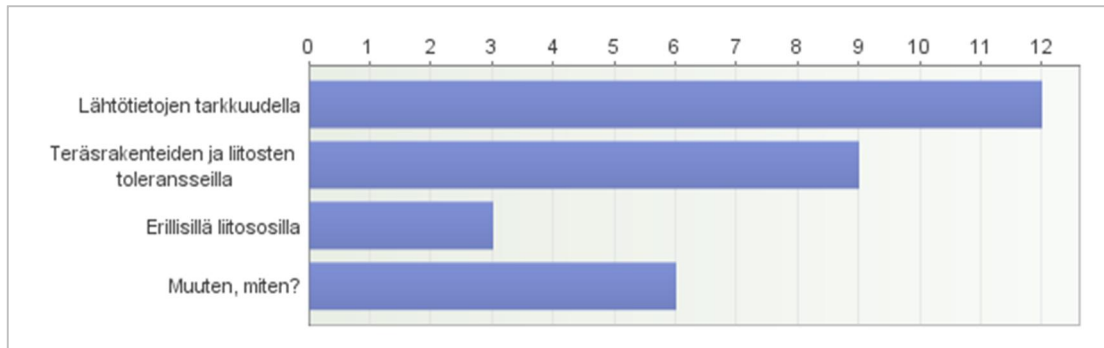
Vastanneista 43 % koki, että korjausrakentamisen projekteissa tuoteosasuunnittelijan ja rakennesuunnittelijan väliset vastuurajat oli määritelty melko hyvin. Vastaajista 33 % ei osannut sanoa, kuinka vastuurajat oli määritelty (Kuvio 14.)



Kuvio 14. Suunnitteluvastuurajojen määrittelyn selkeys rakennesuunnittelijan ja ulkopuolisen tuoteosasuunnittelijan välillä

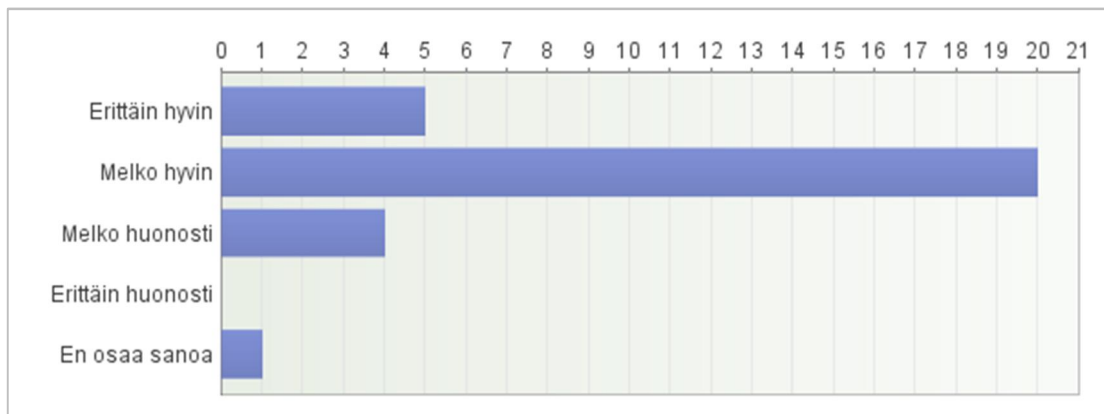
Teräsrakenteiden liitettävyyden olemassa oleviin rakenteisiin on varmistettu 40 % osalta lähtötietojen tarkkuudella. Vastaajista 30 % on varmistanut liitettävyyden teräsrakenteiden ja liitosten toleransseilla ja 10 % erillisten liitososien avulla (Kuvio 15). Avoimessa kohdassa ilmoitettiin varmistusmenetelmäksi muun muassa

merkintä rakenteiden yhteensopivuuden varmistamisesta ennen rakentamista sekä urakoitsijan vastuulla olevat tarkastusmittaukset. Myös kaikkia vastausvaihtoehtoja oli hyödynnetty joissakin projekteissa.



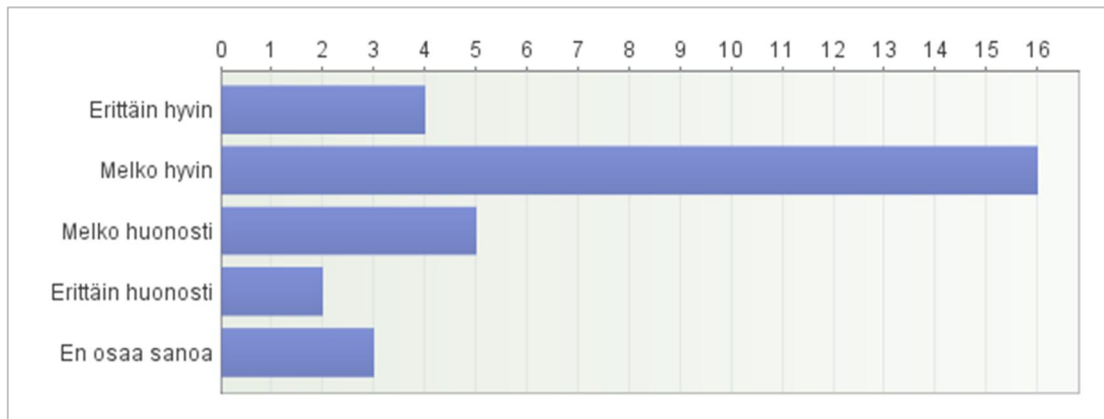
Kuvio 15. Teräsrakenteiden liitettävyyden varmistaminen olemassa oleviin rakenteisiin

Teräsrakenteiden kokoonpanojen asennettavuus eli mahdollisista nostureista tai tilojen ahtaudesta johtuvat paino- ja kokorajoitukset oli huomioitu 67 % mielestä melko ja 17 % mielestä erittäin hyvin. 13 % koki, että rajoitukset oli huomioitu melko huonosti (Kuvio 16). Asennettavuuden varmistus tulisi ehdottomasti ottaa yhdeksi korjausrakennesuunnittelun riskienhallintakeinoista.



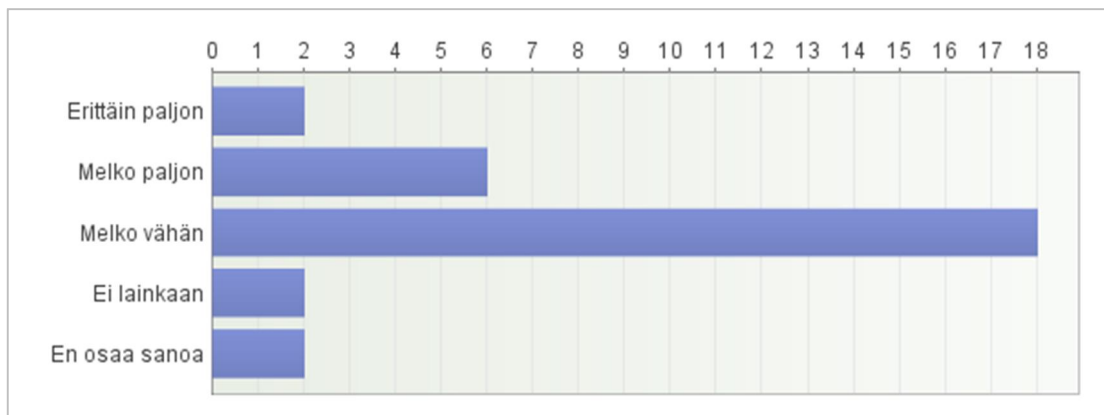
Kuvio 16. Kokoonpanojen asennettavuuden huomiointi

Vastaajista 53 % oli sitä mieltä, että teräsrakenteiden asentamisen aikaiset työturvallisuusasiat on otettu korjausrakennesuunnittelussa melko hyvin huomioon ja 13 %, että erittäin hyvin. Vastanneista 23 % koki, että asiat on huomioitu joko erittäin tai melko huonosti (Kuvio 17). Tähän, kuten muihinkin kyselyn osa-alueisiin, vaikuttaa varmasti paljon teräksen käyttökohde korjausrakentamisessa.



Kuvio 17. Teräsrakenteiden asentamisen aikaisten työturvallisuusasioiden huomiointi korjausrakennesuunnittelussa

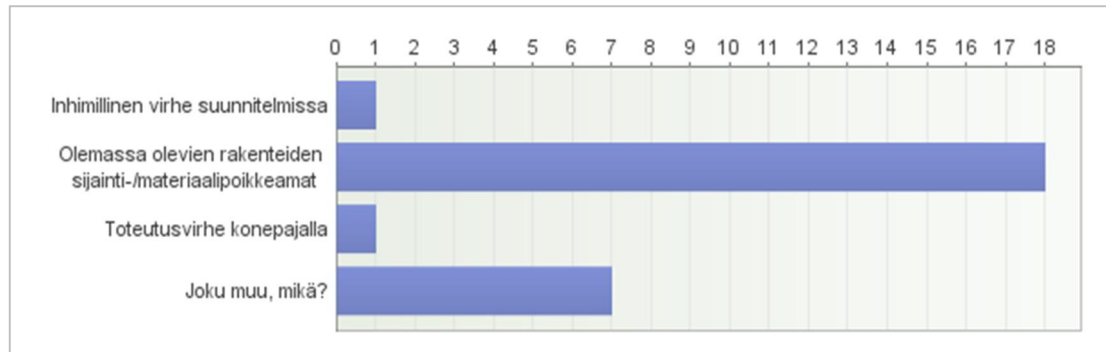
Vastaajista 60 % koki, että teräsrakenteisiin on jouduttu tekemään melko vähän korjausrakentamisen aikaista suunnittelua (Kuvio 18). Vain 7 % mielestä muutossuunnittelua oli tehty erittäin paljon ja myös yhtä suuri osuus ilmoitti, ettei muutossuunnittelua oltu tehty lainkaan.



Kuvio 18. Korjausrakentamisen aikainen teräsrakenteiden muutossuunnittelun yleisyys

Jos teräsrakenteiden muutossuunnittelua on jouduttu tekemään, 60 % ilmoitti, että siihen on ollut syynä olemassa olevien rakenteiden sijainti-/materiaalipoikkeamat (Kuvio 19). Pieni osa vastasi syyn olleen inhimillinen virhe suunnitelmissa tai konepajan toteutusvirhe. Muiksi syiksi avoimessa kohdassa lueteltiin muun muassa toleranssivirheet, tartuntalevyn virheellinen sijainti sekä virheelliset lähtötiedot. Tästä voitaisiinkin päätellä, että työnaikaista muutossuunnittelua voitai-

siin vähentää riittävän tarkoilla lähtötiedoilla. Tähän ei aina pysty kuitenkaan vaikuttamaan, ja suunnittelussa olisikin tärkeää löytää keinot olemassa olevien rakenteiden poikkeamien aiheuttamien riskien minimoimiseksi.



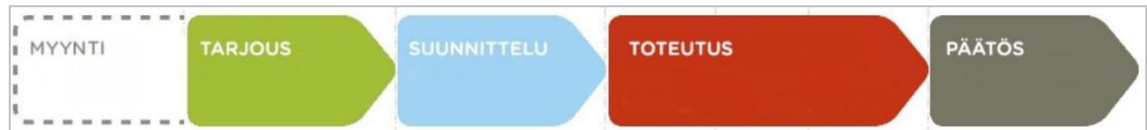
Kuvio 19. Korjausrakentamisen aikaisen muutossuunnittelun syy

Kyselytutkimuksen lopussa vastaajilta pyydettiin kehitysehdotuksia aiheeseen liittyen. Suunnitelmaratkaisujen pitämistä yksinkertaisina muuten haasteellisissa kohteissa korostettiin ja kuten jo haastatteluissa selvisi, teräksen käytettävyysohjelmien todettiin usein johtuvan kokoonpanojen painosta tai mitoista. Esiin nousi lisäksi ehdotus runkojen toteutuksesta ja kuormien alasviennistä kokonaan uusilla rakenteilla, jolloin ei tarvitsisi luottaa liikaa vanhoihin rakenteisiin ja suunnitelmiin. Konepajasuunnitelmien lähtötietotarpeet on usein tarkemmat kuin muiden suunnitelmien, ja ratkaisuksi tähän tarjottiin työmaalla tehtäviä mittauksia sekä hitsiliitoksia.

7 Työkalut ja tarkastuslistat

Työkalut ja tarkastuslistat oli tarkoitus luoda sekä rakennesuunnittelijoiden että projektipäälliköiden hyödynnettäviksi. Tämän vuoksi listojen luomisessa tuli ottaa huomioon normaalin projektitoiminnan lisäksi myös projektinhallinnan ja -johtamisen näkökulma. Tarkastuslistat laadittiin Ramboll Finland Oy:n laatu järjestelmän mukaisiksi. Yrityksen projektinhallinnan tueksi on luotu yhtenäinen toimintamalli, niin sanottu pelikirja, jossa kuvataan projektin kulku sekä eri vaiheisiin liittyvät tehtävät. Kuviossa 20 on kuvattu suunnitteluprojektin päävaiheet. Projek-

tin eri päävaiheiden tehtävät on jaoteltu projektinhallinnan eri osa-alueisiin sisäl-
tönsä perusteella. Pelikirja perustuu yrityksen laatu-, ympäristö- ja turvallisuus-
järjestelmiin.



Kuvio 20. Rambollin tapa toimia projekteissa (Ramboll Finland Oy 2018)

Yrityksellä on käytössään sisäisiä tarkastuslistoja ja toimintamalleja, joita voidaan hyödyntää sekä itselle luovutuksessa että muiden suunnitelmien tarkastustoimin-
nassa. Näiden pohjalta lähdettiin kehittelemään myös tässä työssä luotavia tar-
kastuslistoja. Tarkastuslistat päätettiin toteuttaa niin, että jokainen teema käy-
dään selkeästi läpi siihen kuuluvine osa-alueineen. Tarkastuslistat luotiin Word-
pohjalle, mutta ne voidaan tarvittaessa jatkokehittää niin sanotuiksi aktiivisiksi
pohjiksi esimerkiksi yrityksen projektinluontijärjestelmään. Listoihin lisättiin revi-
siokentät, joiden avulla niiden täyttöä ja eri kohtiin tehtäviä tarkennuksia voidaan
paremmin seurata. Seuraavissa luvuissa esitellään tarkastuslistojen kytkeytymi-
nen projektin eri vaiheisiin. Projektin tarjous-, suunnittelu-, toteutus- ja päätösvai-
heisiin tehtiin kaikkiin omat tarkastuslistat. Suunnittelijat toimivat palveluntuotta-
jina suunnittelutyön tilaajalle, minkä vuoksi hänestä käytetään tässä yhteydessä
nimitystä asiakas.

7.1 Suunnittelun tarjousvaihe

Suunnittelun tarjousvaiheessa oleellista on selvittää ja kirjata ylös kaikki kustan-
nuksia aiheuttavat tekijät. Tarjousvaiheen aikataulu on usein tiukka, ja jokin mer-
kittävä asia voi helposti jäädä huomaamatta. Tämän vuoksi tarkastuslistat oli teh-
tävä mahdollisimman selkeiksi ja tiiviiksi paketeiksi.

Tarjousvaiheen ensimmäinen osuus on suunnittelun tarjouspyynnön käyminen
perusteellisesti läpi. Asiakkaan asettamat tavoitteet sekä rajaukset on syytä tun-
nistaa ja tapauksissa, joissa asioita ei ole esitetty tarpeeksi selkeästi, on aina
olemassa riski jonkin asian väärinymmärrykseen. Tällöin tulee tarvittavat lisätie-

dot selvittää ennen päätöstä tarjoamisesta. Tarjouspyyntöön perehtymisen perusteella tulee projektin kannattavuus arvioida ja alustavasti päättää, tehdäänkö tarjous vai ei. Lopullisen päätöksen tueksi tulee tarjouspyynnön perusteella tehdä tarvittavat arviot muun muassa projektin vaativuudesta, tavoitteista, hyödyistä sekä riskeistä. Tämän tarjouksen ideointivaiheen pohjalta syntyy päätös tarjouksen tekemisestä.

Seuraavassa vaiheessa tulee luoda selkeä ja toteutuskelpoinen työohjelma osaksi tehtävää tarjousta. Ohjelmassa tulee kuvata muun muassa hanke ja organisaatio sekä menetelmät projektin viestinnän, seurannan ja laadunvarmistuksen hallitsemiseksi. Työohjelman tulee mahdollistaa lisätyöt. Työt tulee jakaa sopiviin osatehtäviin käytettävissä olevien todellisten resurssien ja niiden perusteella määriteltyjen tuntimäärien mukaisesti. Myös projektin avainhenkilöt tulee määrittellä. Ennen tarjouksen jättämistä tulee se tarkistaa, minkä jälkeen asiakas päättää mahdollisten tarjousneuvottelujen järjestämisestä.

Tarjousvaiheen tarkastuslista on tarkoitus käydä läpi tarjousta valmistellessa. Kohteen lähtötiedot ovat avainasemassa oikeanlaisen työohjelman ja tarjouksen luomisessa. Mitä vajaammat tai epätarkemmat ovat lähtötiedot, sitä suuremmat ovat riskit projektin epäonnistumiselle. Tämä tulisikin huomioida jo heti tarjouspyyntöön tutustuessa. Lähtötietojen hankinta on joko asiakkaan tai hänen valtuuttaman tahon vastuulla. Jos tarjouksen tekeminen ei onnistu ilman lisätietoja tai se aiheuttaisi turhan suuria riskitekijöitä, tulee asiakkaan kanssa sopia menetelyistä, joilla lähtötietoja tarkennetaan. Lähtötietojen hankintatavat sekä tarkkuusvaatimukset vaihtelevat ja ne ovat riippuvaisia rakennushankkeen sekä kohteen luonteesta. Korjausrakentamisessa lähtötiedot usein tarkentuvat vasta projektin edetessä. Jo tarjousvaiheessa tulisi harkita kohteesta riippuen myös laserkeilauksen sekä kuntotutkimusten tarvetta ja hyötyjä. Liian tarkka lähtötietojen keruu varsinkin aikaisessa vaiheessa syö turhaan projektin aikaa ja resursseja, kun taas liian suuret lähtötietojen epätarkkuudet luovat riskejä projektin onnistumiselle. Jokaisessa projektissa tulisikin löytää se lähtötietojen tarkkuuden minimitaso, jolla varmistetaan onnistunut lopputulos.

Jos jo tarjousvaiheessa on selvää, että kohteesta ei ole saatavilla riittävän tarkkoja lähtötietoja tarpeeksi aikaisessa vaiheessa, tulisi pohtia, kuinka rakennesuunnittelulle asetetut vaatimukset saadaan täytettyä. Esimerkiksi tapauksessa, jossa kantavien rakenteiden sijaintia tai materiaalia ei tiedetä ennen purkutöitä, tulee työohjelmassa huomioida vaihtoehtoisten suunnitelmien tarve tai muut riskienhallintakeinot sekä näiden vaikutus suunnitteluun kuluvaan aikaan ja resurssointiin.

Tarjouspyynnöstä tulisi selvittää asiakkaan vaatimukset viestinnälle, tiedonsiirrolle ja kokouskäytännöille. Riittävän viestinnän varmistamiseksi tulisi tiedonsiirtoa aikatauluttaa sekä tiedonsiirron menetelmät ja tiedonsiirtomuodot määritellä jo projektin alussa. Tiedon siirtyminen sekä selkeät vastuunjaot hankkeen eri osapuolien välillä on merkittävässä roolissa projektin laadun kannalta. Aikataulun kannalta merkittävässä roolissa on lisäksi lähtötietojen saannin ajankohtien määrittäminen. Esimerkiksi purkutöiden jälkeen tehtävien mittauksien tulokset ja niiden vieminen suunnitelmiin tulee huomioida suunnittelun aikataulutuksessa. Näitä tietoja voidaan tarkentaa projektin suunnitteluvaiheessa.

Teräsrakenteiden tuoteosasuunnittelu on merkittävässä roolissa rakennesuunnittelun resurssoinnin, aikataulutuksen ja työmäärän kannalta. Heti tarjousvaiheen alusta saakka tulisivatkin olla selvillä, kuuluuko tuoteosasuunnittelu rakennesuunnittelijan tehtäviin. Tuoteosasuunnittelu vaatii yleensä tarkempia lähtötietoja sekä yhteistyötä konepajan suuntaan. Tilanteessa, jossa asiakas ei vaadi rakenteiden tietomallinnusta, ja tuoteosasuunnittelu kuuluu rakennesuunnittelijalle, on tietomallinnuksen hyödyt tunnistettava. Voi olla projekteja, jossa tietomallinnusta hyödynnetään ainoastaan tuoteosasuunnittelun yhteydessä. Tuoteosasuunnittelun riittävien lähtötietojen varmistamiseksi olisi hyvä selvittää mahdollisuudet työmaalla tehtäville tarkemmittauksille tai aikataulun ja resurssien salliessa laserkeilaukselle mahdollisten pintapurkutöiden jälkeen. Mikäli tuoteosasuunnittelu kuuluu ulkopuoliselle taholle, on tarjouksessa huomioitava tuoteosasuunnitelmien tarkastamiseen sekä lähtötietojen toimittamiseen tuoteosasuunnittelijalle tarvittavat resurssit. Lisäksi tulisi tarkistaa, että suunnitteluvastuunajat on määritetty riittävän selkeästi.

Asiakkaan vaatimukset tietomallinnukselle tulisi tunnistaa jo tarjousvaiheessa. Tietomallinnuksen tarkkuus- ja sisältövaatimukset sekä inventointimallin tasovaatimukset vaikuttavat projektin resurssointiin, aikatauluihin sekä kokonaistyömäärään. Näiden asioiden tulisi selvittää tarjouspyynnöstä, mutta mikäli esimerkiksi tarkkuusvaatimusten määrittely jää epäselväksi, tulee asiakkaaseen olla yhteydessä tarkentavien tietojen saamiseksi. Jos asiakas ei vaadi tietomallinnusta, tulee sen kannattavuus ja hyödyt arvioida suhteessa sen viemään työmäärään. Tietomallinnuksella saavutettavat mahdolliset edut, kuten esimerkiksi riskienhallinnan tai konepajan ja työmaan kanssa toteutettavan yhteistoiminnan helpottuminen, tulee selvittää ja tämän kautta päättää tietomallinnuksen hyödyntämisestä projektissa. Myös projektin muiden suunnittelualojen tietomallinnusvalmiudet sekä lähtötietojen mallinnuksen kannattavuus olisi hyvä kartoittaa. Tietomallinnuksen osalta esille nousee lisäksi tarvittavat tiedostomuodot. Eri alojen suunnitelmat tulisi saada vastaamaan toisiaan ja jos vain osa suunnittelualoista käyttää esimerkiksi tietomallinnusta, tulee tähän kiinnittää erityistä huomiota. Eri ohjelmistojen käyttö vaikeuttaa suunnitelmien vastaavuuden tarkastusta ja luo riskejä muun muassa rakenteiden yhteentörmäyksille. Myös muutoksien tuominen suunnitelmiin hidastuu. Jos konepajasuunnitelmat mallinnetaan, tulisi tarjousvaiheessa tiedostaa mahdollinen konepajasuunnitelmien konvertointiin ja niiden tarkastukseen menevä aika.

Laserkeilauksen hyödyt kohteen lähtötilanteen mallintamisessa olisi hyvä selvittää. Laserkeilauksella ja sen pohjalta luodulla inventointimallilla saadaan tarkat lähtökohdat mallinnukselle. Tämä helpottaa suunnittelun riskienhallintaa ja on hyötynä myös pitkällä tähtäimellä rakennuksen tulevissa muutostöissä. Rakenteiden laserkeilauksen eduksi nousee sellaisten rakenteiden ja osien inventointi, joita ei ehkä olisi osattu edes huomioida perinteisillä mittauksilla. Laserkeilaus suoritetaan kuitenkin yleensä rakennesuunnittelijan kannalta melko epäsopivassa vaiheessa. Pintapurkutöiden jälkeen tehtävää laserkeilausta voisikin pitää varteenotettavana vaihtoehtona perinteisille mittauksille varsinkin lähtötietona tuoteosasuunnittelussa, jossa tarvitaan yleensä tarkkoja mittoja liittymäkohdista vanhoihin rakenteisiin. Ongelmaksi voi joissain tapauksissa muodostua liian myöhäinen ajankohta mittauksien suorituksille ja suunnitelmien päivityksille. Tarjouspyyntövaiheessa tulisi selvittää asiakkaan mahdolliset vaatimukset suoritettaville

mittauksille sekä harkita tilanteen niin salliessa esimerkiksi laserkeilauksen tarjoamista.

Työohjelmaan vaikuttaa rakenteille asetetut palovaatimukset. Mikäli tarjouspyynnössä on määritelty, että rakenteet tulee mitoittaa toiminnallisen palomitoituksen menetelmällä, tulee tähän liittyvät erityispiirteet tunnistaa. Rakenteiden mitoitus toiminnallisen palomitoitukseen perustuen vaatii yleensä paloasioihin erikoistuneen asiantuntijan resursointia. Tapauksesta riippuen saattaa kysymykseen tulla myös palosimuloinnin tarjoaminen. Oli palomitoituksen menetelmä mikä vain, tulisi vaatimukset palonkestävyydelle sekä strategia, joilla näihin vaatimuksiin päästään, olla tiedossa jo hyvissä ajoin. Alustavan palosuojausmenetelmän valinnassa tulee huomioida rakenteen muodon ja ympäristön aiheuttamat rajoitukset. Myös asiakkaan mahdolliset vaatimukset rakenteiden käyttöiälle ja pintakäsittelyille on selvitettävä. Alustava käsitys siitä, kuinka rakenteet suojataan korroosion vaikutukselta, olisi hyvä olla jo tarjousvaiheessa.

Teräsrakenteiden suhteessa pitkät toimitusajat olisi tunnistettava. Hankkeen aikataulut kärsivät, jos työmaalle saapuu virheellinen osa. Niin sanottujen varaosien käyttö tai hitsiliitokset eivät aina ole mahdollisia eikä myöskään suositeltavia, ja uuden osan tilaaminen vie yleensä aikaa. Jo projektin ensimetreillä tulisi nämä toimitusaikoihin liittyvät riskitekijät tunnistaa ja pyrkiä minimoimaan ne valituilla suunnitteluratkaisuilla.

Rakennuskohteen tilojen ja rakenteiden sijoittelulla voi olla suuri merkitys hankkeen kokonaiskustannuksiin. Rakennesuunnittelija tulee monesti hankkeeseen mukaan vasta siinä vaiheessa, kun tilat on jo lyöty lukkoon. Jos rakennesuunnittelijalla on vielä mahdollisuus vaikuttaa tilojen sijoitukseen, olisi hänen hyvä selvittää lähtötiedoista mahdolliset ongelmakohdat tilojen sijoittelun kannalta ja raportoida niistä asiakkaalle. Esimerkiksi rakenteiden liikuntasaumot tai vanhojen rakenteiden kapasiteettien ylitys voivat rajoittaa rakenteiden sijoittelua tai johtaa monimutkaisiin rakenneratkaisuihin ja liitoksiin. Tämä taas johtaa yleensä moninkertaiseen työmäärään yksinkertaiseen vaihtoehtoon verrattuna. Yleensäkin rakennesuunnittelun kannalta edullisin vaihtoehto olisi pyrkiä mahdollisimman yksinkertaisiin rakenneratkaisuihin. Tämä voi kuitenkin joissain tapauksissa olla mahdotonta kohteen asettamien rajoitteiden vuoksi.

7.2 Suunnitteluvaihe

Projektin suunnitteluvaiheen tehtäviin kuuluu muun muassa puuttuvien lähtötietojen tunnistaminen ja niistä tiedottaminen asiakkaalle sekä projektin tavoitteiden, työn rajauksien, aikataulun ja tarjousvaiheessa tunnistettujen riskien tarkentaminen. Myös projektin tiimi tulee resursoida, jolloin mahdolliset sopimukseen kuuluvat erikoistyöt ja niiden tekijöiden resurssit tulee huomioida. Hyvällä projektin suunnittelulla ja tarkoilla tehtävien määrittelyllä voidaan varmistaa onnistunut projekti.

Tuoteosasuunnittelun osalta projektin suunnitteluvaiheessa tulee muun muassa siihen liittyvät riskitekijät tunnistaa sekä keinot, joilla niihin varaudutaan. Tuoteosasuunnittelun kuuluessa sopimukseen lähtötietojen hankintamenettelyt, mahdollisten lisämittausten tarpeet sekä tuoteosasuunnitelmien konvertointi ja tähän liittyvät riskitekijät on syytä selvittää sekä kirjata ylös. Kun tuoteosasuunnittelu ei kuulu sopimukseen, on suunnitteluvastuurajojen määrittelyn selkeys varmistettava. Myös tuoteosasuunnitelmien tarkastukset ja tähän liittyvät riskit on oltava selvillä. Mikäli näihin tekijöihin on jäänyt tarjousvaiheessa epäselvyyksiä, on ne hyvä tarkentaa projektin suunnitteluvaiheessa.

Asiakkaan vaatimusten täytyminen tietomallinnuksen osalta varmistetaan kirjamalla ylös keinot, joilla tieto- ja inventointimallien tarkkuus- ja sisältövaatimukseen päästään ja kuinka niitä seurataan. Muiden suunnittelualojen käyttämät ohjelmistot olisi hyvä olla tiedossa muun muassa suunnitellessa mallien yhdistelyiden ja törmäystarkastelujen riskienhallintaa. Jos asiakkaalla ei ole vaatimuksia tietomallinnukselle, on lähtötietojen tarkkuustaso määriteltävä sekä tähän liittyvät riskit. Tiedonsiirron osalta on huomioitava tiedonsiirtotavat sekä muiden suunnittelualojen valmiudet tietomallinnukselle. Jos muut suunnittelijat eivät hyödynnä projektissa tietomallinnusta, on syytä miettiä, jaetaanko suunnitelmia piirustuksina vai myös 3D-muodossa suunnitelmien havainnollistamiseksi.

Sekä valitulla palomitoitus- että korroosionestomenetelmällä voi olla vaikutusta projektin resursointiin ja suunnittelutehtävien määrittelyyn, minkä vuoksi näitä olisi hyvä miettiä jo ennen varsinaisen suunnittelutyön aloitusta. Alustava käsitys palomitoitusmenetelmästä sekä mahdollisesta palo- ja korroosiosuojauksista

kannattaisikin muodostaa jo suunnitteluvaiheessa. Tämä vaatii perehtymistä muun muassa kohteen ympäristöolosuhteisiin, teräsrakenteen tulevaan muotoon sekä käyttöikään.

Liitettäessä uusia rakenteita vanhojen rakenteiden yhteyteen tulee aina tiedostaa tähän liittyvät rajoitteet. Suunnitteluvaiheessa lähtötietoja olemassa olevista rakenteista olisi hyvä syventää ja selvittää näin mahdolliset suunnitteluun vaikuttavat ja sitä mahdollisesti rajoittavat seikat. Esimerkiksi vanhojen rakenteiden kapasiteettien ylitykset ovat mahdollisia ja tähän olisi hyvä varautua suunnitellessa projektin kulkua.

7.3 Toteutusvaihe

Oleellinen osa suunnittelun toteutusvaiheen riskienhallintaa on jatkuva tarkastustoiminta sekä tiedonkulun varmistaminen projektin eri osapuolien välillä. Näin mahdollisiin muutoksiin tai muihin projektiin vaikuttaviin asioihin voidaan reagoida välittömästi ja kirjata ne asiakirjoihin.

Lähtötietojen mahdollinen epätarkkuus tulee olla jatkuvasti tiedossa suunnittelu-prosessin aikana. Tietomallintamista hyödyntävissä hankkeissa, joissa lähtötiedot on esimerkiksi laserkeilattu, voidaan varmemmin luottaa lähtötietoihin ja niiden paikkansapitävyyteen, tosin tällöinkin voi kantavien rakenteiden tiedot jäädä epäselviksi. Toinen ääripää on hankkeet, joissa ainoat lähtötiedot saattavat olla vanhat suunnitelmat kohteesta. Kohteesta voi olla saatavilla tarkemmittatietoja, joihin tulee myös suhtautua riittävällä varauksella. Rakenteet tulisi suunnitella niin, että riskit asennettavuudelle sekä keinot niiden torjumiseksi on mietitty sekä kirjattu ylös.

Viimeistään projektin suunnitteluvaiheessa tulisi tuoteosasuunnittelun kannalta selvittää yhteistyön toteutuminen konepajan suuntaan sekä määritellä tarvittavat lähtötiedot tuoteosasuunnittelun tueksi. Ulkopuolisen tuoteosasuunnittelijan kanssa tulisi suunnitteluvastuurajojen ja tehtävärajausten toteutumista seurata sekä varmistaa tarkastustoiminnan toteutuminen. Tietomallinnusta hyödynnettäessä on suunnittelussa aikana varmistettava asiakkaan vaatimusten täytyminen muun muassa mallinnuksen tarkkuuden ja sisällön osalta. Suunnittelijan on lisäksi hoidettava oman työnsä tarkastukset säännöllisesti.

Suunnittelun alkuvaiheessa tulisi olla selvillä, millä menetelmillä teräsrakenteiden riittävä palonkestävyys varmistetaan. Tähän vaikuttavia tekijöitä ovat teräsrakenteen ympäristöstä riippuvat vaatimukset rakenteiden palonkestävyydelle sekä valittu palomitoitusmenetelmä. Muuntojoustavuus olisi kannattavaa ottaa suuremmissa rakenteissa osaksi palomitoitusta, jolla varmistetaan teräsrakenteiden palonkesto myös myöhemmässä vaiheessa palovaatimusten mahdollisesti kasvaessa. Mikäli rakenteet palosuojataan, tulee sen valinnassa huomioida muun muassa rakenteen muoto, sijaintiympäristö sekä mahdollisten työmaalla tehtävien muutostöiden vaikutus suojaukseen. Eri palosuojausmenetelmät ja niiden ominaisuudet olisi hyvä tuntea. Vaikutusta palosuojausmenetelmän valintaan on myös sillä, toteutetaanko palosuojaus konepajalla vai työmaalla.

Teräsrakenteiden suunnittelussa tulee varmistaa osien riittävä korroosionkestävyys. Se onnistuu joko määrittelemällä käytettävä korroosionestomenetelmä tai huomioimalla korroosiovara rakenteen mitoituksessa. Korroosionesto voidaan jättää kokonaan pois myös tapauskohtaisesti esimerkiksi väliaikaisten tai vähäisissä syövyttävyysoiloissa sijaitsevien rakenteiden kohdalla. Teräsrakenteen sijainnin ympäristöolosuhteilla on suuri vaikutus teräksen syöpymiseen. Korroosiovaikutusluokka tulisikin määritellä jo hyvissä ajoin. Valitulla korroosionestomenetelmällä on yleensä vaikutusta rakenteen detalloituksen suunnitteluun, ja se voi asettaa rajoituksia esimerkiksi kokoonpanojen koolle. Suunnittelussa tulee varmistua valitun korroosio- ja palosuojausmenetelmän yhteistoiminnasta.

Kokoonpanojen haalattavuuden ja asennettavuuden varmistus työmaalla on merkittävä asia projektin riskienhallinnassa. Kokoonpanojen kokoa ja painoa voi rajoittaa moni tekijä:

- kohteen mahdollinen nostokalusto ja sen kapasiteetti
- nostokaluston ulottumattomissa olevan asennuspaikan rajoitukset kokoonpanon painolle
- asennuspaikan ahtaus ja sen aiheuttamat rajoitukset kokoonpanojen koolle
- työturvallisuuden varmistus asennustöissä.

Usein kokoonpanoja joudutaan edellä mainituista syistä johtuen suunnittelemaan ja valmistamaan pienemmistä osakokonaisuuksista. Tämä lisää liitossuunnittelun määrää, mikä on teräsrakenteiden osalta tarkkaa ja tämän vuoksi myös aikaa vievää. Asennettavuuden helpottamiseksi voidaan hyödyntää esimerkiksi erillisiä asennusadaptoreita, jotka parantavat samalla työturvallisuutta. Myös asennusosien suunnittelussa tulisi aina huomioida lähtötietojen mahdollinen epätarkkuus ja miettiä keinot, joilla asennettavuus saadaan varmistettua.

Teräsrakenteiden suunnittelu muuntojoustaviksi on osa elinkaariajattelua, ja sillä voidaan helpottaa projektien riskienhallintaa sekä vähentää lisä- ja muutostöitä. Muuntojoustavuus voidaan toteuttaa esimerkiksi rakenteiden ylimitoituksella, jolloin varaudutaan mahdollisiin jälkikiinnityksiin, tai suunnitteleamalla sekundaarirakenteet niin sanotusti helposti vaihdettaviksi, jolloin vältetään myöhemmässä vaiheessa suurilta purkutarpeilta. Näin saadaan vähennettyä sekä kyseisessä hankkeessa että tulevaisuudessa eteen tulevia turhia muutostöitä. Teräsrakenteiden ajatellaan usein olevan muuntojoustavia sellaisenaan muun muassa rakenteiden hitsattavuuden ja leikattavuuden vuoksi. Rakennuskohde voi kuitenkin asettaa rajoitteita näiden toimintojen suorittamiselle työmaalla, mikä tulisi olla hyvissä ajoin myös rakennesuunnittelijan tiedossa. Riittävillä lähtötiedoilla ja tarvittaessa varautumalla näiden toimintojen poissulkemiselle vähennetään riskiä muun muassa rakentamisen aikaiselle muutossuunnittelulle. Vaikkei rakennuskohteen ominaisuudet sulkisikaan pois mahdollisuutta työmaalla tehtäville hitsauksille tai muille muokkaustöille, tulisi suunnittelijan aina huomioida niiden aiheuttamat lisätyöt sekä palovaara ja miettiä keinot näiden minimoimiseen. Esimerkiksi hitsattavien jälkikiinnitysten, kuten lisäripustuksien tai nostokaluston vaatimien korvakkeiden, osalta rakenteen mahdolliset korroosionesto- ja palosuojamaalit joudutaan uusimaan työmaalla. Riittävän tarkalla liitosdetaljiikan suunnittelulla saadaan lisätyön riskejä pienennettyä.

Olemassa olevat rakenteiden ominaisuuksien selvittäminen on usein hankalaa, varsinkin jos ne ovat pintarakenteiden alla piilossa. Korjausrakennesuunnittelussa kannattaakin huomioida tietty lisävarmuus määrittelemällä vanhojen rakenteiden kuormat varmalle puolelle. Näin huomioidaan myös niiden mahdollisista

epäkeskisyyksistä syntyvät kuormat. Kuormatietoja voi päivittää suunnitteluprosessin edetessä mahdollisten tarkempien tietojen selvityksessä. Toinen vaihtoehto on hieman ylivoimainen rakenteet, mikä on yhteydessä rakenteen muuntojoustavuuteen. Näiden tekijöiden vaikutukset tulee muistaa myös rakenteen palomitoituksessa.

7.4 Päätösvaihe

Projektin päätösvaiheessa pidetään muun muassa tarvittavat loppukokoukset ja käydään läpi projektissa havaitut hyödyt sekä haitat. Näillä toimenpiteillä pyritään projektitoiminnan jatkuvaan kehittämiseen kirjaamalla ylös uudet opit, joita voidaan mahdollisesti hyödyntää tulevaisuudessa. Tarkastuslistojen tehtävä tässä projektin vaiheessa on ohjata arvioimaan projektissa eteen tulleita hyviä ja huonoja kokemuksia sekä näiden yhteyttä tarkastuslistoissa esitettyihin kohtiin. Mikäli asiat ovat liittyneet johonkin listoista aiemmin tarkastettuun kohtaan, ja projektissa on aiheutunut tästä huolimatta esimerkiksi riskitekijöitä, voidaan tarkastuslistaa kehittää tarvittavilta osin viemällä tästä tietoa eteenpäin. Jos taas projektissa on törmätty johonkin riskitekijään, jota ei listoissa ole huomioitu, voidaan se ottaa mukaan tarkastustoimintaan. Vastaavasti arvioimalla ja kirjaamalla ylös myös projektissa esiintyneitä hyviä kokemuksia voidaan niistä oppia ja soveltaa niitä mahdollisesti tulevissa projekteissa.

8 Yhteenveto ja pohdinta

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin teräsrakenteiden suunnitteluun ja toteutukseen liittyviä tekijöitä, teräksen käyttökohteita korjausrakentamisessa ja tähän tarvittavia lähtötietoja sekä korjausrakennesuunnitteluprosessia ja siihen liittyviä laadunvarmistustoimenpiteitä. Olemassa olevista aineistoista saatujen tietojen sekä yrityksen sisäisten haastattelu- ja kyselytutkimuksista saatujen tulosten analysointien pohjalta luotiin tarkastuslistat. Opinnäytetyön päätavoitteena toimineet tarkastuslistat sidottiin yrityksen projektien toimintamalliin, millä varmistettiin niiden kytkeytyminen osaksi käytännön projektityöskentelyä.

Tarkastuslistojen keskeisin sisältö suunnittelun tarjousvaiheessa on tarjouspyynnössä ilmoitettujen vaatimusten, tavoitteiden ja rajausten sisäistäminen sekä tarvittavien lisätietojen kysyminen asiakkaalta, mikäli jokin asia jää epäselväksi. Näin saadaan vältettyä turhia väärinkäsityksiä ja projektin uudelleensuunnittelua. Mitä tarkempi ja selkeämpi tehtävän rajausta on heti projektin alusta saakka, sitä tarkemmin saadaan myös määriteltyä projektin todelliset resurssit, aikataulut ja työhön menevät tunnit. Pieni riskivaraus on kuitenkin aina huomioitava projektin suunnittelussa tarkoista tehtävärajoituksista huolimatta.

Suunnitteluvaiheessa tarjousvaiheen työohjelmaa, aikataulua ja muita asioita kuten lähtötietoja pyritään täsmentämään sekä luomaan projektille selkeät toteutusedellytykset. Suunnitteluvaiheen lopussa tulisi projektin toteutus olla selvä kaikille projektitiimin jäsenille. Toteutusvaiheessa tarkastuslistojen olennainen sisältö koskee jatkuvaa tarkastustoimintaa. Lähtötietojen riittävyttä, suunnitelmien laatua ja vastaavuutta työohjelmaan sekä valmiusastetta tulisi seurata tiiviisti ja pitää asiakasta ajan tasalla. Toimiva ja säännöllinen viestintä mahdollistaa onnistuneen projektin. Lisä- ja muutostöiltä harvoin vältytään, ja sen sijaan, että niitä pyrittäisiin täysin estämään, tulisikin pyrkiä niiden tunnistamiseen sekä jouhevaan hoitamiseen. Päätösvaiheen tarkastuslistojen sisältö koskee projektissa eteen tulleiden haasteiden ja mahdollisuuksien tarkastelua sekä näiden tekijöiden suhdetta tarkastuslistoihin. Tällä tähdätään tarkastuslistojen ja näin ollen myös projektitoiminnan kehittämiseen.

Suunnitellessa teräsrakenteita korjausrakentamisen kohteisiin tulee monet asiat huomioida sekä varmistaa. Varsinkin, kun pyrkimyksenä on valmiiden tuotteiden toimittaminen työmaalle, on suunnitelmaratkaisuissa huomioitava niin kohteen asettamat rajoitukset, ympäristöolosuhteet, palovaatimukset sekä asiakkaan vaatimukset. Näiden kaikkien tekijöiden on oltava hyvin selvillä kaikille projektin osapuolille sekä keinot, joilla niiden huomiointi varmistetaan. Tämä vaatii ammattitaitoa ja kokemusta sekä projektin johdolta, että suunnittelijoilta.

Teräksen käyttömahdollisuudet korjausrakentamisessa ovat moninaiset aina pienistä aukkojen tuennoista suuriin laajennusten runkorakenteisiin. Tämän vuoksi yhtenäisiä ohjeita tarkastuslistoihin olikin melko vaikea luoda. Pyrin kirjaamaan

listoihin kohdat niin, että niiden soveltaminen olisi helppoa mahdollisimman erilaisissa projekteissa ja kohdat, jotka eivät kyseiseen projektiin sovi, voidaan jättää käymättä läpi. Tarkastuslistoihin jätettiin joissain osakohdissa tilaa vapaalle sanalle, kuten arvioinneille ja perusteluille, jotka haastavat listan täyttäjää kohdan tarkempaan läpikäyntiin ja näin pohtimaan sen vaikutusta kyseessä olevaan projektiin.

Opinnäytetyön aiheessa monet tekijät riippuvat toisistaan, ja raportin tausta-aineistosta oli tehtävä riittävän laaja selkeän kokonaiskuvan luomiseksi. Jo pelkästään teräsrakenteista olisi saanut teoriaa yhteen opinnäytetyöhön, minkä lisäksi halusin kuvata korjausrakennushanketta ja siihen sisältyviä tehtäviä riittävän tarkasti. Pyrin hahmottamaan näiden osa-alueiden nivoutumista yhteen ja kuinka ne vaikuttavat toisiinsa. Työn edetessä vastaan tuli sekä vanhan kertausta, että täysin uusia oivalluksia. Haastattelu- ja kyselytutkimukset olivat korvaamaton apu työtä tehdessä enkä usko, että vastaavaa kokemuksella saatua tietoa olisi saanut helpolla mistään olemassa olevasta aineistosta.

Haastetta työhön toi projektinjohtamisen vaiheisiin tutustuminen ja niiden sisäistäminen. Aiempaa kokemusta tai tietoakaan tästä ei juuri ollut, joten opeteltavaa oli paljon. Työn edetessä asiat alkoivat hahmottumaan tarkemmin, ja siinä samalla myös tarkastuslistoihin tarvittavat sisällöt. Varsinkin suunnittelun tarjousvaihe oli ennen työn aloitusta melko tuntematon aihealue, johon sisältyy monien eri asioiden huomiointia ja varmistamista. Tähän vaiheeseen tutustuminen opetikin ehkä eniten uutta projektitoiminnasta ja projektienhallinnasta.

Suunnitteluperusteet-asiakirjaan kirjataan projektiin liittyvät erityiset vaatimukset ja sitä käytetään apuna muun muassa suunnittelun reunaehtojen määrittelyssä sekä projektien hallinnassa. Täytetty asiakirja hyväksytetään tilaajalla. Kyselytutkimuksessa selvisi, että suurin osa koki korjausrakentamisen projekteissa teräsrakenteiden suunnittelun reunaehtojen jääneen epäselviksi. Tämän asiakirjan hyödyntämisen mahdollisuudet olisikin mielestäni hyvä tunnistaa myös korjausrakentamisen pienemmissä hankkeissa ja projektien riskienhallinnassa. Asiakirja on kuitenkin sisällöltään laaja, eikä näin ollen ehkä sovellu kaikkiin projekteihin samassa muodossa. En lähtenyt tässä työssä kehittämään kyseisestä asiakir-

jasta pienempiin projekteihin soveltuvampaa versiota, mutta näkisin, että vastaavanlainen työkalu antaisi hyvät lähtökohdat ja raamit myös pienemmille korjausrakentamisen projekteille.

Haastattelu- ja kyselytutkimukset kohdistettiin yrityksen asiantuntijoihin ja rakennushankkeen kokonaisorganisaation kannalta vain yhteen osapuoleen, jolloin tarkastuslistojenkin toteutuksessa huomioitiin vain yksi organisaation näkökanta. Aiheen jatkokehityksessä olisi mielestäni kuitenkin hyvä huomioida myös organisaation muiden osapuolien kokemuksia teräsrakenteiden käytöstä korjausrakentamisessa. Esimerkiksi henkilöhaastatteluissa selvittäessäni asiantuntijoiden erityisen hyviä kokemuksia teräsrakenteiden käytöstä korjausrakentamisessa, en saanut juurikaan vastauksia. Yhdeksi perusteluksi tähän sain sen, että työmailta ei juurikaan raportoida hyvin onnistuneita kokemuksia, vaan pelkästään virheet ja epäonnistumiset. Tämä on ymmärrettävää, mutta myös positiivisista kokemuksista voitaisiin oppia ja myöhemmin mahdollisesti hyödyntää näitä hyväksi koettuja ratkaisuja vastaavissa tilanteissa.

Työ opetti paljon sekä teräsrakenteista että rakennesuunnittelusta prosessina, ja uskon näistä tiedoista olevan hyötyä tulevaisuudessa. Projektitiimin jäsenen on tärkeää ymmärtää myös projektinjohdon tehtävät ja tähän liittyvät haasteet, sekä projektin kokonaiskulku valmistelevista tehtävistä projektin viimeistelyyn saakka. Monet näistä projektin toimenpiteistä jäävät niin sanotusti näkymättömäksi niille, joiden vastuulle ne eivät kuulu. Projektien laatu paranee, kun kaikki projektin jäsenet ovat samalla kartalla projektin tavoitteista ja tehtävistä.

Kuvat

- Kuva 1. Suojaamattomien ja palosuojattujen teräsrakenteiden poikkileikkaustekijöitä, s. 22
- Kuva 2. Teräsbetonipilarin vahvistaminen teräsprofiileilla, s. 30
- Kuva 3. Betonipalkin vahvistaminen U-profiililla, s. 30
- Kuva 4. Betonipalkin vahvistaminen teräsprofiileilla, s. 31
- Kuva 5. Betonilaatan halkeamien estäminen lisätuen kohdalla, s. 31
- Kuva 6. Perustusten vahvistaminen teräspaaluilla, s. 32
- Kuva 7. Teräsrakenteisten parvekkeiden ja katosten kannatustapoja, s. 33
- Kuva 8. Aukon tukeminen teräsprofiileilla, s. 34

Kuviot

- Kuvio 1. Standardipalokäyrän ja parametrin palokäyrän ero, s. 21
- Kuvio 2. Palosuoja-aineen kosteuspitoisuuden vaikutus teräksen lämpötilankehitykseen palotilanteessa, s. 23
- Kuvio 3. Korjausrakennushankkeen vaiheet ja päätehtävät, s. 37
- Kuvio 4. Rakennushankkeen eri toteutusmuodot ja niiden vastuunjakautuminen, s. 40
- Kuvio 5. Erityismenettelyn tehtävät, s. 47
- Kuvio 6. Teräsrakenteiden suunnittelu muuntojoustaviksi, s. 61
- Kuvio 7. Teräsrakenteiden toteutussuunnittelun pääsääntöiset lähtötiedot, s. 61
- Kuvio 8. Reunaehtoien määrittely teräsrakenteiden osalta, s. 62
- Kuvio 9. Tietomallintamisen hyödyntäminen teräsrakenteiden suunnittelussa, s. 62
- Kuvio 10. Tietomallintamisen hyödyllisyys teräsrakenteiden suunnittelussa, s. 63
- Kuvio 11. Teräsrakenteiden palosuojauksen ja -mitoituksen huomiointi, s. 64
- Kuvio 12. Teräsrakenteiden palosuojausmenetelmä, s. 64
- Kuvio 13. Teräsrakenteiden valmistusaikataulujen ongelmat, s. 65
- Kuvio 14. Suunnitteluvastuurajojen määrittelyn selkeys rakennesuunnittelijan ja ulkopuolisen tuoteosasuunnittelijan välillä, s. 65
- Kuvio 15. Teräsrakenteiden liitettävyyden varmistaminen olemassa oleviin rakenteisiin, s. 66
- Kuvio 16. Kokoonpanojen asennettavuuden huomiointi, s. 66
- Kuvio 17. Teräsrakenteiden asentamisen aikaisten työturvallisuusasioiden huomiointi korjausrakennesuunnittelussa, s. 67
- Kuvio 18. Korjausrakentamisen aikainen teräsrakenteiden muutossuunnittelun yleisyys, s. 67
- Kuvio 19. Korjausrakentamisen aikaisen muutossuunnittelun syy, s. 68
- Kuvio 20. Rambollin tapa toimia projekteissa, s. 69

Lähteet

Eurokoodit. Kantavien rakenteiden suunnittelun ja toteutuksen siirtymäkauden ohjeistus. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. <https://www.sfs.fi/aihealueet/eurokoodit/julkaisut>. Luettu 16.04.2018.

Hietaniemi, J. 2014. Johdatus toiminnalliseen paloturvallisuussuunnitteluun. <https://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/info/moduuli-2/43toiminnallinen-palomitoitus.pdf>. Luettu 25.04.2018.

Joala, V. 2006. Laserkeilauksen perusteita ja mittauksen suunnittelu. Leica Oy. <http://docplayer.fi/7209674-Laserkeilauksen-perusteita-ja-mittauksen-suunnittelu.html>. Luettu 26.04.2018.

Klemetti, E. 2010. Suunnittelujohtaminen – oikein mitoitettu suunnitteluajataulu ja sen ohjaaminen. Rakentajain kalenteri. Rakennustietosäätiö RTS, Rakennustieto Oy & Rakennusmestarit ja insinöörit AMK RKL ry, 367-377.

Kuosa, J. 2002. Korjausrakentamisen hyvät toimintatavat. Rakennusteollisuus RT ry.

KvantiMOTV. 2010. Menetelmäopetuksen tietovaranto. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto. <http://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/kyselylo-make/laatiminen.html>. Luettu 26.04.2018.

Laurila, P. 2010. Mittaus- ja kartoitustekniikan perusteet, 3. painos. Rovaniemen ammattikorkeakoulun julkaisusarja D nro 3. http://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0ahUKEwio2vzbrNfaAhXFBZoKHRw5DYQQFggvMAE&url=http%3A%2F%2Fvirtual.ramk.fi%2FTuotantoalat%2FJulkaisu_Mittaus%2520ja%2520kartoitustekniikka_Laurila.pdf&usq=AOvVaw1ZxCrO2aVb5ue3gSng6Eys. Luettu 26.04.2018.

LIVI. 2010. Silko 1.301. Teräsrakenteet – Metallit sillankorjausmateriaalina. Yleiset laatuvaatimukset. LIVI, Sillanrakentamisyksikkö.

Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999.

Ongelin P. & Valkonen I. 2016. SSAB Domex Tube – Rakenneputket. EN 1993-käsikirja. SSAB Europe Oy.

Ongelin P. & Valkonen I. 2010. Hitsatut profiilit – EN 1993 käsikirja. Rautaruukki Oyj.

Rajala, M. 2017. Tietomallintaminen korjausrakentamisessa. Rakentajain kalenteri. Rakennustietosäätiö RTS, Rakennustieto Oy & Rakennusmestarit ja insinöörit AMK RKL ry, 105-106.

Rakennustuoteteollisuus ry. 2018. Eurokoodit – eurooppalaiset kantavien rakenteiden suunnittelustandardit. Suomen standardisoimisliitto SFS ry. https://www.sfs.fi/files/309/eurokoodi_web.pdf. Luettu 12.04.2018.

Ramboll Finland Oy. http://www.ramboll.fi/ramboll_finland_oy. Luettu 26.04.2018.

Ramboll Finland Oy. 2018. Sisäinen asiakirja. Ei julkinen.

RIL 174-5. 1991. Korjausrakentaminen 5: Perustukset – Pohjarakenteet. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry.

RIL 174-4. 1988. Korjausrakentaminen 4: Runkorakenteet. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry.

RIL 174-1. 1988. Korjausrakentaminen 1: Yleiset perusteet. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry.

RIL 240-2006. Puurakenteiden laadunvarmistus: Suunnittelu, valmistus, työmaatoteutus, käyttö. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry.

RIL 167-3. 1990. Teräsrakenteet 3. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry.

Risulahti, J. 2016. Tietomallipohjainen rakennesuunnittelu ja lähtötietojen selvitys korjausrakennekohteessa. Tampereen teknillinen yliopisto. <https://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/24265/Risulahti.pdf?sequence=1>. Luettu 26.04.2018.

RT 13-11143. 2014. Konsulttitoiminnan yleiset sopimusehdot KSE 2013. RT-ohjekortti. Rakennustieto.

RT 10-11128. 2013. Rakennesuunnittelun tehtäväluettelo RAK 12. RT-ohjekortti. Rakennustieto.

RT 13-11120. 2013. Suunnittelun johtaminen korjaushankkeessa. RT-ohjekortti. Rakennustieto.

RT 10-11222. 2016. Talonrakennushankkeen kulku. Rakennushankkeen osapuolet. RT-ohjekortti. Rakennustieto.

RT 10-11256. 2017. Talonrakennushankkeen kulku. Yleistä. RT-ohjekortti. Rakennustieto.

RT 10-11105. 2013. Tehtäväluettelot. Käyttöohje KO12. RT-ohjekortti. Rakennustieto.

Saaranen-Kauppinen A. & Puusniekka A. 2006. KvaliMOTV - Menetelmäopetuksen tietovaranto. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto. http://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/kvali/L6_3_2.html. Luettu 10.04.2018.

Salmi, T. Toiminnallinen paloturvallisuussuunnittelu. Ramboll Finland Oy. <http://docplayer.fi/67654875-Toiminnallinen-paloturvallisuussuunnittelu.html>. Luettu 25.04.2018.

SFS-EN 1993-1-2. 2005. Eurokoodi 3: Teräsrakenteiden suunnittelu. Osa 1-2: Yleiset säännöt. Rakenteen palomitoitus. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. Luettu 18.04.2018.

SFS-EN ISO 12944-1:2017. Maalit ja lakat. Teräsrakenteiden korroosionesto suojamaaliyhdistelmillä. Osa 1: Yleistä. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. Luettu 23.04.2018.

SFS-EN ISO 12944-2:2017. Maalit ja lakat. Teräsrakenteiden korroosionesto suojamaaliyhdistelmillä. Osa 2: Ympäristöolosuhteiden luokittelu. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. Luettu 23.04.2018.

SFS-EN ISO 14713-1:2017. Sinkkipinnoitteet. Ohjeet ja suositukset rauta- ja teräsrakenteiden korroosionestoon. Osa 1: Yleiset suunnitteluperiaatteet ja korroosionkestävyys. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. Luettu 23.04.2018.

SFS-EN 1090-2+A1. 2012. Teräs- ja alumiinirakenteiden toteutus. Osa 2: Teräsrakenteita koskevat tekniset vaatimukset. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. Luettu 18.04.2018.

Suomen rakentamismääräyskokoelma 2016. Ympäristöministeriö. www.ym.fi/rakentamismaaraykset. Luettu 12.04.2018.

Teräsrakenneyhdistys ry. 1997. Teräs asuntojen korjausrakentamisessa. Helsinki: Teräsrakenneyhdistys ry. Rakennustieto Oy.

Teräsrakenteet 2017. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakenteiden lujuus ja vakaus. Ohjeet. Ympäristöministeriö. <http://rt.rakennustieto.fi/resource/juha/content/24189#page=1>. Luettu 12.04.2018.

Teräsrakenteiden pintakäsittely 2012. Suomen standardisoimisliitto SFS ry. https://www.sfs.fi/files/1641/1090_pintakasittely_liite_nettti.pdf. Luettu 18.04.2018.

Teräsrakenteiden toleranssit ja asentaminen 2012. Suomen standardisoimisliitto SFS ry. https://www.sfs.fi/files/1481/SFSEN1090toleranssit_nettti.pdf. Luettu 20.04.2018.

Terässtandardit. Suomen standardisoimisliitto SFS ry. <https://www.sfs.fi/files/1483/Terasstandardit.pdf>. Luettu 15.04.2018.

Tietoarkisto. 2017. Kvalitatiivisen datatiedon käsittely. Aineistonhallinnan käsikirja. <http://www.fsd.uta.fi/aineistonhallinta/fi/kvalitatiivisen-datan-kasittely.html>. Luettu 13.04.2018.

Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009.

Väisänen, P. 2007. Teräs – perustietoa arkkitehtiopiskelijoille. http://www.terasrakenneyhdistys.fi/document/1/40/66e53a5/Teras_web.pdf. Luettu 31.03.2018.

YMa 848/2017. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennusten paloturvallisuus. Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170848>. Luettu 20.04.2018.

YTV osa 6. 2012. Laadunvarmistus. Yleiset tietomallivaatimukset. COBIM. https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_6_laadunvarmistus.pdf. Luettu 25.04.2018.

YTV osa 5. 2012. Rakennesuunnittelu. Yleiset tietomallivaatimukset. COBIM. https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_5_rak.pdf. Luettu 25.04.2018.

YTV osa 11. 2012. Tietomallipohjaisen projektin johtaminen. Yleiset tietomallivaatimukset. COBIM. https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_11_projektin_johtaminen.pdf. Luettu 25.04.2018.

YTV osa 1. 2012. Yleinen osuus. Yleiset tietomallivaatimukset. COBIM. https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_6_laadunvarmistus.pdf. Luettu 05.05.2018.

Åström, G. 2017. Erityismenettely – rakennuksen laadun työkalu. Rakennustekniikka. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry. <https://www.ril.fi/fi/rakennustekniikka/teemat/erityismenettely-rakennuksen-laadun-tyokalu.html>. Luettu 04.05.2018.

SYÖVYTTÄVYYS- LUOKKA C	TYYPILLISET YMPÄRISTÖT	
	SISÄILMA	ULKOILMA
C1 hyvin lievä korroosiovaikutus	Lämmitetyt tilat - pieni suhteellinen kosteus - saasteiden määrä merkityksetön - esim. toimistot	Kuiva tai kylmä vyöhyke - vähän saasteita tai kosteutta - esim. tietyt aavikot
C2 lievä korroosiovaikutus	Lämmittämättömät tilat - lämpötila ja suhteellinen kosteus vaihtelevat - esim. urheiluhallit	Lauhkea vyöhyke - vähän saasteita Kuiva tai kylmä vyöhyke - lyhytaikaisesti kosteutta - esim. maaseutu, pienet kaupungit, aavikot
C3 kohtalainen korroosiovaikutus	- kohtalaisesti kondensaatiota - saasteita tuotantoprosesseista - esim. panimot, meijerit, elintarviketehtaat	Lauhkea vyöhyke - kohtalaisesti saasteita - vähäinen kloridien vaikutus Subtrooppiset ja trooppiset vyöhykkeet - vähän saasteita - esim. kaupunkialueet, rannikkoalueet
C4 ankara korroosiovaikutus	- paljon kondensaatiota - saasteita tuotantoprosesseista - esim. uimahallit, teollisuuslaitokset	Lauhkea vyöhyke - paljon saasteita - huomattava kloridien vaikutus Subtrooppiset ja trooppiset vyöhykkeet - kohtalaisesti saasteita - esim. saastuneet kaupunkialueet, teollisuusalueet, altistuminen jäänsulatussuoloille
C5 hyvin ankara korroosiovaikutus	- erittäin runsaasti kondensaatiota ja/tai - paljon saasteita tuotantoprosesseista - esim. kaivokset, teollisiin tarkoituksiin rakennetut luolat	Lauhkeat ja subtrooppiset vyöhykkeet - erittäin paljon saasteita - merkittävä kloridien vaikutus - esim. teollisuusalueet, rannikkoalueet
CX äärimmäinen korroosiovaikutus	- pysyvää kondensaatiota - pitkiä altistumisia äärimmäiselle kosteudelle - paljon saasteita tuotantoprosesseista - esim. ilmastoimattomat hallit kosteilla subtrooppisilla vyöhykkeillä	Subtrooppiset ja trooppiset vyöhykkeet - erittäin paljon saasteita - tuotantoprosessien saasteet ja/tai - voimakas kloridien vaikutus - esim. äärimmäiset teollisuusalueet - rannikko- ja offshore-alueet

1. **Kuinka muuntojoustaviksi teräsrakenteet on suunniteltu korjausrakentamisen projekteissasi?**
 - a. erittäin muuntojoustaviksi
 - b. melko muuntojoustaviksi
 - c. ei lainkaan muuntojoustaviksi
 - d. en osaa sanoa
2. **Millä tavoin muuntojoustavuus on huomioitu?**
 - a. vapaa sana
3. **Mitä lähtötietoja korjauskohteen rakenteista olet pääsääntöisesti käyttänyt teräsrakenteiden toteutussuunnitteluvaiheessa?**
 - a. olemassa olevia suunnitelmia kohteesta
 - b. tarkemittausten avulla saatuja tietoja
 - c. laserkeilauksen avulla luotua inventointimallia
 - d. jotain muuta, mitä?
4. **Kuinka selkeästi teräsrakenteiden suunnittelua koskevat reunaehdot on määritelty korjausrakentamisen projekteissasi?**
 - a. erittäin selkeästi
 - b. melko selkeästi
 - c. ei lainkaan selkeästi
 - d. en osaa sanoa
5. **Miten paljon tietomallintamista on hyödynnetty teräsrakenteiden suunnittelussa korjausrakentamisen projekteissasi?**
 - a. erittäin paljon
 - b. melko paljon
 - c. melko vähän
 - d. ei lainkaan
 - e. en osaa sanoa
6. **Kuinka tämä on vaikuttanut projekteihin?**
 - a. vapaa sana
7. **Kuinka hyödyllisenä koet tietomallintamisen hyödyntämisen teräsrakenteiden suunnittelussa korjausrakentamisen projekteissasi?**
 - a. erittäin hyödyllisenä
 - b. melko hyödyllisenä
 - c. melko hyödyttömänä
 - d. täysin hyödyttömänä
 - e. en osaa sanoa
8. **Miksi koet näin?**
 - a. vapaa sana
9. **Kuinka paljon huomiota on kiinnitetty teräsrakenteiden palosuojaukseen/-mitoitukseen korjausrakentamisen projekteissasi?**
 - a. erittäin paljon
 - b. melko paljon
 - c. melko vähän
 - d. erittäin vähän
 - e. en osaa sanoa
10. **Millä tavalla teräsrakenteiden palosuojaus on toteutettu korjausrakentamisen projekteissasi?**
 - a. palosuojamaalilla
 - b. levytyksillä
 - c. ruiskutettavilla eristeillä
 - d. muuten, miten?

- 11. Onko teräsrakenteiden valmistusaikataulut aiheuttaneet ongelmia korjausrakentamisen projekteissasi?**
- kyllä
 - ei
- 12. Jos vastasit kyllä, mistä nämä ongelmat ovat johtuneet?**
- vapaa sana
- 13. Jos korjausrakentamisen projekteissasi teräsrakenteiden tuoteosasuunnittelusta on vastannut ulkopuolinen taho, kuinka hyvin suunnitteluvastuuraajat on määritelty?**
- erittäin hyvin
 - melko hyvin
 - melko huonosti
 - erittäin huonosti
 - en osaa sanoa
- 14. Kuinka paljon olet itse pystynyt vaikuttamaan suunnitteluvastuuraajojen määrittelyyn?**
- paljon
 - hieman/melko vähän
 - en lainkaan
- 15. Miten olet varmistanut teräsrakenteiden liitettävyyden yhteen olemassa olevien rakenteiden kanssa/sopivuuden kohteeseen? Valitse tärkein tekijä.**
- lähtötietojen tarkkuudella
 - teräsrakenteiden ja liitosten toleransseilla
 - erillisillä liitososilla
 - muuten, miten?
- 16. Kuinka hyvin teräsrakenteiden asennettavuus (kokoonpanojen paino-/kokorajoitukset) on huomioitu korjausrakentamisen projekteissasi?**
- erittäin hyvin
 - melko hyvin
 - melko huonosti
 - erittäin huonosti
 - en osaa sanoa
- 17. Kuinka hyvin teräsrakenteiden asentamisen aikaiset työturvallisuusasiat on otettu huomioon korjausrakennesuunnittelussa?**
- erittäin hyvin
 - melko hyvin
 - melko huonosti
 - erittäin huonosti
 - en osaa sanoa
- 18. Kuinka paljon teräsrakenteiden osalta on jouduttu tekemään korjausrakentamisen aikaista muutossuunnittelua?**
- erittäin paljon
 - melko paljon
 - melko vähän
 - ei lainkaan
 - en osaa sanoa
- 19. Jos teräsrakenteisiin on jouduttu tekemään korjausrakentamisen aikaista muutossuunnittelua, mikä näihin muutostarpeisiin on ollut pääsääntöisesti syynä?**
- inhimillinen virhe suunnitelmissa
 - olemassa olevien rakenteiden sijainti-/materiaalipoikkeamat
 - toteutusvirhe konepajalla
 - joku muu, mikä?

20. Vapaa sana/kehitysehdotukset aiheeseen liittyen:

a. vapaa sana

TERÄSRAKENTEIDEN KÄYTTÖ KORJAUSRAKENTAMISESSA

1. TARKASTUS-/ MUISTILISTA: TARJOUSVAIHE, VALMISTELU

Ohje: Tämä tarkastuslista on tarkoitettu hyödynnettäväksi teräsrakenteiden suunnittelukentämisen projektien tarjousvaiheessa. Tarkastuslista käydään läpi tarjouksen valmistelun lopusta löytyy taulukko revisiomerkinnoille. Tarkastuslistasta voidaan rastittaa läpikäyty. Kohdat, jotka eivät liity ko. projektiin, voidaan jättää rastimatta. Wordissä kommentteja ja viittauksia muihin asiakirjoihin kohdasta Review

Tarkastuslista tallennetaan [redacted]-kansioon ja tarkastuslistatukorttiin [redacted]. Sopimuksen syntyessä tarjous [redacted]-kansioon. Tarkastuslistat on luotu projektin päätösvaiheisiin. Osa tarjousvaiheen osakohteista voidaan jättää pois vaiheesta.

Projektinnumero: _____

Projektin nimi: _____

Täyttäjä: _____

Tarkastaja: _____

Tiedoksi: _____

Tarjousvaiheessa tarjous

1. Lähtötiedot:

lähtötiet

läht

TERÄSRAKENTEIDEN KÄYTTÖ KORJAUSRAKENTAMISESSA 2. TARKASTUS-/ MUISTILISTA: SUUNNITTELUVAIHE

Ohje: Tämä tarkastuslista on tarkoitettu hyödynnettäväksi teräsrakenteiden suunnittelun ja rakentamisen projektien suunnitteluvaiheessa. Listan lopusta löytyy taulukko revisiokäytöstä, josta tarkastuslistasta voidaan rastia kohta, kun se on läpikäyty. Kohdat, jotka eivät liity tarkastukseen, jätetään rastimatta. Listan kohtiin voi lisätä Wordissa kommentteja ja viitteitä joihin kohdasta Review > New Comment.

Tarkastuslista tallennetaan [REDACTED] -kansioon ja tarkastuslistat on tallennettuna [REDACTED] -kansiin. Tarkastuslistat on tarkastettavana [REDACTED] -kansiin. Tarkastuslistat on tarkastettavana [REDACTED] -kansiin. Osa projektin suunnitteluvaiheesta on tarkastettavana [REDACTED] -kansiin. Osa projektin suunnitteluvaiheesta on tarkastettavana [REDACTED] -kansiin. Osa projektin suunnitteluvaiheesta on tarkastettavana [REDACTED] -kansiin. Osa projektin suunnitteluvaiheesta on tarkastettavana [REDACTED] -kansiin.

Projektin numero: _____

Projektin nimi: _____

Täyttäjä: _____

Tarkastaja: _____

Tiedoksi: _____

Suunnitteluvaiheessa tarkastettavat:

1. Lähtötiedot:

lähtötietokartta

akkaari

TERÄSRAKENTEIDEN KÄYTTÖ KORJAUSRAKENTAMISESSA

3. TARKASTUS-/ MUISTILISTA: TOTEUTUSVAIHE

Ohje: Tämä tarkastuslista on tarkoitettu hyödynnettäväksi teräsrakenteiden suunnittamisen projektien toteutusvaiheessa. Tarkastuslista käydään läpi toteutusvaiheessa, jolloin osakohtia voidaan tarkentaa suunnittelun edetessä. Listan lopuksi on lisätty visioimerkinnoille. Tarkastuslistasta voidaan rasti kohtaa, kun se on läpikäyty. Jos ko. projektiin, voidaan jättää rasti. Listan kohtiin voi lisätä kommentteja. Tarkastuslistan muokkaus tapahtuu klikkaamalla kohtaa. Lisätietoja W-tauksia muihin asiakirjoihin kohdasta Review > New Comment.

Tarkastuslista tallennetaan [redacted] -kansioon ja luovutetaan [redacted]. Tarkastuslistat on luotu projektin ja päätösvaiheisiin.

Projektinumero: _____

Projektin nimi: _____

Täyttävä: _____

Tarkastaja: _____

Tiedoksi: _____

Toteutusvaihe:

1. Aika

□

TERÄSRAKENTEIDEN KÄYTTÖ KORJAUSRAKENTAMISESSA

4. TARKASTUS-/ MUISTILISTA: PÄÄTÖSVAIHE

Ohje: Tämä tarkastuslista on tarkoitettu hyödynnettäväksi teräsrakenteiden suunnittelussa rakentamisen projektien päätösvaiheessa. Listan lopusta löytyy taulukko revisiomerkinneistä, josta voidaan rastia kohta, kun se on läpikäyty. Listan kohtiin voi lisätä Wordin kommentteja ja viittauksia muihin asiakirjoihin kohdasta Review > New Comment.

Tarkastuslista tallennetaan [REDACTED] -kansioon ja tarkastuslistat tallennetaan [REDACTED] -kansiin. Tarkastuslistat on luotu projektin toteutus- ja päätösvaiheisiin.

Projektinumero: _____

Projektin nimi: _____

Täyttäjä: _____

Tarkastaja: _____

Tiedoksi: _____

Huom. Projektien riskienhallinnan kehittäminen päätösvaiheen tiedoksi.

Päätösvaiheessa käydään

1. Sisäinen loppukatsaus

projektis

