

Saimaan ammattikorkeakoulu
Tekniikka Lappeenranta
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutus
Rakennesuunnittelun suuntautumisvaihtoehto

Anni Kuittinen

Täydentävien teräsrakenteiden suunnittelu teollisuudessa

Opinnäytetyö 2019

Tiivistelmä

Anni Kuittinen

Täydentävien teräsrakenteiden suunnittelu teollisuudessa, 57 sivua, 1 liite

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikka Lappeenranta

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutus

Rakennesuunnittelu

Opinnäytetyö 2019

Ohjaajat: Lehtori Petri Himmi, Saimaan ammattikorkeakoulu,

Ryhmäpäällikkö Petri Tojkander, Sweco Rakennetekniikka Oy

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa täydentävien teräsrakenteiden suunnitteluohje, jonka avulla kyseisten rakenteiden suunnittelu olisi sujuvampaa suunnittelijoille, jotka eivät päivittäin suunnittele teräsrakenteita, kuten esimerkiksi betonirakenteiden suunnittelija. Lisäksi ohjeen olisi tarkoitus yhtenäistää suunnittelua yrityksen sisällä kokoamalla käytössä olevia ratkaisuja yhteen ohjeeseen. Työn tilaajana toimi Sweco Rakennetekniikka Oy.

Työn teoriaosuudessa käydään läpi teräsrakenteiden suunnittelua ja toteutusta sekä niiden käyttökohteita teollisuusrakentamisessa. Työssä on lisäksi käsitelty suunnitteluohjeen sisältöön liittyen taustaa ja teoriaa, jota suunnittelija voi hyödyntää varsinaisen ohjeen lisäksi. Opinnäytetyön teoriaosuuden laatimisen pohjana on käytetty rakennusalan kirjallisuutta ja Internet-lähteitä. Ohjeen tekemistä varten perehdyttiin suunnitteluun liittyviin standardeihin, käsikirjoihin ja alan oppikirjoihin sekä lisäksi ohjeeseen pyrittiin kokoamaan yrityksen asiantuntijoiden kokemusten perusteella ohjeita toimivista ratkaisuista.

Suunnitteluohjeen tarkoituksena on, että kokematonkin suunnittelija löytäisi tarvittavat ohjeet jonkin rakenteen suunnitteluun alusta loppuun asti. Ohje sisältää ohjeistukset materiaalien, pintakäsittelyjen ja liitostyyppien valintaan ja viittaukset tarkempiin ohjeistuksiin ja standardeihin, mikäli sellaisille on tarvetta. Ohjeen ei ole tarkoitus sisältää kaikkea teräsrakenteiden suunnittelusta, vaan olennaisimpia huomioon otettavia perusasioita.

Asiasanat: teräsrakenteet, teollisuusrakentaminen, suunnitteluohje

Abstract

Anni Kuittinen

Design of complementary steel structures in industry, 57 Pages, 1 Appendix

Saimaa University of Applied Sciences

Technology Lappeenranta

Civil and Construction Engineering

Structural Engineering

Bachelor's Thesis 2019

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

Mr Petri Tojkander, Team manager, Sweco Structures Ltd

The purpose of this thesis was to produce a steel structure design guide, which would make the design of steel structures easier. The guide is intended especially for new and inexperienced designers or designer who do not design steel structures on daily basis, for example a concrete structure designer. In addition, the guide should unify designing within the company by bringing together existing solutions in a single guide. The work was commissioned by Sweco Structures Ltd.

The theoretical part of this thesis deals with the design and implementation of steel structures and the background and theory that the designer can use with the actual design guide. The information of the theoretical part was gathered from literature, internet sources, design standards and steel construction handbooks. In addition, the guide compiled working solutions based on the experience of the company's experts.

The final result of this thesis was a design guide which is for an inexperienced designer to find the necessary instructions for designing a structure from start to finish. The guide includes guidelines for selecting materials, sections, profiles, finishes and connection types. The guide is not intended to provide all the information for steel structures designing, only the most essential basics and references to more specific guides and standards.

Keywords: steel structures, industrial construction, design guide

Sisällys

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Johdanto | 6 |
| 2 | Teräs rakennusmateriaalina | 7 |
| 2.1 | Teräslajit | 7 |
| 2.2 | Materiaalimerkinnot | 8 |
| 2.3 | Käytettävät tuotteet | 8 |
| 3 | Teräsrakenteiden suunnittelu | 9 |
| 3.1 | Suunnittelun lähtökohdat | 10 |
| 3.2 | Maankäyttö- ja rakennuslaki sekä SRMK | 11 |
| 3.3 | SFS-standardit | 11 |
| 3.4 | Toteutusasiakirjat | 12 |
| 3.5 | Tekniset vaatimukset | 15 |
| 4 | Suunnitteluprosessi | 16 |
| 4.1 | Esisuunnittelu | 17 |
| 4.2 | Perussuunnittelu | 18 |
| 4.3 | Toteutussuunnittelu | 18 |
| 5 | Teräsrakenteiden käyttö teollisuudessa | 19 |
| 5.1 | Portaat ja suojakaiteet | 20 |
| 5.2 | Kiinteät tikkaat | 24 |
| 5.3 | Hoitotasot ja kulkutiet | 26 |
| 5.4 | Nostinkiskot | 27 |
| 5.5 | Porrastornit | 29 |
| 6 | Suunnittelun ohjaus | 30 |
| 6.1 | Suunnitteluohjeen laatiminen | 30 |
| 6.2 | Kyselyn toteuttaminen | 31 |
| 7 | Teräsrakenteiden suunnitteluohje | 32 |
| 7.1 | Rakenneteräkset | 32 |
| 7.2 | Kuumavalssatut teräkset ja profiilit | 33 |
| 7.3 | Rakenneputket | 35 |
| 7.4 | Hitsatut profiilit | 36 |
| 7.5 | Kylmämuovatut profiilit | 38 |
| 7.6 | Ruostumattomat teräkset | 39 |
| 7.7 | Pintakäsittely | 41 |
| 7.8 | Palosuojaus | 43 |
| 7.9 | Liitokset | 44 |
| 7.9.1 | Liitosten suunnittelu | 44 |
| 7.9.2 | Kiinnikkeet | 45 |
| 7.9.3 | Ruuvien kestävyys | 46 |
| 7.9.4 | Hitsaus | 48 |
| 7.10 | Kustannukset | 51 |
| 8 | Yhteenveto ja pohdinta | 52 |
| | Lähteet | 55 |

Liitteet

Liite 1. Teräsrakenteiden suunnitteluohje

1 Johdanto

Työn tavoitteena on laatia teräsrakenteiden suunnitteluohje, johon kerätään olennainen ja ajantasainen tieto sekä yhtenäistettyjä suunnitteluratkaisuja, joita esimerkiksi betonirakenteiden suunnittelija voi hyödyntää suunnitellessaan työssään myös teräsrakenteita. Työn tarkoituksena on kehittää teräsrakenteiden suunnitteluprosessia siten, että suunnittelu nopeutuisi ja helpottuisi ja ohje toimisi kattavana tietolähteenä niin aloittelevalle teräsrakennesuunnittelijalle kuin kokeneemmallekin suunnittelijalle.

Opinnäytetyön tilaajana toimii suunnittelu- ja konsultointialan yritys Sweco Rakennetekniikka Oy ja tarkemmin yrityksen teollisuusosasto, joka osallistuu pääasiassa erilaisiin laitoshankkeisiin. Ohje tulee yrityksen sisäiseen käyttöön eikä siksi tule tämän opinnäytetyön julkiseen versioon näkyviin. Suunnitteluohje käsittelee pääasiallisesti teollisuusrakennusten täydentäviä rakenteita ja rakenneosia kuten hoitotasot, nostinpalkit, katokset, kaiteet, tikkaat ja portaat sekä porrastornit.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa keskitytään teollisuushankkeissa tapahtuvaan teräsrakennesuunnitteluun. Työssä käsitellään teräsrakenteiden suunnitteluprosessia, teräsrakennesuunnittelun vaatimuksia ja ohjeistusta sekä myös erilaisten rakenteiden suunnittelun pääkohtia. Lisäksi esitellään yritykselle tuotettavan suunnitteluohjeen laatimisprosessia ja sen lähtökohtia ja sisältöä. Ohjeeseen liitetyt teetetään kysely suunnittelijoille, jonka vastausten perusteella pystytään kartoittamaan paremmin ohjeen tarpeet ja sisältö.

Tavoitteena on luoda yhtenäinen ja ajantasainen suunnitteluohje teollisuusosaston suunnittelijoille helpottamaan ja yhtenäistämään teräsrakenteiden suunnittelua. Ohjeen on tarkoitus olla apuna esimerkiksi betonirakenteiden suunnittelijalle, joka työssään suunnittelee joskus myös joitain teräsrakenteita ja teräsrakenteiden suunnittelu ei ole kunnolla muistissa, tai suunnittelijalle, jolla ei vielä ole paljon kokemusta teräsrakenteista. Tällöin voisi olla hyötyä ohjeesta, johon on kerätty olennaisimpia huomioon otettavia asioita suunnittelussa ja esimerkkejä käytössä olevista ratkaisuista sekä esimerkiksi tieto siitä, mitkä standardit ohjaavat tiettyjen rakenteiden suunnittelua.

Työ käsittelee teräsrakenteiden suunnittelua teollisuuden laitoshankkeissa. Suunnitteluohjeen sisältö on rajattu pääasiassa sekundäärisiin rakenteisiin eli täydentäviin rakenteisiin ja pois on jätetty kokonaan AA-luokan rakenteet ja rakenneosat.

Laadittava suunnitteluohje ei käsittele varsinaista rakenteiden mitoitusta, lukuun ottamatta joitain yksinkertaistettuja esimerkkejä hitsauksen mitoituksesta tai pulttiliitoksen kestävyuden arvioimisesta taulukon avulla. Ohjeen sisältö painottuu pääasiassa ohjeistukseen erilaisista käytössä olevista ratkaisuista, jotka liittyvät esimerkiksi eri materiaalien käyttöön ja materiaalin valintaan, pintakäsittelyyn, kustannuksiin ja liitostyyppien valintaan. Verrataan erilaisia ratkaisuja keskenään, annetaan esimerkkejä toimivista ratkaisuista, jotta vältetään virheellisiltä ratkaisuilta sekä kootaan tieto huomioon otettavista asioista ja suunnittelua ohjaavista standardeista.

2 Teräs rakennusmateriaalina

Teräksellä tarkoitetaan raudan ja hiilen seosta, jossa hiilipitoisuus on pienempi kuin 1,7 %. Jos hiilipitoisuus on korkeampi kuin 1,7 %, kyseessä on valurauta. Ruostumattomat teräkset sisältävät enintään 0,1 % hiiltä ja vähintään 10,5 % kromia. Teräslajeja on olemassa nykyisin jo useita tuhansia ja suurin osa niistä on kehitetty 20 viime vuoden aikana. Teräksiä voidaan luokitella monella eri tavalla ja yleisimmin ne luokitellaan käyttötarkoituksen mukaan: rakenneteräkset (kone-teräkset ja varsinaiset rakenneteräkset), työkaluteräkset (joilla työstetään muita teräksiä) ja erikoisteräkset (ruostumattomat, haponkestävät, säänkestävät, luodinkestävät ja hankaavaa kulutusta kestävät teräkset). (Väisänen 2007.)

2.1 Teräslajit

Tavallista rakenteissa käytettävää terästä kutsutaan rakenneteräkseksi erotuksena ruostumattomasta teräksestä. Rakenneterästuotteet voidaan jakaa kuumavalssattuihin ja kylmämuovattuihin teräksiin. Kuumavalssattuja tuotteita ovat levyt, nauhat, rainat, kuumavalssatut profiilit ja tangot ym. Kylmämuovattuja tuotteita ovat mm. erilaiset rakenneputket, muotolevyt, ohutlevyt, sauvat, kasetit ja sandwich-elementit. (Kaitila 2014, 23.)

Ruostumattomat teräkset sisältävät enintään 0,1 % hiiltä ja vähintään 10,5 % kromia. Ruostumattomia teräksiä käytetään, kun rakenteelta vaaditaan erityistä kestävyyttä korroosion suhteen, kuten esimerkiksi meri- tai teollisuusolosuhteissa. Ruostumattomasta teräksestä valmistetaan tuotteita, joilta vaaditaan hyvää pinnanlaatua ja kovaa säänkestävyyttä. (Kaitila 2014, 13.)

2.2 Materiaalimerkinnät

Teräslaji määräytyy yleisimmin kemiallisen koostumuksen perusteella. Usein kemiallinen koostumus ei ole kuitenkaan terästuotteen oleellinen ominaisuus. Sen sijaan esimerkiksi rakenneteräksen käyttäjää kiinnostaa teräksen ominaisuudet, kuten lujuus tai sitkeys. Euroopassa on käytössä kaksi nimikejärjestelmää, toisessa nimikkeet perustuvat käyttökohteeseen ja keskeisiin ominaisuuksiin tai kemialliseen koostumukseen ja toisessa teräslajit esitetään numerotunnuksin. Rakenneteräket merkitään käyttökohteen ja ominaisuuksien perusteella, mutta ruostumattomien terästen merkintänä käytetään yleensä numerotunnuksia. (Terässtandardit 2018.)

Yleisimmin käytössä olevat rakenneteräslajit ovat S235 ja S355, joista S355 on nykyään yleisin. Rakenneterästen tunnuksent merkitään standardien SFS-EN 10025, SFS-EN 10027-1 ja SFS-EN 10027-2 mukaan. Rakenneteräksen merkintä koostuu päätunnuksesta ja lisätunnuksesta. Päätunnuksen muodostaa kirjain S, jonka perässä on ohuimman paksuusalueen myötölujuuden vähimmäisarvo yksikössä N/mm². Päätunnuksen jälkeen tulee lisätunnus, joka tarkoittaa iskutikeydestä ja testauslämpötilasta riippuvaa laatuluokkaa. Seostamattomilla rakenneteräksillä lisätunnuksen kirjaimet K ja J kuvaavat iskutikeysvaatimusta ja kirjain R ja numerot 0 ja 2 kuvaavat iskutikeyden testauslämpötilaa. Esimerkiksi merkintä S355K2 tarkoittaa rakenneterästä, jonka myötölujuuden vähimmäisarvo on 355 N/mm² ja iskutikeysvaatimus on vähintään 40J testauslämpötilan ollessa -20°C. (Kaitila 2014, 22.)

2.3 Käytettävät tuotteet

Kuumavalssatut standardoidut poikkileikkaukset ovat levytuotteiden ohella yleisimmin tunnettuja ja käytettyjä terästuotteita sekä kantavissa rakenteissa, että monissa muissa teräksen käyttökohteissa, kuten teollisuuden sekundäärisissä

rakenteissa. Tankomaisia tuotteita ovat pyöreän, suorakaiteen tai neliön muotoiset tangot ja erilaiset kulmaterästangot sekä T-, U-, ja Z-tangot. Tavallisimmat ja helposti saatavat I-profiilit ovat leveälaippaiset HEA-, ja HEB-profiilit sekä IPE- ja INP-profiilit. Kuumavalssatut levyt ovat teräksen perustuotteita. Niitä valmistetaan 3-5 mm paksuudesta jopa 100 mm paksuuteen ja nykyaikaisilla laitteistoilla niitä on mahdollista valmistaa jopa yli 3000 mm levyisinä. (Kaitila 2014, 23.)

Rakenneputkia käytetään erityisesti ristikkorakenteissa ja pilareissa suuren vääntöjäykkyyden ja hyvän taivutuskestävyyden takia. Rakenneputkia on olemassa neliön, suorakaiteen ja pyöreän muotoisia. Rakenneputkien kokovalikoima on runsas ja siksi ne ovat monikäyttöisiä rakennustuotteita. Pyöreitä putkia on saatavilla parista kymmenestä millimetristä lähes metrin halkaisijaan ja neliö- ja suorakaideputket voivat olla n. 500x500 mm kokoisia. Rakenneputkia valmistetaan sekä kuumavalssattuina, että kylmämuovattuina. Kylmämuovattut rakenneputket ovat yleisemmin käytössä olevia kuin kuumavalssatut. (Kaitila 2014, 23.)

Hitsattuja profiileita on tullut yhä enemmän kuumavalssattujen tuotteiden rinnalle hitsaustekniikan kehittymisen ansioista. Hitsaamalla saadaan tehtyä isoja ja vapaasti muotoiltuja poikkileikkauksia kun tarvitaan erityistä kestävyyttä ja kuormankantokykyä. Suurilla kokoluokilla hitsattu profiili tulee usein halvemmaksi kuin vastaavan kokoinen kuumavalssattu standardoitu profiili.

Käytetyimpiä kylmämuovattuja tuotteita rakenneputkien ohella ovat erilaiset ohutlevyrakenteet ja muotolevyt. Ohutlevyt ovat kuumavalssatusta levystä kylmämuovamalla valmistettuja alle 3 mm paksuisia levyjä. Ohutlevytuotteita ovat vesikatteet, profiililevyt, julkisivukasetit, liittolevyt, kevytorret, väliseinärankajärjestelmät, reikälevyt, kaarevat profiililevyt, ohutlevylistat, erikoislistat, ohutlevystä valmistetut muottirakenteet sekä teollisuusovet. (Väisänen 2007, 67.)

3 Teräsrakenteiden suunnittelu

Teräsrakenteiden käyttö on yleistä teollisuusrakentamisessa, koska teräs on materiaali, joka sopii hyvin esivalmistukseen ja siitä voidaan valmistaa konepajoilla valmiita rakennneosia, joiden asentaminen on nopeaa ja tehokasta. Standardoitu-

jen rakenneosien avulla valmistettuja mittatarkkoja rakenteita tehtäessä säästetään aikaa, mikä taas tarkoittaa kustannuksien pienenemistä. Teräksen hitsattavuus mahdollistaa rakenteiden muunneltavuuden niin työmaa-aikana kuin sen jälkeenkin. Tämän vuoksi teräksestä valmistetut rakenteet voivat saada elinkaarensa aikana useita eri käyttötarkoituksia poiketen alkuperäisestä tarkoituksesta. (Hämeen Ammattikorkeakoulu 2008, 20.)

Teräksen yksi suurimpia hyviä puolia rakennusmateriaalina on sen hyvä lujuuspainosuhte ja tästä syystä teräksestä valmistetut rakenteet ovat usein mittasuhteiltaan pienempiä, kuin esimerkiksi betonirakenteet. Lisäksi teräksen keveys vaikuttaa myös rakenteen perustuksen kokoon, mikä vaikuttaa taas kustannuksiin. (Hämeen Ammattikorkeakoulu 2008, 20.)

3.1 Suunnittelun lähtökohdat

Suunnittelija vastaa suunnittelemiensa rakenteiden turvallisuudesta. Tässä hänellä on apuna määräykset, standardit, ohjeet ja normit. Suunnitteluohjeiden tarkoituksena on minimoida riskejä, tukea suunnittelijan ammattitaitoa ja antaa esimerkkejä toimivista käytössä olevista ratkaisuista.

Suomessa suunnittelua määrää ensisijaisesti maankäyttö- ja rakentamislaki. Suomen rakentamismääräyskokoelma sisältää täydentäviä määräyksiä ja ohjeita maankäyttö- ja rakennuslakiin, sekä Maankäyttö- ja rakennusasetukseen.

Teräsrakenteiden suunnittelua ohjaa myös vahvasti kansainväliset EN-standardit eli Eurokoodi-järjestelmä. Standardin tarkoituksena on yhtenäistää suunnittelua kansainvälisesti ja helpottaa maiden välistä yhteistyötä rakennushankkeissa. Eurokoodi-järjestelmän käyttö edellyttää kuitenkin ns. kansallisten liitteiden käyttöä, joissa valtiot ovat määritelleet tiettyjen parametrien arvot kansallisesti. (Kaitila 2014, 9.)

On kuitenkin tärkeää, että suunnittelutyön lähtökohtina käytetään ainoastaan samasta järjestelmästä otettuja ohjeita. Esimerkiksi rakentamismääräyskokoelmien mukaan määritetyt kuormat ja Eurokoodi-järjestelmän mukaisesti lasketut rakenteiden kestävyys saattavat antaa epävarmalla puolella olevia kestävyysarvoja tai vastaavasti myös huomattavasti liian suuria kestävyysarvoja. (Kaitila 2014, 9.)

3.2 Maankäyttö- ja rakennuslaki sekä SRMK

Maankäyttö- ja rakennuslaissa määritellään rakentamista koskevat yleiset edellytykset, olennaiset tekniset vaatimukset sekä rakentamisen lupamenettely ja viranomaisvalvonta. Maankäyttö- ja rakennuslain tavoitteena on järjestää alueiden käyttö ja rakentaminen niin, että ne luovat edellytykset hyvälle elinympäristölle ja edistää ekologisesti, taloudellisesti, sosiaalisesti ja kulttuurisesti kestäväää kehitystä sekä turvata suunnittelun laatu, vuorovaikutteisuus, asiantuntemuksen monipuolisuus, avoin tiedottaminen ja kansalaisten osallistumismahdollisuus asioiden valmistelussa. (Ympäristöministeriö 2013.)

SRMK eli Suomen rakentamismääräyskokoelma sisältää täydentäviä määräyksiä ja ohjeita maankäyttö- ja rakennuslakiin sekä Maankäyttö- ja rakennusasetukseen. Määräykset ovat uudisrakentamisessa kaikkia osapuolia sitovia, Ympäristöministeriön antamat ohjeet taas ovat esimerkkejä määräykset täyttävistä ratkaisuista. (Ympäristöministeriö 2016.)

3.3 SFS-standardit

Suomessa teräsrakenteiden suunnitteluun annetaan ohjeistus myös kansainvälisessä Eurokoodi-järjestelmässä. Järjestelmä on kehitetty eurooppalaisen rakennusteollisuuden kilpailukyvyn parantamiseksi sekä EU:n alueella että muualla maailmassa. Eurokoodi 3 eli SFS-EN 1993 standardisarja käsittelee teräsrakenteiden suunnittelua ja mitoitusta ja sisältää kaiken kaikkiaan 20 osaa. Lisäksi on standardisarja SFS-EN 1090, jossa käsitellään teräsrakenteiden toteutusta ja annetaan myös ohjeistusta suunnitteluun. (Kaitila 2014, 9.)

Teräksen käyttöä materiaalina ohjaa erilliset terässtandardit, jotka määrittelevät teräksen tekniset vaatimukset. Keskeisiä terässtandardeja ovat ainestandardit. Ainestandardilla tarkoitetaan terästuotteen teknisiä vaatimuksia, esimerkiksi kemiallinen koostumus, mekaaniset ominaisuudet ja testaus. Ainestandardit on ryhmitelty terästyypin mukaan, esimerkiksi seostamattomat hitsattavat rakenne-teräkset, ruostumattomat teräkset, nuorrutusteräkset. (Väisänen 2007, 27).

3.4 Toteutusasiakirjat

Rakennesuunnittelijan on laadittava rakenteiden toteuttamiseksi tarvittavat tekniset tiedot ja vaatimukset sisältävät toteutusasiakirjat ennen kunkin rakennusosan toteutusta. Toteutusasiakirjoihin kuuluvat laskelmat, piirustukset, työselostus, laadittu rakenteiden kuntotutkimus sekä mahdolliset muut tarvittavat selvitykset. Jos suunnittelussa ja toteutuksessa käytetään eurokoodia, toteutuseritelmä katsotaan toteutusasiakirjaksi. (Ympäristöministeriön asetus kantavista rakenteista 477/2014.)

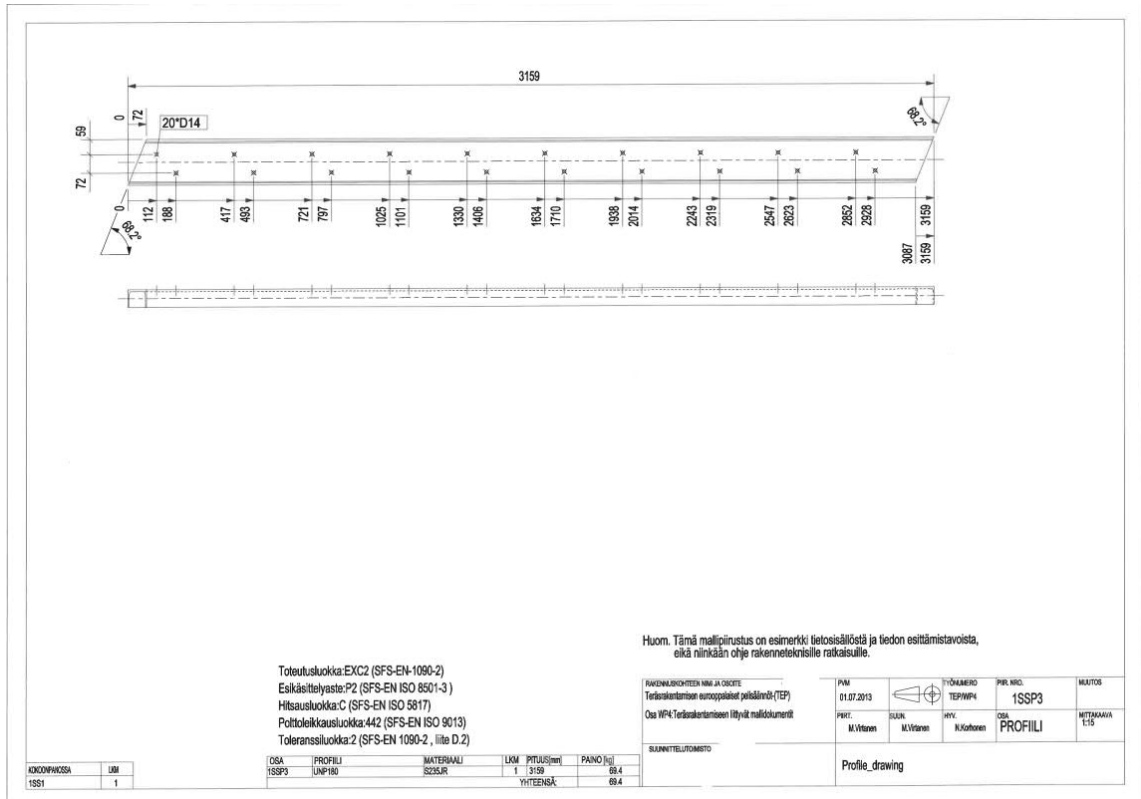
Toteutusasiakirjat sisältävät yleensä vähintään seuraavat asiat:

- rakennepiirustukset
- standardin SFS-EN 1090-2 mukaiset vaatimukset, kuten esimerkiksi käytettävät toteutusluokat, toleranssiluokat, esikäsitteilyasteet sekä standardin SFS-EN 1090-2 liitteen A mukaiset tarvittavat tiedot
- muut noudatettavat asiakirjat tai viittaukset muihin asiakirjoihin
- tarvittaessa teräsrakennetyöt, joita SFS-EN 1090-2 ei kata (esimerkiksi teräsrakenteen palosuojaustyöt). (Teräsrakenteet 2019, 5.)

Teräsrakenteiden rakennepiirustuksiin kuuluvat yleis-, asennus-, tuotanto- ja erityispiirustukset (RIL 229-1-2013 2013). Yleispiirustukset laaditaan tarjouskyselyä ja varten. Yleispiirustuksiin lukeutuvat erilaiset taso- ja leikkauspiirustukset sekä tarvittavat detaljit, joista ilmenee rakenteen sijainti, päämitat, rakenneosien profiilit ja käytettävät materiaalit. Näiden pohjalta laaditaan tuotanto- ja asennuspiirustukset.

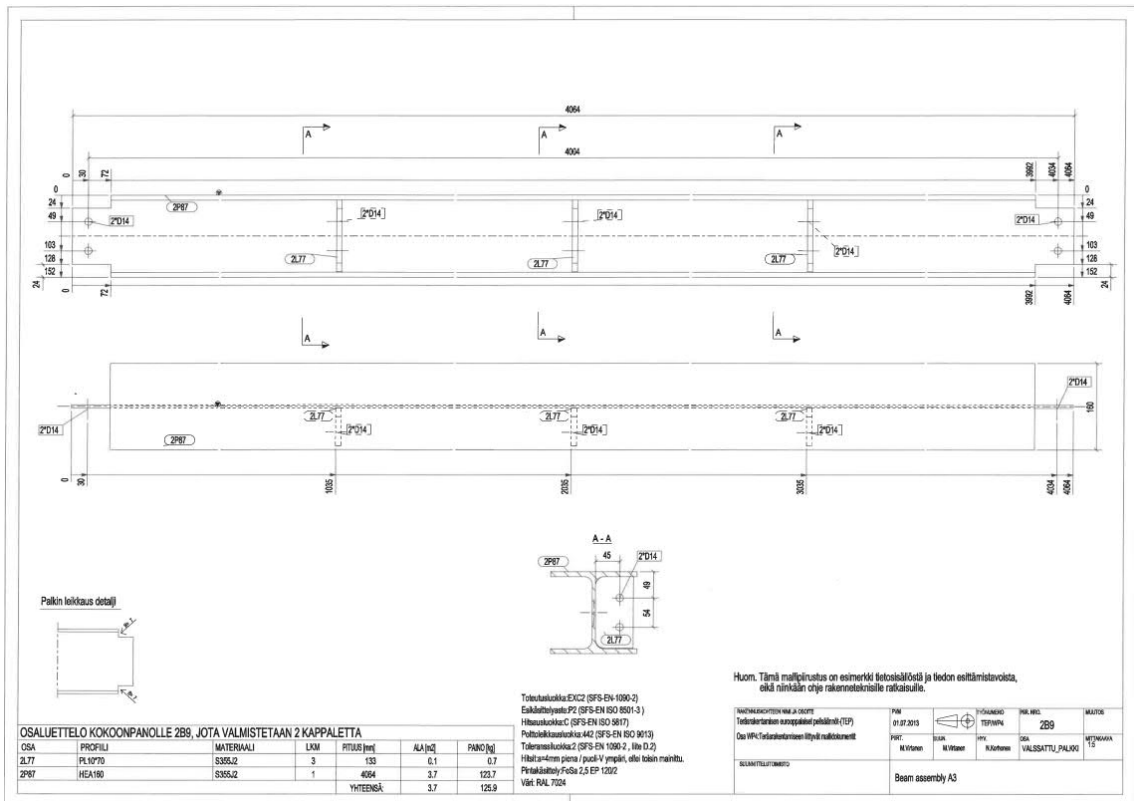
Tuotanto- ja asennuspiirustuksiin, eli valmistuspiirustuksiin kuuluvat osa-, kokoonpano- ja asennuspiirustukset. Osa- ja kokoonpanopiirustukset tehdään konepajalle rakenneosien valmistusta varten. Asennuspiirustuksia ovat urakoitsijaa varten tehtävät piirustukset, joiden perusteella rakenne pystytetään oikeaan sijaintiin ja korkoon. (RIL167-3-1990 1990.)

Osapiirustuksissa esitetään jokainen yksittäinen osa ja tärkeintä on reikien paikalleen sijoittaminen (Kuva 1). Piirustuksessa esitetään myös osien tunnus, kappalemäärä, materiaali, pituus, paino ja käytettävä profiili. Piirustuksessa ilmoitetaan myös missä kokoonpanoissa osaa käytetään ja kuinka monta kappaletta.



Kuva 1. Osapiirustus (RIL 229-2-2013 2013, 74)

Kokoonpanopiirustuksessa toisiinsa liitettävät osat mitoitetaan paikoilleen, esitetään osatunnukset ja ilmoitetaan korko ja valmistettava kappalemäärä. Jos on olemassa riski, että kokoonpano voidaan asentaa väärinpäin, on hyvä ilmoittaa myös asennussuunta asennusmerkillä piirustuksessa. Piirustuksessa on tärkeää olla myös osaluettelo, josta käy ilmi kaikki kokoonpanossa käytettävät osat, niiden pituus paino, pinta-ala, materiaali sekä lukumäärä. Kokoonpanopiirustuksessa on myös käytävä ilmi rakenneosan valmistuksessa noudatettavat tekniset vaatimukset, kuten toteutusluokka (Kuva 2).



Kuva 2. Kokoonpanopiirustus (RIL 229-2-2013 2013, 71)

Asennuspiirustus on urakoitsijaa varten tehtävä piirustus, josta käy ilmi rakenteen päämitat, sijainti ja korot sekä käytettävät profiilit (Kuva 3). Piirustuksen on oltava selkeä ja siitä on käytävä ilmi jokaisen kokoonpanon sijainti. Myös rakenteen mahdollinen liittyminen viereisiin rakenteisiin on hyvä näyttää.

Toteutusluokka valitaan standardin SFS-EN 1993-1-1 ja sen kansallisen liitteen mukaan. Toteutusluokka voi koskea koko rakennetta tai rakenteen tiettyjä osia, joten yksi teräsrakenne voi sisältää useampia toteutusluokkia. Teräsrakenteiden toteutukselle asetetut vaatimukset jaetaan rakenteen vaativuuden mukaan neljään toteutusluokkaan EXC1, EXC2, EXC3, EXC4, joista EXC4 on vaativin. Standardissa EN 1090-2 todetaan, että käytetään toteutusluokkaa EXC2, jos mitään toteutusluokkaa ei ole erikseen määritetty. Toteutusluokan valinta perustuu kolmeen eri tekijään:

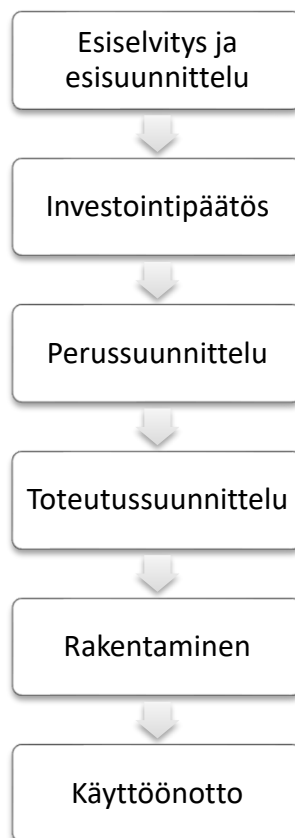
- vaadittuun luotettavuuteen, eli luotettavuusluokka RC tai seuraamusluokka CC
- rakenteen, kokoonpanon tai yksityiskohtaan tyyppiin
- kuormituksen tyyppiin, jolle rakenne, kokoonpano tai yksityiskohta on suunniteltu. (SFS-EN 1993-1-1 2014.)

Toteutuseritelmässä tulee tarvittaessa esittää noudatettavat esikäsittelyasteet. Esikäsittelyaste voi koskea koko rakennetta, rakenteen yksittäistä osaa tai tiettyä yksityiskohtaa.

Toleranssiluokat määritellään standardin SFS-EN 1090-2:2018 liitteen B mukaan. Toleranssit jaotellaan olennaisiin ja toiminnallisiin toleransseihin, jotka on eritelty vielä valmistustoleransseihin ja asennustoleransseihin. Toleranssiluokkia on kaksi, luokka 1 ja luokka 2, joista luokka 2 on vaativampi.

4 Suunnitteluprosessi

Laitoshankkeen toteutus ja suunnittelu voidaan karkeasti jakaa seuraaviin päävaiheisiin: esiselvitys ja esisuunnittelu, investointipäätös, perussuunnittelu sekä toteutusvaihe, joka pitää sisällään toteutussuunnittelun ja rakentamisen ja lopulta käyttöönoton (Kuva 4).



Kuva 4. Suunnitteluprosessi

Teräsrakenteiden mitoitus ja suunnittelu voivat olla joko kiinteä osa laitossuunnitteluprojektia tai itsenäisiä toimeksiantoja esimerkiksi olemassa olevan tehtaan muutoshankkeissa. Kun puhutaan teollisuushankkeen suunnitteluprosessista, suunnittelu jaetaan kolmeen päävaiheeseen: esisuunnitteluun, perussuunnitteluun ja toteutussuunnitteluun. Esisuunnitteluvaiheessa selvitetään vaihtoehtoja toteutukselle ja määritellään laitoksen kustannukset. Tässä vaiheessa tehdään karkeaa suunnittelua, koska tarkoituksena on vasta kartoittaa hankkeen tekniset ja taloudelliset toteuttamismahdollisuudet. Perussuunnittelussa tekniset ratkaisut tarkentuvat ja määritellään tehtaan prosessit ja valitaan valmistajat. Toteutussuunnittelussa päätetään lopulliset ratkaisut ja laaditaan tarvittavat dokumentit.

4.1 Esisuunnittelu

Kun puhutaan teräsrakenteiden suunnittelusta teollisuushankkeessa, esisuunnitteluvaiheessa rakenteet suunnitellaan ja mallinnetaan hyvin karkeasti, jotta saadaan alustavia määräluetteloita kustannusarviota varten. Esisuunnitteluvai-

heessa teräsrakenteista on ensisijaisesti saatava kustannusarvio investointipäätöstä varten, lopullinen tekninen suunnittelu tapahtuu vasta perussuunnitteluavaiheessa. Esisuunnittelun lopputuloksena tehdään hankkeen investointipäätös. Laitoshankkeissa esi- ja perus/toteutussuunnittelu eivät välttämättä kuulu samalle yritykselle. Suunnittelu-urakat kilpailutetaan erikseen ja saattaa käydä niin, että kaksi eri yritystä toteuttaa hankkeen suunnittelun. Joskus hanke voi myös kaatua kokonaan esisuunnitteluvaiheeseen. Päädytään joko hylkäämään hanke puutteellisten resurssien vuoksi tai jos todetaan, että tekniset ja taloudelliset edellytykset ovat riittävät, tehdään investointipäätös ja voidaan jatkaa perussuunnitteluvaiheeseen.

4.2 Perussuunnittelu

Perussuunnitteluvaiheessa mallinnetut teräsrakenteet lisätään päämalliin, eli 3D-malliin, jossa näkyy koko laitoksen sisältö. Päämalli antaa mahdollisuuden esimerkiksi törmäystarkasteluun, jossa kokoamalla yhteen eri suunnittelualojen mallit, voidaan toisiinsa mahdollisesti törmäävät osat löytää automaattisesti. Teräsrakenteiden sijoittaminen malliin on tärkeää, sillä muiden suunnittelijoiden, on tiedettävä mihin rakenteet on sijoittuneet tehdessään esimerkiksi putkilinjauksia ja laitesijoituksia. Perussuunnitteluvaiheessa teräsrakennemallia tarkennetaan, valitaan käytettävät profiilit ja tehdään tarvittavia lujuuslaskelmia ja laaditaan tarkempia määräluetteloita sekä tarvittavia yleispiirustuksia, kuten päämittakuvia, tarjouslaskentaa varten.

4.3 Toteutussuunnittelu

Perussuunnitteluvaiheen jälkeen hanke etenee toteutussuunnitteluvaiheeseen. Toteutussuunnitteluvaiheesta käytetään usein nimitystä detaljisuunnittelu, koska tässä vaiheessa rakenteet suunnitellaan niin tarkasti, että niistä pystytään laatimaan konepajapiirustukset, eli piirustukset tuotantoa ja asennusta varten. Toteutussuunnitteluvaiheessa laaditaan myös materiaali- ja kiinnikeluetteloita sekä lopulliset määräluettelot tarjouslaskentaa ja hankintaa varten. Suunnittelusopimuksen laajuudesta riippuen konepajapiirustusten tekeminen ei välttämättä kuulu sa-

malle suunnittelijalle kuin rakennesuunnittelu. Kohteella voi olla rakennesuunnittelijan lisäksi erikseen konepajasuunnittelija tai konepajalla voi myös olla oma suunnittelijansa, joka laatii piirustukset rakennesuunnittelijan tekemästä mallista.

5 Teräsrakenteiden käyttö teollisuudessa

Teräs on kevyt ja monikäyttöinen rakennusmateriaali ja siksi teräsrakenteita käytetään teollisuusrakentamisessa sekä rakennuksen kantavina runkorakenteina, että erilaisten laitteiden tukirakenteina ja rakennuksen sekundäärisinä eli täydentävinä rakenteina ja rakennusosina kuten hoitotasoina, portaina ja kaiteina. Teräksen hitsattavuuden ansiosta se on myös helposti muunneltava rakennusmateriaali. Toisaalta myös pulttiliitosten etuina teollisuusrakennuksissa on rakenteiden purkamismahdollisuus. Laitoksissa olevat koneet ja laitteet tarvitsevat huoltoa ja joskus kokonaan uusimista, joten on tärkeä, että rakenteet pystytään purkamaan tällaisten toimenpiteiden tieltä tarvittaessa. Teräsrakenteiden ovat myös mittasuhteiltaan pienempiä kuin betonirakenteet, joten ne soveltuvat paremmin ahtaisiin teollisuusrakennuksiin, joissa tilanpuutteen vuoksi suunnittelu on välillä hyvin haastavaa.

Tässä kappaleessa käsitellään teollisuusrakennuksissa käytettäviä sekundäärisiä eli täydentäviä teräsrakenteita, koska työhön kuuluneen suunnitteluohjeen laatimisessa on keskitytty pääasiassa tällaisiin rakenteisiin. Tarkastellaan tarkemmin erilaisten rakenteiden suunnittelua ja suunnittelua ohjaavia standardeja. Standardit antavat raja-arvoja ja suosituksia, joita tulisi suunnittelussa noudattaa. Ehdottomia määräyksiä standardin ohjeet eivät kuitenkaan ole, niissä voidaan tarvittaessa myös joustaa, kunhan suunnittelun lopputuloksena on turvallinen ja kestävä rakenne.

Hoitotasojen, kaiteiden, portaiden ja tikkaiden suunnittelua ohjaa oma standardinsa, koneturvallisuus standardi. Koneturvallisuuden standardeihin kuuluva koneiden kiinteät kulkutiet standardi 14122 jakautuu neljään osaan:

- SFS-EN ISO 14122-1:2016 pääsytien valinta ja yleiset vaatimukset
- SFS-EN ISO 14122-2:2016 työskentelytasot ja kulkutasot
- SFS-EN ISO 14122-3:2016 portaat, porrastikkaat ja suojakaiteet

- SFS-EN ISO 14122-4:2016 kiinteät tikkaat (Koneturvallisuuden standardit 2019).

5.1 Portaat ja suojakaiteet

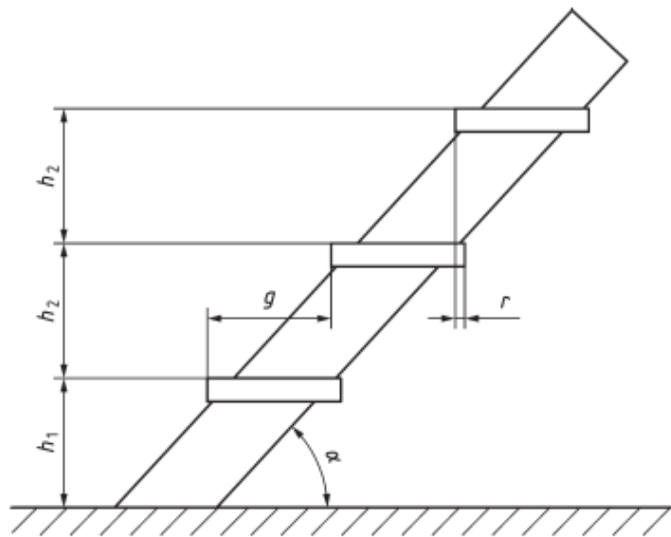
Teollisuuslaitoksiin täytyy rakentaa paljon erilaisia kiinteitä kulkutasoja eri korkeuksille koneiden huoltamista ja tarkastamista varten ja siksi myös portaita ja suojakaiteita tarvitaan. Koneturvallisuuden standardisarja SFS-EN ISO 14122 on tehty ennen kaikkea turvallisuuden varmistamiseksi. Standardeissa ohjeistetaan, miten kaide suunnitellaan siten, että ihminen ei pääse putoamaan tasolta, eikä myöskään voi jäädä kiinni kaiteeseen. Myös portaan suunnittelua ohjaa standardi siksi, että niistä tulisi mahdollisimman turvalliset kulkea tasolta toiselle. Portaat on myös suunniteltava siten, että ne kestävät riittävän hyvin niihin kohdistuvat ennakoitavissa olevat kuormat sekä muotoiltava siten, että jalka ei pääsisi luis-kahtamaan portaan sivulle pois askelmalta. (SFS-EN ISO 14122-3 2016.)

Koneturvallisuuden standardi ei määrittele portaiden mitoitusta, jos kyseessä on rakennukseen kuuluvat portaat kerrosten välillä. Teollisuusrakennuksessa kerrosten väliseen kulkemiseen tarkoitettujen portaiden ja kaiteiden suunnittelussa noudatetaan ensisijaisesti Ympäristöministeriön asetusta rakennuksen käyttöturvallisuudesta. Koneturvallisuuden standardi ohjeistaa vain hoitotasojen, laiterakenteiden, portaiden ja kaiteiden suunnittelua.

Portaat ja porrastikkaat ovat kiinteitä kulkuteitä, joiden vaakasuorat rakenneosat ovat askelmia. Portaan ja porrastikkaan erona on nousukulman jyrkkyys. Porrastikkaan nousukulma on yli 45° ja enintään 75°, portaan nousukulma on yli 20° ja enintään 45°. (SFS-EN ISO 14122-1 2016, 7.)

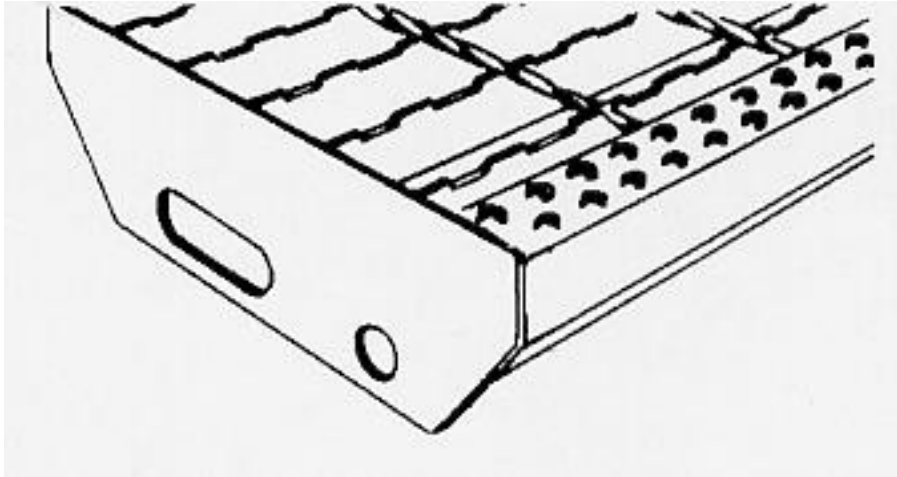
Portaan ja porrastikkaiden leveydelle, askelmien nousukorkeudelle, etenemälle, limitykselle sekä portaan kulmalle on olemassa omat minimi- ja maksimivaatimuksensa. Myös esimerkiksi portaan kulkukorkeudelle ja tarvittavalle vapaalle tilalle on omat vaatimuksensa, jotka perustuvat ihmisen mittoihin. Portaan leveys on oltava vähintään 800-1000 mm riippuen ihmismäärästä, joka niitä ajatellaan kulkevan. Jos portaat on suunniteltu hätäpoistumistieksi, niiden vähimmäisleveys määritellään Ympäristöministeriön asetuksessa rakennuksen käyttöturvallisuus-

desta. Poistumisalueen sisäisen portaan vähimmäisleveys on 850 mm (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen käyttöturvallisuudesta 1007/2007). Samassa porrasjaksossa nousukorkeuden h_2 on oltava vakio, jotta kulkeminen olisi sujuvaa, mutta jos se ei ole mahdollista, ensimmäistä nousukorkeutta h_1 voidaan pienentää enintään 15 % (Kuva 5). Portaen askelman etenemän on oltava 210-310 mm ja porrastikkaan askelman etenemän on oltava vähintään 80 mm sekä limityksen vähintään 10 mm, jotta jalka ei pääsisi luiskahtamaan askelmien välistä. (SFS-EN ISO 14122-3 2016,13.)



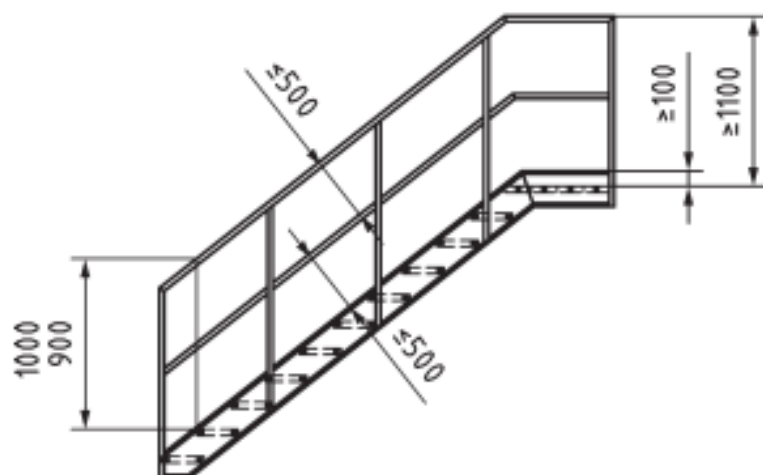
Kuva 5. Portaen askelmien suunnittelu (SFS-EN ISO 14122-3 2016, 13)

Portaan reisolankkuina eli porrasta tukevana runkorakenteena käytetään yleensä kuumavalssattuja UNP- tai UPE-profiileja tai kylmämuovattuja U-profiileja. Askelmat ovat yleensä liukuturva-askelmia, eli ne on varustettu liukuturvalistalla liukastumisen estämiseksi. Tarvittaessa askelmat voidaan myös valmistaa ritilästä, jonka lattateräksset on hammastettu, kun tarvitaan erityistä pitoa, esimerkiksi ulkona olevissa portaissa (Kuva 6).



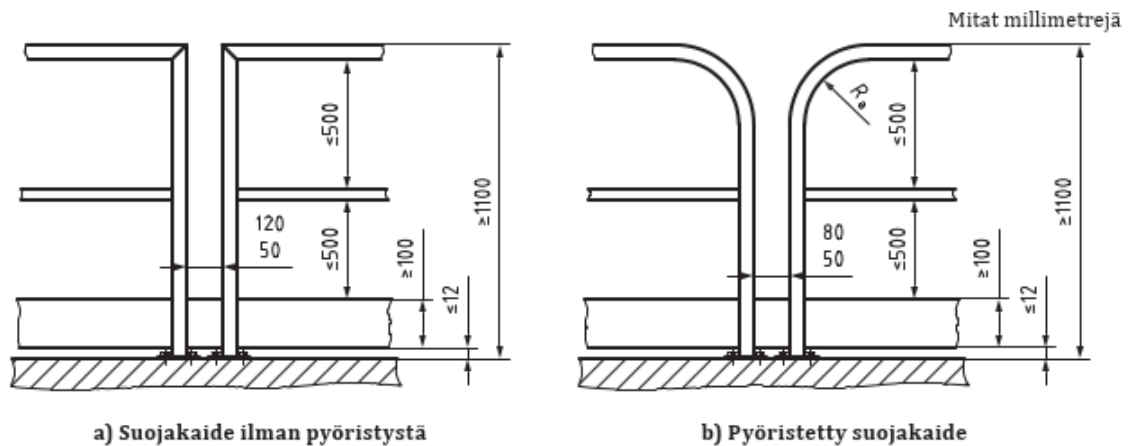
Kuva 6. Liukuturva-askelma (Suomen Teräsritilä 2017)

Porraskaiteen suunnittelussa tärkeimmät huomioon otettavat asiat ovat käsijohteen ja välijohteen korkeudet sekä kaiteen kokonaiskorkeus, jotta kaide on tarpeeksi turvallinen. Käsijohteen ja välijohteen sekä välijohteen ja portaan reisisilankun vapaa väli ei saa ylittää 500 mm. Portaassa on aina oltava käsijohteet molemmilla puolilla ja käsijohde on muotoiltava niin, että vaatteiden takertuminen siihen ei ole mahdollista. Portaans käsijohteen pystysuora etäisyys on oltava vähintään 900 mm askelreunan yläpuolella ja vähintään 1100 mm tasanteen kävelytason kohdalla (Kuva 7). (SFS-EN ISO 14122-3 2016,16.)



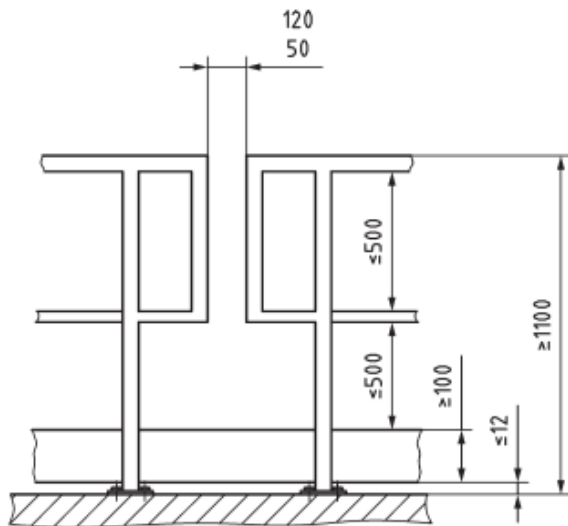
Kuva 7. Porraskaiteen mitoitus (SFS-EN ISO 14122-3 2016, 16)

Kulkutason kaiteiden mittoihin pätee lähes samat säännöt kuin portaan kaiteeseen. Lisäksi on määriteltä, että kahden kaiteen välinen vapaa väli on oltava 50-120 mm pyöristämättömissä kulmissa ja 50-80 mm pyöristetyssä mallissa. Kaiteessa on oltava vähintään 100 mm korkea jalkalista, jonka etäisyys tason pinnasta saa olla enintään 12 mm, jotta jalkalistan alle ei voi jäädä ihmisen raajajumiin, tai jalkalistan välistä ei putoa esimerkiksi työkaluja (Kuva 8). Jalkalistasta käytetään usein myös nimitystä potkulista. Kahden kaiteen välinen etäisyys on tärkeä, koska liian suuresta välistä voi pudota ihminen ja liian pieneen väliin vastaavasti voi ihmisen käsi takertua kiinni. Myös kaiteiden ja johteiden päät pitää suunnitella siten, että terävistä reunoista ei aiheudu vaaraa. Terävät reunat voivat esimerkiksi aiheuttaa ruhjeita tai vaatteet jäävät kiinni. Kahden kaiteen tolppien välissä voi olla myös D-jatkokset, joilla kaiteiden väli saadaan optimoituksi sopivaksi (Kuva 9). (SFS-EN ISO 14122-3 2016, 14.)



Kuva 8. Suojakaiteen mitat (SFS-EN ISO 14122-3 2016, 14)

Porraskaiteet ja kulkutason kaiteet valmistetaan yleensä pyöreistä rakenneputkista. Kaiteet ovat yleensä kuumasinkittyjä, tarvittaessa niitä valmistetaan myös ruostumattomasta teräksestä.



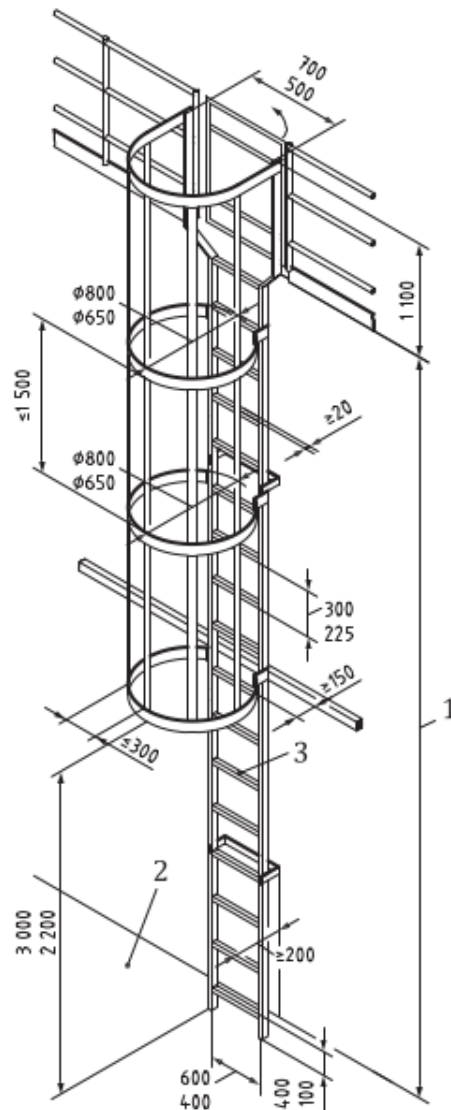
c) "D"-tolppia käyttävä suojakaide

Kuva 9. suojakaide D-jatkoksella (SFS-EN ISO 14122-3 2016, 15)

5.2 Kiinteät tikkaat

Kiinteät tikkaat on kiinteä kulkutie, jonka nousukulma on yli 75° ja enintään 90° ja jonka vaakasuorat rakenneosat ovat puolia (SFS-EN ISO 14122-4 2016). Tikkaiden suunnittelua ja mitoitus ohjaa koneturvallisuuden standardi SFS-EN ISO 14122-4. Lisäksi mm. Ympäristöministeriön laatima asetus rakennusten paloturvallisuudesta määrittelee tikkaiden määrän ja sijainnin poistumisalueella. Palotilanteessa kunkin poistumisalueen kulkureitin enimmäispituus lähimpään uloskäytävään on otettava huomioon kulkutasojen poistumisreitit suunnitellussa.

Tikkaiden käyttöön kohdistuvan suuren riskin takia niiden suunnitteluun on kiinnitetty standardissa erityisen paljon huomiota ja mitoitukseen on annettu tarkat arvot, joita suunnittelussa olisi hyvä noudattaa (Kuva 10). Esimerkiksi puolien jako, ensimmäisen puolan korkeus tason pinnasta, pystyjohteiden vapaa väli sekä putoamissuojauksen mitat on määritelty standardissa valmiiksi.



Selite

- 1 Kokonaisputoamismatka vähintään 3 000
- 2 Lähtöalue
- 3 Umpinaisen puolan kokonaisympärysmitta enintään 140

Kuva 10. Selkäsuojalla varustettujen kiinteiden tikkaiden päämitat (SFS-EN ISO 14122-4 2016, 47)

Tikkaiden korkeuden ollessa vähintään 3000 mm, on tikkaisiin asennettava putoamissuojausväline. Pääasialliset vaihtoehdot putoamissuojaukselle ovat selkäsuoja ja kiinteässä johteessa liikkuva liikutarrain eli putoamispysäytin. Sopivaa putoamissuojausvälinettä valittaessa on otettava huomioon tikkaiden käyttöolosuhteet, inhimilliset tekijät kuten väsymys, ympäristöolosuhteet, tikkaiden koko-

naiskorkeus sekä putoamisesta odotettavissa olevien vammojen arvioitu suuruus. Tikkaiden kokonaiskorkeudesta riippuen on otettava huomioon esimerkiksi lepotasojen ja välitasojen määrä. (SFS-EN ISO 14122-4 2016.)

5.3 Hoitotasot ja kulkutiet

Hoitotasot ja kulkutiet ovat tasoja, joita pitkin pystytään kulkemaan erilaisten laitteiden ja säiliöiden luo ja tekemään huolto- ja kunnossapitotöitä. Tasot voivat samalla toimia tukirakenteina laitteille tai putkille. Hoitotasot on suunniteltava siten, että ne kestävät ennakoitavissa olevat käyttöolosuhteet sekä niin, että niiden käyttäminen on turvallista. Standardisarjan ISO 14122 ensimmäisessä osassa esitetään kiinteästi asennetuille koneille pääsemistä koskevat yleiset vaatimukset ja opastusta pääsymahdollisuuksien oikeasta valitsemisesta, kun koneelle pääseminen ei ole mahdollista lattiatasolta.

Standardi SFS-EN ISO 14122-2 käsittelee vaatimuksia kiinteästi asennetun koneen osana oleville kiinteille kulkuteille ja niiden osille. Kiinteät pääsytietyt ovat sellaisia, jotka on kiinnitetty niin, että ne voidaan poistaa vain työkaluja käyttämällä. Standardin 14122 toinen osa on tarkoitettu käytettäväksi yhdessä standardin ensimmäisen osan kanssa määrittelemään hoito- ja kulkutasoja koskevia vaatimuksia.

Kulkuteiden ja työskentelytasojen ritilänä käytetään liukaturvaritilää, jonka tarkoituksena on estää liukastumisen vaara. Hoitotasojen pilarit ja palkit ovat yleensä kevyitä H- tai I-profiileja, vaakasiteet ja vinotuet voivat olla putkiprofiileja tai pieniä I- tai H-profiileja. Materiaalien ja pintakäsittelyn valinnassa on otettava huomioon kuormitukset sekä ympäristön vaikutukset kuten korroosio ja kuluminen.

Tasojen suunnittelussa on otettava huomioon ympäristön asettamat rajoitteet tason sijainnille ja mitoille. Tason sijoittaminen on mahdollisuuksien mukaan tehtävä niin, että ei tapahdu altistumista haitallisille aineille tai materiaaleille sekä sijoitettava sellaisiin kohtiin, jossa ei ole liukastumista aiheuttavia aineita. Työskentelytason mittoihin vaikuttavat monet tekijät, kuten työtehtävän vaatimukset, työtehtävän kesto, käyttäjien määrä, mahdolliset esteet, mahdollisuus vastaantuleviin henkilöihin, kulkutason päättyminen umpikujaan, lisävarusteiden käyttämi-

nen sekä se, että kuljetetaanko mukana työkaluja tai varaosia. Kulkutason vapaan korkeuden on oltava pääsääntöisesti vähintään 2100 mm ja vapaan leveyden 800 mm. Jos tasolla työskentelee tai kulkee samanaikaisesti useampia henkilöitä, leveyden on oltava vähintään 1000 mm, jotta toisten käyttäjien ohittaminen on turvallista. Jos taas kulkutien on suunniteltu samalla hätäpoistumistieksi, sen vähimmäisleveys on oltava 1200 mm. (SFS-EN ISO 14122-2 2016, 9.)

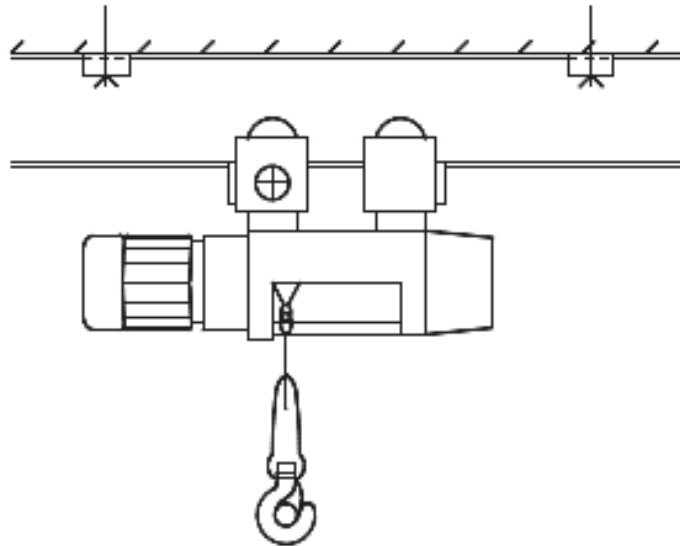
Tasojen suunnittelua ohjaa standardien määrittelemien vaatimusten lisäksi ympäristön asettamat rajoitteet. Tasot suunnitellaan yleensä joko olemassa olevien laitteiden ympärille tai suunniteltujen laitesijaintien mukaan. Kummassakin vaihtoehdossa usein laitteen sijainti on pysyvä ja siirto ei ole mahdollista, joten suunnittelu on toteutettava laitteiden ja olemassa olevien rakenteiden ehdoilla. Olemassa olevan kohteen ja suunnitteilla olevan teollisuuslaitoksen suunnittelussa erona on se, että esimerkiksi putkilinjauksiin on mahdollisuus vaikuttaa paremmin ja niitä on mahdollisuus siirtää tasojen tieltä. Jälkikäteen tehtävässä hoitotasosuunnittelussa on usein paljon erilaisia haasteita juuri laitteiden ja putkien sijainnin takia. Joskus tasot joudutaan ripustamaan tai kiinnittämään olemassa oleviin rakenteisiin, esimerkiksi rakennuksen kattopalkkeihin tai runkopilareihin, jolloin on selvítettävä näiden rakenteiden jälkikiinnitysmahdollisuudet.

Hoitotasojen ja kulkuteiden rakenteiden mitoittamiseen vaikuttaa tason käyttötarkoitus ja käyttäjien määrä, sekä toimiiko taso samalla esimerkiksi jonkun laitteen tai säiliön tukirakenteena. Laitteiden tukirakenteina toimivat tasot vaativat tarkempaa mitoittamista kestävyys-suhteen, kun taas kulkutasot voidaan yleensä suunnitella melko kevyistä rakenteista.

5.4 Nostinkiskot

Nostinkiskot ovat rakenteisiin kiinnitettäviä palkkeja, joita käytetään laitteiden nostamiseen ja siirtämiseen kunnossapitoa ja huoltoa varten. Nostinkiskoon kiinnitetään nostolaitteyhdistelmä, jonka avulla nostotyö suoritetaan (Kuva 11). Nostolaitte kulkee palkin alalaipalla ja sitä ohjataan joko käsi- tai sähkökäyttöisesti. Nostokiskon ratapalkkina käytetään yleensä standardoitua I-palkkia, jonka päissä on stopparit, jotka estävät nostolaitteen putoamisen kiskon päästä. Ratapalkki

valmistetaan vähintään S355 rakenneteräksestä. Nostinkisko voi koostua vain yhdestä lyhyestä palkista tai se voi olla pidempi rata kaarteineen.



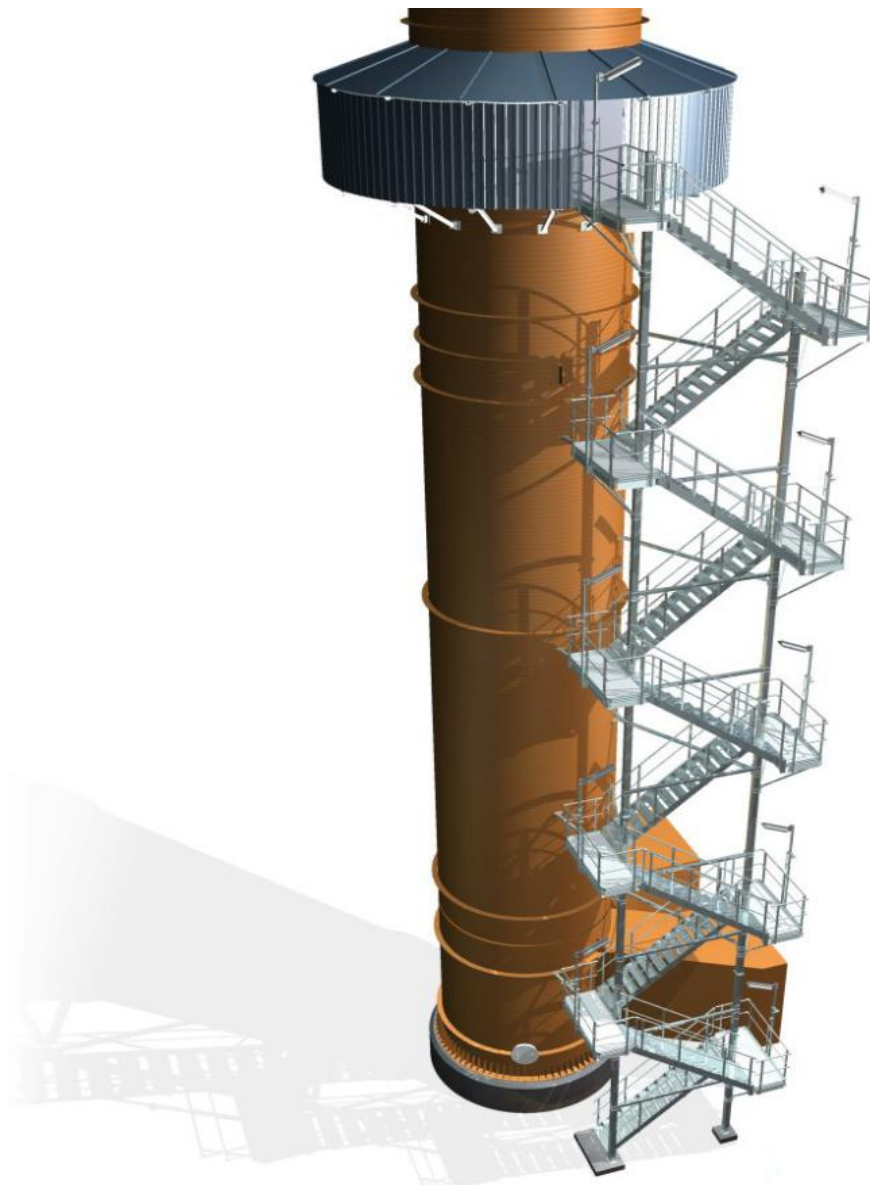
Kuva 11. Nostinkisko ja nostolaite (SFS-EN 1991-3 2007)

Nostinkiskojen suunnittelussa ja mitoituksessa noudatetaan standardien SFS-EN 1993-6, SFS-EN 1993-1-1 sekä SFS-EN 1991-3 ohjeistusta. Standardisarja 1993 eli Eurokoodi 3 käsittelee teräsrakenteiden suunnittelua, sen ensimmäinen osa käsittelee yleisiä suunnitteluperusteita ja kuudes osa käsittelee nosturia kannattavia rakenteita. Standardisarja 1991 eli Eurokoodi 1 käsittelee rakenteiden kuormia ja sen kolmas osa käsittelee nostureista ja muista koneista aiheutuvia kuormia.

Nostinkiskojen suunnittelussa täytyy huomioida sen liittäminen olemassa oleviin rakenteisiin. On selvítettävä rakenteiden jälkikiinnitysmahdollisuudet ja tarkasteltava riittävä kantokyky. Nostinkiskojen sijainti määräytyy nostettavan laitteen sijainnin mukaan, joten joskus nostinkiskolle on tehtävä ylimääräisiä tukirakenteita, jotta se saadaan kiinnitettyä järkevästi. Joskus nostinkiskojen suunnittelu on hyvin haastavaa johtuen tilanpuutteesta. Laitteita ei välttämättä saada nostettua ja kuljetettua kaikista lyhyintä reittiä, vaan olemassa olevia rakenteita joudutaan väistelemään ja joudutaan suunnittelemaan erillisiä rakenteita, joihin palkit kiinnitetään.

5.5 Porrastornit

Porrastornit ovat rakennuksen kerrosten välisiä kulkureittejä, jotka sijaitsevat yleensä rakennuksen ulkopuolella ja niitä voidaan käyttää myös virallisina hätäpoistumisteinä, kuten usein teollisuus- ja liikerakennuksissa tehdään. Teollisuudessa porrastorneja rakennetaan tehdasalueelle myös, jotta päästään korkeiden laitteiden ja säiliöiden päälle huolto- ja kunnossapitotöiden takia (Kuva 12).



Kuva 12. Porrastorni (R-TASO)

Porrastornin runkorakenteen tehtävänä on kannatella suorista portaista koostuvaa porrastornia. Porrastornin runkorakenteisiin kuuluvat pilarit, diagonaalisauvat

ja vaakapalkit sekä kannatinpalkit, joiden varaan tasot ja portaat tulevat. Porrastornin runkorakenteet voivat olla joko vapaasti seisovia tai seinästä tuettuja. Pilarit voi vaihdella kahden ja kahdeksan välillä, mutta useimmiten seinään tuettu rakenne toteutetaan joko kahdella tai neljällä pilarilla ja vapaasti seisovassa porrastornissa on yleensä neljä pilaria.

Suunnittelussa on olennaisessa osassa materiaalin ja profiilin valinta sekä liitosten suunnittelu. Liitosten suunnittelu muodostaa suurimman osan rakenteen kustannuksista, joten on tärkeää valita oikeanlaiset liitokset ja kiinnikkeet.

6 Suunnittelun ohjaus

Suunnittelua ohjaa ensisijaisesti laki ja määräykset sekä standardit. Lisäksi on paljon erilaisia normeja ja ohjeita, joita suunnittelija voi oman harkintansa mukaan hyödyntää.

6.1 Suunnitteluohjeen laatiminen

Suunnitteluohjeen tarkoituksena on tehostaa ja yhtenäistää suunnittelua sekä helpottaa suunnittelijoiden työtä esittämällä yrityksellä jo käytössä olevia ratkaisuja ohjeessa. Lopputuloksena on ohje, joka palvelee mahdollisimman monia suunnittelijoita, niin kokeneita kuin vasta vähän aikaa työskennelleitä.

Ohjeeseen ei ole tarkoitus sisällyttää kaikkea tietoa teräsrakenteiden suunnittelusta ja mitoituksesta, vaan joitakin olennaisimpia asioita, joilla saadaan aikaan onnistunut suunnittelukokonaisuus. Kun puhutaan jostain laajemmasta kokonaisuudesta kuten esimerkiksi hoitotasojen suunnittelusta, ei ole tarpeen kertoa, että miten kyseinen rakenne suunnitellaan alusta loppuun vaan ohjeeseen tulee yksiselitteisesti tieto, mikä standardi hoitotasojen suunnittelua määrää ja mistä mahdollisesti löytyy lisätietoa, jotta suunnittelijan ei tarvitse käyttää aikaa tiedon etsimiseen.

Suunnitteluohje laadittiin vanhan vastaavanlaisen ohjeen pohjalle, mutta ohjeen sisältö uusittiin lähes kokonaan. Ohje sisälsi paljon vanhentunutta tietoa ja käytöstä poistuneita standardeja ja suunnitteluohjeita sekä käytäntöjä, jotka eivät ole

enää nykyisten suunnitteluvaatimusten mukaisia. Lähtökohtana oli päivittää ohjeen sisältö nykystandardeja ja määräyksiä vastaavaksi, sekä muuttaa ohje sähköiseen ja selkeämpään muotoon. Lisäksi ohjeen sisältöä päivitettiin ja lisättiin tietoa mm. materiaalien, suunnittelutyön ja erilaisten ratkaisujen kustannuksista sekä teräksen pintakäsittelystä ja palosuojauksesta, joista ei aikaisemmassa ohjeessa ollut mitään mainintaa.

Ohjeeseen kerättiin tietoa yrityksen omilta asiantuntijoilta, suunnittelu- ja materiaalistandardeista sekä myös internet- ja kirjallisuuslähteistä. Ohjeen laatimisen aikana teetettiin kysely suunnittelijoille, jonka tarkoituksena oli kartoittaa ohjeen sisältöä ja tarpeita.

6.2 Kyselyn toteuttaminen

Kysely teetettiin sellaisille suunnittelijoille, jotka mahdollisesti ovat käyttäneet aiempaa versiota ohjeesta tai tulevat käyttämään uutta ohjetta työssään. Kysely lähetettiin sähköpostiviestin mukana olevana linkkinä noin kymmenelle Sweco Rakennetekniikan teollisuusosaston suunnittelijalle eri toimistoihin ympäri Suomea. Kysely toteutettiin Webropol-palvelun avulla, eli verkossa toimivalla kyselysovelluksella. Kyselyn kaikki kysymykset olivat avoimia kysymyksiä, eli vastaaja sai kirjoittaa vapaamuotoisen vastauksen jokaiseen kohtaan. Kysymykset pohjautuivat vanhaan ohjeeseen ja vanha ohje oli kyselyn liitteenä, jonka perusteella kysymyksiin vastattiin. Kysymyksiä oli esitetty jokaisesta ohjeen aihealueesta ja ne muotoiltiin sellaiseen muotoon, että vastauksista käy ilmi, onko asiat esitetty ohjeessa tarpeeksi kattavasti tai onko ohjeessa joitain turhia asioita tai puuttuuko vastaajan mielestä jotakin olennaista tietoa.

Vastausaika kyselyssä oli 3 viikkoa ja vastauksia kyselyyn tuli yhteensä neljä kappaletta. Kyselyn ajankohta ei ollut paras mahdollinen kesälomakauden alussa, kun projekteilla on luovutuksia ja suunnittelijat ovat kiireisiä. Siitä huolimatta, että vastaajien lukumäärä ei ollut niin suuri kuin odotettiin, saatiin vastauksista kuitenkin hyödyllistä tietoa. Vastaajat sekä kommentoivat vanhan ohjeen sisältöä, sekä antoivat ehdotuksia ohjeeseen mahdollisesti lisättävistä asioista. Vastausten perusteella pystyttiin karsimaan ohjeesta tarpeettomia kohtia pois ja vastaavasti lisättiin tietoa halutuista asioista. Vastaajat olivat samassa linjassa

esimerkiksi siitä, että nykyiseen ohjeeseen ei tarvitse laittaa profiilitaulukoita, koska ne löytyvät muualtakin helposti. Esimerkiksi kustannuksista ja materiaalin valinnasta haluttiin lisätietoa, sekä muutamia Swecolla käytössä olevia taulukoita toivottiin lisättävän ohjeen yhteyteen.

Kyselyn tarkoituksena oli tarkentaa ohjeen sisältöä ja kartoittaa suunnittelijoiden toiveita ohjeen suhteen, jotta sisältö saataisiin kohdennettua oikeanlaiseksi ja sitä kautta ohjeesta tulisi mahdollisimman hyödyllinen. Suuremmalla vastausprosentilla olisi saatu parempi otanta suunnittelijoiden näkemyksistä ja ehkä kyselyn tuloksia olisi pystytty hyödyntämään paremmin.

Kyselyyn olisi voitu saada enemmän vastauksia esittämällä suljettuja kysymyksiä. Avoimiin kysymyksiin vastaaminen vaatii enemmän aikaa ja vaivaa, joten osa vastaajista on voinut hylätä kyselyn ajanpuutteen vuoksi. Avointen kysymysten etuna on kuitenkin mahdollisuus saada kattavia vastauksia, joista saa huomattavasti enemmän irti kuin suljetun kysymyksen ”kyllä” tai ”ei” vastausvaihtoehdoista.

7 Teräsrakenteiden suunnitteluohje

7.1 Rakenneteräkset

Yleisimmin rakentamisessa käytössä oleva teräslaatu on S355, mutta lujemmat teräslaadut yleistyvät koko ajan. Markkinoille on tullut esimerkiksi SSAB:n Strenx tuoteperhe, johon kuuluu S600-S1300 lujuusluokkia vastaavia teräslaatuja, joista valmistetaan levyjä, nauhoja, rainoja ja putkia sekä profiileja. Käytännössä kuitenkin S460 on suurin lujuusluokka, jota tavallisissa rakenteissa käytetään, koska lujempien teräslaatujen soveltuvuus Eurocode 3:n mukaiseen mitoittamiseen on selvitettävä aina tapauskohtaisesti. Lisäksi myös erikoislujien terästen hitsaaminen on haasteellista käytettäessä ohuita rakenneosia.

Standardi SFS-EN 1993-1-1 koskee teräsrakenteiden suunnittelua, kun rakenteet valmistetaan taulukon 2 mukaisista teräslajeista. Standardin ohjeistukset koskee myös SFS-EN 10210-1 mukaisia kuumavalssattuja seostamattomia rakenne- ja hienoraerakenneteräsputkipalkkeja sekä SFS-EN 10219-1 mukaisia

kylmämuovattuja hitsattuja seostamattomia rakenne- ja hienoraerakenneteräsputkipalkkeja. Kansallisen liitteen mukaan SFS-EN 1993-1-1 koskee myös SFS-EN 10149-2 ja SFS-EN 10149-3 standardien mukaisia kuumavalssattuja lujia kylmämuovattavia teräslevytuotteita. Rakenneteräksillä käytetään Eurocode 3:n mukaisissa mitoituslaskelmissa materiaalivakioina taulukossa 1 esitettyjä arvoja.

| | |
|-------------------------------------|--|
| kimmokerroin | $E = 210\,000\text{ N/mm}^2$ |
| liukukerroin | $G = \frac{E}{2(1+\nu)} \approx 81\,000\text{ N/mm}^2$ |
| Poissonin luku kimmoisella alueella | $\nu = 0,3$ |
| lineaarinen lämpölaajeneminen | $\alpha = 12 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ (kun $T \leq 100^{\circ}\text{C}$) |
| tiheys | $\rho = 7850\text{ kg/m}^3$ |

Taulukko 1. Rakenneteräksen materiaalivakiot (SFS-EN 1993-1-1 2005, 28)

7.2 Kuumavalssatut teräkset ja profiilit

Standardisarjassa 10025 määritellään kuumavalssattujen rakenneterästen tekniset ominaisuudet. Standardisarjan osa 1 käsittelee kuumavalssattujen terästen yleisiä toimitusehtoja, osa 2 käsittelee seostamattomia rakenneteräksiä, osa 3 normalisoituja hienoraerakenneteräksiä, osa 4 termomekaanisesti valssattuja hienoraerakenneteräksiä, osa 5 ilmastokorroosiota kestäviä rakenneteräksiä ja osa 6 nuorrutettuja lujia levytuotteita. Seostamattomat rakenneteräkset ovat tavallisimmin käytössä olevia teräksiä rakentamisessa. Hienoraerakenneteräkset on tarkoitettu käyttökohteisiin, joissa vaaditaan seostamattomia rakenneteräksiä korkeampaa lujuutta, iskutheyttä tai parempaa hitsattavuutta. Valinta normalisoidun ja termomekaanisesti valssatun teräksen välillä määräytyy tavallisesti hitsauksen asettamista vaatimuksista etenkin lujuusluokissa S420 ja S460, joissa normalisoitu teräs on melko voimakkaasti seostettu. Taulukossa 2 on esitetty standardin EN 10025 mukaisten kuumavalssattujen rakenneterästen myötörajan ja vetomurtolujuuden nimellisarvoja. (Ongelin & Valkonen 2010.)

| Standardi ja teräslaji | Nimellispaksuus t (mm) | | | |
|------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| | t ≤ 40 | | 40 < t ≤ 80 | |
| | f _y (N/mm ²) | f _u (N/mm ²) | f _y (N/mm ²) | f _u (N/mm ²) |
| EN 10025-2 | | | | |
| S235 | 235 | 360 | 215 | 360 |
| S275 | 275 | 430 | 255 | 410 |
| S355 | 355 | 490 | 335 | 470 |
| EN 10025-3 | | | | |
| S275 N/NL | 275 | 390 | 255 | 370 |
| S355 N/NL | 355 | 490 | 335 | 470 |
| S420 N/NL | 420 | 520 | 390 | 520 |
| S460 N/NL | 460 | 540 | 430 | 540 |
| EN 10025-4 | | | | |
| S275 M/ML | 275 | 370 | 255 | 360 |
| S355 M/ML | 355 | 470 | 335 | 450 |
| S420 M/ML | 420 | 520 | 390 | 500 |
| S460 M/ML | 460 | 540 | 430 | 530 |
| EN 10025-5 | | | | |
| S235 W | 235 | 360 | 215 | 340 |
| S355 W | 355 | 490 | 335 | 490 |
| EN 10025-6 | | | | |
| S460 Q/QL/QL1 | 460 | 570 | 440 | 550 |

Taulukko 2. Kuumavalssattujen rakenneterästen myötörajan f_y ja vetomurtolujuuden f_u nimellisarvot (SFS-EN 1993-1-1 2005, 26)

Kuumavalssattujen palkkien materiaalina käytetään pääasiassa S355J2 rakenneterästä, paitsi INP- ja UNP-palkkeja valmistetaan myös S235JR rakenneteräksestä. I-palkeilla koko ilmoitetaan profiilin korkeuden mukaan ja HE-palkeilla koko ilmoitetaan leveyden mukaan. IPE-, HEA- ja HEB-profiileja on pääasiassa saatavilla kokoja 100-600 välillä kaikilla toimittajilla. HEM-palkin vankkuus paksumman keskiosan ja laipan vuoksi aiheuttaa sen, että sitä käytetään yleensä vain erittäin raskaasti kuormitetuissa rakenteissa, joten käyttö täydentävissä rakenteissa on hyvin vähäistä. U-profiilien koko ilmoitetaan profiilin korkeuden mukaan ja koot ovat pääasiassa 80-400 välillä.

Kuumavalssatut teräslevyt jaetaan valmistustavan perusteella joka nauha- tai kvarttovalssattuihin levyihin. Nauhalevyt ovat tavallisesti paksuudeltaan 2–20 mm materiaaleja, jotka valssataan haluttuun paksuuteen ja kelataan sitten kelaksi. Esimerkiksi SSAB valmistaa kuumavalssattuja teräslevyjä nauhalevyinä 1,8-18 mm paksuisina. Nauhalevyn enimmäisleveys on usein maksimissaan

2000 mm. Enimmäis-/vähimmäisleveys ja -paksuus vaihtelevat teräslaadun mukaisesti. Yksittäisvalssattuja kvarttolevyjä valmistetaan pääasiassa 5-300 mm paksuisina ja 3350 mm enimmäisleveydellä. Pituudet vaihtelevat 2-15 m välillä.

7.3 Rakenneputket

Rakenneputket valmistetaan nykyisin pääasiassa kylmämuovaamalla. Suositeltava teräslaji on S355J2H tai sitä vastaava tai lujempi teräslaatu. SSAB:n rakenneputkien vakioteräslaji on Domex Tube Double Grade, joka täyttää tai ylittää standardin EN 10219:2016 asettamat vaatimukset S355J2H ja S420MH rakenneteräksille. SSAB Domex Tube rakenneputkia on saatavilla lujuusluokissa S235-S550 ja Strenx Tube rakenneputkia lujuusluokissa S700-S960 (Taulukko 4). SSAB:n rakenneputkien vakioituudet ovat 6 ja 12 metriä, sekä isojen RHS- ja SHS-putkien myös 18 metriä. (Ongelin & Valkonen 2016, 17.)

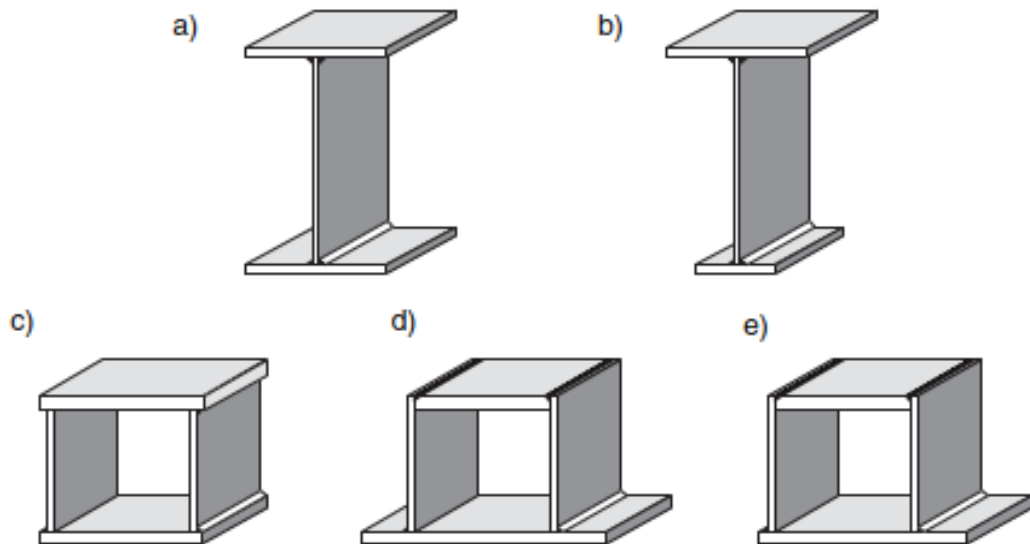
| SSAB:n rakenneputki | EN 10219:2016 vastaava teräslaji |
|-------------------------------------|---|
| SSAB Domex Tube 235JRH | S235JRH |
| SSAB Domex Tube 355J2H | S355J2H |
| SSAB Domex Tube Double Grade | S420MH/S355J2H |
| SSAB Domex Tube 460MH | S460MH |
| SSAB Domex Tube 500MH | S500MH |
| SSAB Domex Tube 550MH | S550MH |
| Strenx Tube 700MH, MLH | S700MH, MLH |
| Strenx Tube 900MH | S900MH |
| Strenx Tube 960MH | S960MH |

Taulukko 3. SSAB Rakenneputket ja vastaavat teräslajit EN 10219 mukaan (Ongelin & Valkonen 2016)

Rakenneputkia käytetään ristikkorakenteisiin, koska rakenneputkien suuri nurjahduskestävyys mahdollistaa pitkät jännevälit sekä harvan diagonaalijaon. Käytetään hyvän vääntöjäykkyyden vuoksi usein myös pilareissa, joissa on nurjahdusvaara.

7.4 Hitsatut profiilit

Taloudellisuuden ylärajana pidetään tavallisesti IPE-profiileilla $h < 600\text{mm}$ ja HEA ja HEB-profiileilla $h < 400\text{mm}$, tätä suuremmat profiilit ovat usein halvempia hitsattuina profiileina. Hitsattuja profiileja käytetään yleensä raskaammissa rakenteissa, jolloin materiaalimenekin optimoinnilla saadaan suurempia säästöjä. Vaikka suunnittelijalla on mahdollisuus optimoida profiili tietyn kokoiseksi, suositeltavat levykoot ja valmistussarjat on kuitenkin syytä ottaa huomioon, sillä samankokoiset profiilit voidaan valmistaa samoilla valmistusasetuksilla, mikä johtaa halvempaan ratkaisuun. Kuvassa 13 on esitetty yleisimmät hitsatut profiilityypit. (Ongelin & Valkonen 2010, 10.)

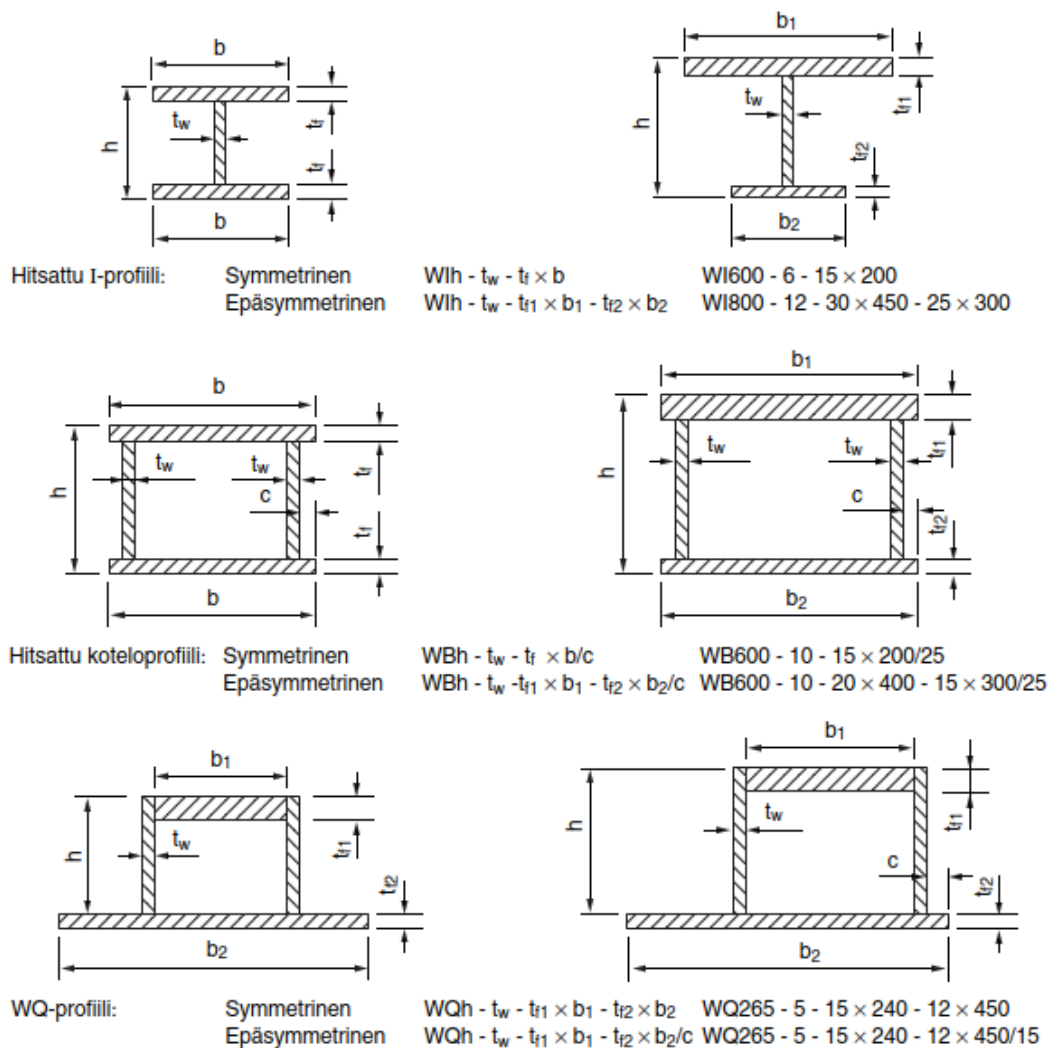


Kuva 13. Hitsatut profiilit (Ongelin & Valkonen 2010, 11)

Yleisin hitsattu profiilityyppi on symmetrinen WI-profiili (a), jota käytetään erilaisina kannattajina teollisuusrakentamisessa. Leveälaippaisena se soveltuu hyvin myös pilariksi. Epäsymmetristä WI-profiilia (b) käytetään nosturiratapalkkeina ja siltapalkkeina. Kotelopalkkeista WB-profiilia (c) käytetään palkkina, sekä pilarina.

Raskaasti kuormitetut pilarit ovat usein kotelopilareita, koska niiden hyvän nurjahduskestävyyden ja vääntöjäykkyyden ansiosta ne tulevat edullisemmaksi kuin I-profiili. Symmetristä WQ-palkkia (d) ja epäsymmetristä WQ-palkkia (e) käytetään välipohjapalkkeina, koska leveän alalaipan avulla saadaan kannateltua esimerkiksi ontelolaatasta. (Ongelin & Valkonen 2010, 11.)

Hitsatut profiilit valmistetaan pääasiassa S355-lujuusluokan teräksestä. Hitsattujen profiilien suositeltavat levypaksuudet ovat: 5, 6, 8, 10, 12, 14, 15, 16, 18, 20, 22, 25, 30, 35, 40, 50, 60, 80 ja 100 mm. Suositeltava maksimi uuman korkeus on 3300 mm ja laipan maksimileveys on 700 mm. Hitsattujen profiilien merkintätavat on esitetty kuvassa 14. (Ongelin & Valkonen 2010, 13.)



Kuva 14. Hitsattujen profiilien merkintätapa (Ongelin & Valkonen 2010, 12)

7.5 Kylmämuovatut profiilit

Kylmämuovatut profiilit ovat kuumavalssatusta teräsnauhasta rullamuovaamalla tai särmäämällä valmistettuja avoprofiileja. Kylmämuovatulla profiililla voidaan korvata kuumavalssattuja palkkeja monissa käyttökohteissa. Vaikka lujuuden kehityssuunta on ollut ylöspäin, SSAB:lla vakioteräslajina on edelleen S235J2C+N, mutta profiileja on saatavilla lujuuteen S900 asti.

Kylmämuovattu profiili tarjoaa selkeitä etuja kuumavalssattuun palkkiin nähden; poikkileikkauksen erinomainen mittatarkkuus ja parempi suoruuus, erittäin monipuolinen mittavalikoima, laaja teräslajivalikoima, joka mahdollistaa aina käyttökohteeseen parhaiten soveltuvan valinnan sekä asiakkaan tarpeen mukainen pituus, jolloin ylijäämä ja lisäkäsittelyt voidaan minimoida. (SSAB.)

Kylmämuovatut U-profiilit on saatavilla samoilla ulkomitoilla kuin UNP-palkit, jolloin kuumavalssattujen palkkien korvaaminen on helppoa. Profiilien paksuudet on valittu siten, että kylmämuovatulla U-profiililla saavutetaan sama taivutuslujuus mutta oleellisesti pienemmällä painolla. Tuotteen paino kevenee entisestään, kun valitaan käyttökohteeseen soveltuva lujempi teräslaatu. Muita poikkileikkausmuotoja ovat L, Z ja C sekä hattuprofiilit. (SSAB.)

Tyypillisiä kylmämuovattuja rakenteita ovat myös ohutlevyistä valmistetut kuorirakenteet, kuten Paroc-seinät sekä poimulevyseinät ja -katot. Teräspoimulevyjä käytetään varasto-, teollisuus- ja tuotantorakennuksissa seinän kuorirakenteina. Poimulevyjä voidaan asentaa sekä vaaka- että pystyasentoon. Kattorakenteissa poimulevyä voidaan käyttää sekä vesikatteena, että kantavana rakenteena. Valinta tehdään ulkonäön ja tarvittavan jäykkyyden perusteella rakenteeseen kohdistuvien kuormien mukaan. Kantavia poimulevyjä käytetään eristetyissä ja eristämättömissä kattorakenteissa sekä rakennusten ala- ja välipohjissa. Paroc-sandwichelementtejä käytetään ulko- ja väliseininä, sekä sisäkattoina. (Ruukki 2019.)

Ruukilla kantavien poimulevyjen materiaalin vahvuudet 0,6-1,5 mm ja profiilin korkeudet 45...153 mm. Poimulevyn paksuus 0,6/0,7 mm profiilikorkeudella 45 ja 70 mm ja 0,7-1,5 mm korkeudella 130 ja 153 mm. Alle 5 m jänneväleillä kantavan poimulevyn korkeudet 45 ja 70 mm ja yli 5 m jänneväleillä 130 ja 153 mm.

Poimulevyn jäykkyys ja kuormankantokyky riippuvat merkittävästi profiilin korkeudesta ja poikkileikkauksen tasomaisten osien jäykistämisestä. (Ruukki 2019.)

7.6 Ruostumattomat teräkset

Ruostumattoman teräksen kromipitoisuus on vähintään 10,5 %, mutta yleisimmin käytetyt teräslajit sisältävät kuitenkin noin 17-18 % kromia. Ruostumattoman teräksen kestävyys korroosiota vastaan perustuu materiaalin pinnan passiivikalvoon, joka muodostuu materiaalin kromin reagoidessa ilman hapen kanssa. Ruostumattoman teräksen peruseosaineina ovat kromi ja nikkeli. Lisäksi teräs voi sisältää muita seosaineita kuten molybdeeni, titaani ja mangaani. Seosaineiden määrät määrittelevät ruostumattoman teräksen lajin ja vaikuttavat sekä mekaanisiin että korroosionkesto-ominaisuuksiin. Esimerkiksi terästä, joka on seostettu voimakkaammin molybdeenillä, kutsutaan haponkestäväksi teräkseksi sen erinomaisen syövyttävien kemikaalien keston vuoksi. Ruostumattomien terästen viisi pääryhmää ovat austeniittiset, ferriittiset, austeniittis-ferriittiset, martensiittiset ja erkautuskarkenevat ruostumattomat teräkset. (Teräsrakenneyhdistys 2017.)

Rakentamisessa käytetään lähes poikkeuksetta aina austeniittisiä ruostumattomia teräksiä. Mikäli rakennusosalta vaaditaan erittäin hyviä korroosionkesto- sekä lujuusominaisuuksia, voidaan käyttää mikrorakenteeltaan yhdistettyjä austeniittis-ferriittisiä teräksiä, eli ns. duplex-teräksiä, mutta näitä teräksiä käytetään kuitenkin harvoin. Ferriittiset teräkset eivät sisällä nikkeliä ja niillä on korkeampi hiilipitoisuus kuin austeniittisillä. Taulukossa 4 on lueteltu tavallisimpien ruostumattomien terästen nimikkeitä EN standardin mukaan ja vastaavan amerikkalaisen ASTM standardin mukaan. ASTM standardin mukaisen merkinnän kirjan L tarkoittaa teräslaadun niukkaahiilisempää versiota. (Teräsrakenneyhdistys 2017.)

| SFS-EN 10088 | ASTM |
|---------------------|-------------|
| 1.4301 | 304 |
| 1.4307 | 304L |
| 1.4404 | 316 |
| 1.4401 | 316L |
| 1.4462 | 318LN |

Taulukko 4. Ruostumattomien terästen nimikkeet (Teräsrakenneyhdistys ry 2008)

Nykyaikaisilla teräksen tuotantomenetelmillä kaupalliseen käyttöön tuotettu teräs on usein vähähiilistä ja voidaan merkitä ns. kaksoislajiksi. Esimerkiksi 1.4301/1.4307, joka vastaa lujuudeltaan teräslajia 1.4301 ja hiilipitoisuudeltaan teräslajia 1.4307. Yleisimmin käytetty ruostumaton teräslaatu 1.4301/1.4307 soveltuu maaseutu ympäristöön, kaupunkiympäristöön sekä vähän räsitettyihin teollisuusympäristöihin. 1.4404 on yleisin haponkestävä teräs, joka soveltuu kohteisiin, joissa ollaan tekemisissä luottavien tai syövyttävien kemikaalien kanssa. 1.4404 on enemmän seostettu ja sopii hyvin meri- ja teollisuusympäristöön. 1.4404 on niukka hiilinen teräs, jonka vuoksi sen hitsattavuusominaisuudet ovat paremmat kuin esimerkiksi vastaava teräslaji 1.4401, joka sisältää enemmän hiiltä. Hitsattaviin osiin suositellaan käytettäväksi vähähiilistä austeniittista terästä. Ruostumattoman teräksen valinnassa olennaisinta on, että teräslaji on korroosionkesto- ja lujuusominaisuuksiltaan riittävä kyseessä oleviin olosuhteisiin, mutta ei kuitenkaan turhaan liian seostettu ja kallis.

Joskus ollaan niin vaikeissa ympäristöolosuhteissa, että tavallinen ruostumaton tai haponkestävä teräs ei välttämättä ole tarpeeksi kestävä, on käytettävä duplex-teräksiä. Duplex-teräksillä on erittäin hyvä väsymis- ja jännityskorroosion kestävyys. Duplex-terästen hyvä korroosionkesto saavutetaan vähemmällä seosainemäärällä, kuin tavallisilla austeniittisilla ruostumattomilla teräksillä. Yleisin duplex-teräslaji 1.4462 on äärimmäisen luja ja korroosionkestävä teräs, joka soveltuu käytettäväksi meriympäristöissä tai muissa vaativissa ympäristöissä, esimerkiksi kloridia sisältävässä ympäristössä.

7.7 Pintakäsittely

Teräsrakenteet on suojattava korroosion vaikutusta vastaan. Korroosion vaikutus alkaa ilmassa, kun ilman suhteellinen kosteus on yli 60%. Korroosion aikana teräksen valmistuksessa metalliin varastoitunut energia vapautuu ja metalli pyrkii palautumaan luonnolliseen stabiiliin tilaansa. Rakenteet on ensisijaisesti suunniteltava siten, että korroosiolle alttiita paikkoja ei pääse muodostumaan. Yleisimpiä teräsrakenteiden suojausmenetelmiä ovat korroosionestomaalaus ja kuuma-sinkitys.

Rakenteelle sopiva pintakäsittely valitaan kohteelle määritellyn ympäristörasitusluokan ja kestävyysluokan perusteella. Kestävyysluokalla tarkoitetaan suojamaailjärjestelmän odotettavissa olevaa käyttöaikaa ensimmäiseen kokonaisvaltaiseen huoltomaalaukseen asti. Kestävyysluokkia on neljä: alhainen - kestävyys 7 vuoteen saakka, kohtalainen - kestävyys 7 – 15 vuoden välillä, korkea - kestävyys 15 – 25 vuoden välillä sekä hyvin korkea - kestävyys yli 25 vuotta. Ilmastoympäristöt luokitellaan kuuteen eri luokkaan (Taulukko 5). Veteen upotetuissa tai maanalaisissa rakenteissa korroosio on tavallisesti luonteeltaan paikallista ja korroosioluokat vaikeasti määriteltävissä. Taulukossa 4 on esitetty upotusrasitukselle altistuvien rakenteiden rasitusluokat Im1-Im4 ja joitakin esimerkkejä mahdollisista ympäristöistä. (Ongelin & Valkonen 2016.)

| Luokka | Ympäristö | Esimerkkejä ympäristöstä ja rakenteesta |
|---------------|---------------------|---|
| Im1 | Makea vesi | Jokirakenteet, vesivoimalat |
| Im2 | Meri- tai murtovesi | Satama-alueen rakenteet; offshore- ym. upotetut rakenteet ilman katodista suojausta |
| Im3 | Maaperä | Maanalaiset säiliöt, teräspaalut, teräsputket |
| Im4 | Meri- tai murtovesi | Upotetut rakenteet katodisella suojauksella. (esim offshore- rakenteet) |

Taulukko 4 Rasitusluokat veteen upotetuille ja maanalaisille rakenteille. (SFS-EN ISO 12944-2 2017)

| Korroosio- vaikutus- luokka | Painohäviö pinta-alayksikköä kohden/paksuushäviö (ensimmäisen altistusvuoden jälkeen) | | | | Esimerkkejä tyypillisistä ympäristöistä (vain opastava) | |
|-----------------------------------|---|-------------------------|-------------------------------------|-------------------------|--|---|
| | Matalahiilinen teräs | | Sinkki | | Ulkona | Sisällä |
| | Paino- häviö g/m ² | Paksuus- häviö µm | Paino- häviö g/m ² | Paksuus- häviö µm | | |
| C1 hyvin lievä | ≤ 10 | ≤ 1,3 | ≤ 0,7 | ≤ 0,1 | - | Lämmitetyt rakennukset, joissa puhtaat ilmatilat, esim. toimistot, kaupat, koulut, hotellit |
| C2 lievä | > 10...200 | > 1,3...25 | > 0,7...5 | > 0,1...0,7 | Ilmatilat, joissa epäpuhtauksien määrä alhainen: enimmäkseen maaseutualueita | Lämmittämättömät rakennukset, joissa voi esiintyä kondensoitu- mista, esim. varastot, urheiluhallit |
| C3 kohtalainen | > 200...400 | > 25...50 | > 5...15 | > 0,7...2,1 | Kaupunki- ja teollisuusilmatilat, joissa kohtalainen rikkidioksidikuormi- tus, rannikkoalueet, joilla alhainen suolapitoisuus | Tuotantotilat, joissa on korkea kosteus ja hieman epäpuhtauksia ilmassa, esim. elintarviketehtaat, pesulat, panimot, meijerit |
| C4 ankara | > 400...650 | > 50...80 | > 15...30 | > 2,1...4,2 | Teollisuusalueet ja rannikkoalueet, joilla suolapitoisuus on kohtalainen | Kemialliset tehtaat, uima-altaat, rannikolla sijaitsevat telakat ja veneveistämöt |
| C5 hyvin ankara | > 650... 1 500 | > 80...200 | > 30...60 | > 4,2...8,4 | Teollisuusalueet, joilla kosteus korkea ja ilmatila syövyttävä sekä rannikkoalueet, joilla suolapitoisuus korkea | Rakennukset tai alueet, joilla lähes jatkuvaa kondensoitumista ja saasteiden määrä korkea |
| CX äärimmäinen | > 1 500... 5 500 | > 200... 700 | > 60...180 | > 8,4...25 | Offshore-alueet, joilla suolapitoisuus korkea ja teollisuusalueet, joilla kosteus on äärimmäinen ja ilmatila syövyttävä sekä subtrooppiset ja trooppiset ilmastot | Teollisuusalueet, joilla kosteus äärimmäinen ja ilmatila syövyttävä |

Taulukko 5 Ilmastokorroosiovaikutusluokat ja esimerkkejä tyypillisistä ympäristöistä (SFS-EN ISO 12944-2 2017)

Suomessa maaliyhdistelmät on merkitty muodossa, joka koostuu standardin SFS-EN ISO 12944-5 kohdassa 8.3 annetusta merkinnästä täydennettynä sulkeissa maalityyppitunnuksella, kokonaiskalvon nimellispaksuudella, maalikerrosten lukumäärällä, alustamateriaalilla ja alustan esikäsittelyn tunnuksella. Standardin mukaan maalausjärjestelmät merkitään seuraavasti: ISO 12944-5/C2.06, jossa C2 = taulukko, johon järjestelmä sisältyy 06 = maalausjärjestelmän järjestysnumero taulukossa (SFS-EN ISO 12944-5 2018). Suomessa käytössä oleva merkintätapa kokonaisuudessaan: ISO 12944-5/C2.06 (EPPUR 180/2 – Fe Sa 2½). Merkinnässä EPPUR tarkoittaa käytettävää maalityyppiä (EP=Epoksimaali, PUR= Polyuretaanimaali), kokonaiskalvonpaksuus mikrometreissä on 180 ja

maalauskerroksia 2. Fe on maalausalustan tyyppi (Fe=teräs) ja viimeinen merkintä tarkoittaa alustan esikäsitelyä, joka tässä tapauksessa on Sa 2½=hyvin huolellinen suihkupuhdistus.

Kuumasinkityksen suojaava vaikutus perustuu siihen, että sinkki epäjalompana metallina syöpyy ennen terästä. Suojauksen teho riippuu sinkkikerroksen paksuudesta, mutta toisaalta paksu sinkkikerros on arka mekaanisille kolhuille. Kerroksen paksuus on normaalisti 50-100µm. Sinkittävä kappale upotetaan sinkki-kylpyyn ja sinkki tarttuu teräksen pintaan. Rakenneosa on suunniteltava siten, että sinkki pääsee tunkeutumaan sinkittävän kappaleen pintaan. Sinkkialtaan koko rajoittaa kappaleen maksimikokoa. Sinkityksen etuna on se, että se suojaa naarmuissa tai leikkausreunoissa paljastunutta teräspintaa katodisesti eli syöpyy teräksen sijasta. (Ongelin & Valkonen 2016.)

Kuumasinkitty pinta voidaan joutua maalaamaan, jos kuumasinkitys yksinään ei riitä korroosiosuojaksi, sinkin väri ei sovellu ympäristöön tai jos rakenne on oltava tietyn värinen. Korroosionestomaalauksen ja kuumasinkityksen yhdistelmä on tehokas korroosiosuoja, koska maalikalvon vioittuessa tai halkeillessa maalikalvon alla oleva sinkki suojaa kappaletta korroosiolta edelleen. Kuumasinkitylle pinnalle soveltuvia maalauskäsittelyjä käsitellään standardissa SFS-EN ISO 12944-5. (Ongelin & Valkonen 2016.)

7.8 Palosuojaus

Rakenteelliset kestävyysvaatimukset tulipalossa voivat perustua joko rakentamismääräyksissä ilmoitettuihin rakenteiden paloluokitukseen tai oletettuun palonkehitykseen eli ns. toiminnalliseen tarkasteluun. Palomitoituksella varmistetaan, että rakenne kestää vaaditun palonkestoajan joko suojaamattomana tai suojattuna.

Teräsrakenne palosuojataan eristämällä se ja/tai parantamalla rakenteen kykyä vastaanottaa lämpöä siten, että se ei kuumene liikaa. Lisäksi kantavat rakenneosat voidaan sijoittaa mahdollisuuksien mukaan niin, että niihin kohdistuva palonaikainen rasitus jäisi mahdollisimman pieneksi. Eristykseen voidaan käyttää palosuojalevyjä ja -maaleja. Lämmön vastaanottokykyä voidaan parantaa täyttämällä koteloprofiili vedellä tai betonilla. Palosuojausmenetelmät voidaan jakaa

niiden toteutustavan mukaan kuiviin ja märkiin menetelmiin. Kuiviin menetelmiin kuuluvat tuotteet, jotka kiinnitetään mekaanisilla kiinnikkeillä suojattavan rakenteen ympärille, kuten esimerkiksi mineraalivillalevyt tai kipsilevyt. Märkiä menetelmiä ovat esimerkiksi mineraalikuituruiskutus, palosuojamaali, betoni ja vesi. (Ongelin & Valkonen 2010.)

Suojauksen valintaan vaikuttavat asennus- ja käyttöolosuhteet sekä suojauksen kustannukset. Hankinta- ja asennuskustannuksien lisäksi on otettava myös huomioon mahdolliset huoltokustannukset. Suojattavat rakenteet, kuten esimerkiksi pilari, pyritään sijoittamaan mahdollisimman etäälle palotilasta, jolloin selvittää mahdollisimman kevyellä suojauksella. (Ongelin & Valkonen 2010.)

7.9 Liitokset

Teollisuuden sekundääristen teräsrakenteiden liitokset muodostuvat pääasiassa hitsaus- ja ruuviliitoksista. Liitosten suunnittelulla on merkittävä osuus teräsrakentamisessa, koska liitokset muodostavat suurimman osan rakenteen kokonaiskustannuksista, kun puhutaan rakenteen valmistuskustannuksista. Liitosten suunnittelun pääperiaatteena on, että hitsausliitoksia käytetään konepajalla ja ruuviliitoksia työmaalla. Ruuviliitoksia suositetaan työmaalla, koska säävaihteluiden takia hitsauksen suoritus ja laadunvalvonta on aina vaikeampaa työmaaolosuhteissa kuin konepajalla. Lisäksi hitsattavien osien pintakäsittelyn korjaaminen hitsauksen jälkeen aiheuttaa lisäkustannuksia. Suunnittelussa on otettava huomioon myös liitoksen asennettavuus. Esimerkiksi pulttien kiristämiseen tarvittava työtila on erityisesti huomioitava.

Hitsaukset pyritään mahdollisuuksien mukaan tekemään konepajalla, koska se on huomattavasti edullisempaa ja helpompaa kuin työmaalla tehtävä hitsaus. Työmaalla tehtävät asennukset ovat lähes poikkeuksetta pulttiliitoksia.

7.9.1 Liitosten suunnittelu

Liitosten suunnittelun pääperiaatteena on tehdä mahdollisimman yksinkertaisia liitoksia. Mitä yksinkertaisempi liitos on, sitä halvempi se myös yleensä on. Pyritään käyttämään yksinkertaisia muotoja, vältetään turhia viisteitä ja pyöristyksiä

sekä vinoja katkaisuja. Vältetään myös turhia jäykistyslevyjä liitoksissa. Käytetään mahdollisimman paljon samanlaisia rakenteita ja liitoksia, vältetään erikoisia liitoslevyjä ja ruuveja, jotta asennus olisi mahdollisimman helppoa ja nopeaa. Optimaalinen tilanne on, että yhdessä rakenteessa on vain yhdenkokoisia ruuveja ja samanlaisia liitoksia sekä liitososia. Hitsausliitoksissa riittää usein ihan tavallinen pienahitsi tai päittäisliitoksessa V-hitsi. Hitsauksissakin pyritään noudattamaan yhtenäistä linjaa, mahdollisuuksien mukaan samanlaisia hitsejä koko rakenteeseen. Liitoksia suunnitellessa on vältettävä kahden eri metallin eristämättömiä liitoskohtia, korroosioriskin vuoksi. Ruostumattoman teräksen kiinnikkeet ja liitososat on oltava myös ruostumattomia.

Liitosta suunnitellessa on tiedettävä, aiotaanko suunnitella jäykkä vai nivelellinen liitos sekä onko liitos leikkausvoiman vai vetovoiman rasittama. Standardi SFS-EN 1993-1-8 luokittelee liitoksia lujuuden, jäykkyyden ja toimintatavan mukaan. Lujuuden mukaan liitokset jaetaan kolmeen ryhmään: nimellisesti nivelelliset liitokset, täysin lujat liitokset ja osittain lujat liitokset. Jäykkyyden mukaan liitokset luokitellaan myös kolmeen luokkaan: nimellisesti nivelelliset liitokset, jäykät liitokset ja osittain jäykät liitokset. Käytännössä täysin jäykkää liitosta ei ole olemassa, kaikki jäykätkin liitokset ovat todellisuudessa osittain jäykkiä. Toimintavan mukaan liitokset jaetaan viiteen ryhmään, joista kiinnitysluokat A, B ja C ovat leikkausvoimien rasittamia kiinnityksiä ja kiinnitysluokat D ja E ovat vetovoiman rasittamia kiinnityksiä. Kiinnitysluokka A on reunapuristustyyppinen kiinnitys, kiinnitysluokka B on käyttörajatilassa liukumisen kestävä kiinnitys ja kiinnitysluokka C on murtorajatilassa liukumisen kestävä kiinnitys. Kiinnitysluokan D kiinnitykset ovat kiinnityksiä, joissa käytetään esijännittämättömiä ruuveja ja luokassa E ruuvit ovat esijännitettyjä. (SFS-EN 1993-1-8 2005.)

7.9.2 Kiinnikkeet

Ruuviliitos koostuu pulteista, muttereista ja aluslevyistä. Pulttiliitoksissa käytetään pääasiassa kuusioruuveja, jotka merkitään käyttämällä M kirjainta ja numeroa, joka tarkoittaa ruuvin nimellishalkaisijaa millimetreinä. Tyypillisiä teräsrakenteissa käytettäviä kuusioruuveja ovat M12, M16, M20, M24, M30 ja M36. M12 pultteja käytetään yleensä vain ns. kuormittamattomiin liitoksiin, kuten esimerkiksi kaidetolppien kiinnittämiseen ja M36 kokoiset ruuvit ovat yleensä käytössä

vain hyvin raskaasti kuormitetuissa liitoksissa. Kaksi yleisintä ruuvityyppiä, joita käytetään esijännittämättömissä rakenteissa ovat standardin ISO 4014 mukaiset osakierteiset ruuvit ja standardin 4017 mukaiset täyskierteiset ruuvit. Yleisin teräsrakenteissa käytettävä ruuvin lujuusluokka on 8.8. Standardin SFS-EN 1993-1-8 kansallisessa liitteessä suositellaan käytettäväksi vain joko 8.8 tai 10.9 lujuusluokan ruuveja, mutta ei kuitenkaan kielletä muiden lujuusluokkien käyttöä vaan kyseinen suositus perustuu lähinnä ruuvien saatavuuden varmistamiseen. Varastotilanne on parempi, kun erilaisia ruuveja on käytössä vähemmän. Liitoksissa käytetään yleensä standardin EN ISO 4032 mukaisia muttereita. Muttereiden lujuusluokat ovat 4, 5, 6, 8, 10 ja 12. Mutteri valitaan ruuvinlujuusluokan mukaan, eli 8.8 lujuusluokan ruuvin kanssa lujuusluokan 8 mutteri. Aluslevyjä käytetään, kun halutaan tuoda osakierteisen ruuvin kierteetön osa liitettävien levyjen ulkopuolelle. Yksileikkeisissä liitoksissa 8.8 ja 10.9 lujuusluokan ruuveja käytettäessä täytyy aluslevyjä käyttää sekä ruuvin kannan että mutterin alla. (Keto J-M 2016, 6-9.)

Ruuviliitokset valmistetaan ja asennetaan pääarakennesuunnittelijan laatiman toteutuseritelmän mukaan, joka pohjautuu standardiin SFS-EN 1090-2 Teräs- ja alumiinirakenteiden toteuttaminen, Osa 2: Teräsrakenteita koskevat tekniset vaatimukset. Standardissa SFS-EN 1090-2 määritellään myös käytettävien tuotteiden laatuvaatimukset.

7.9.3 Ruuvien kestävydet

Ruuvien kestävydet lasketaan standardin SFS EN 1993-1-8 taulukon 3.4 mukaisilla kaavoilla. Ruuvin leikkauskestävyys leikettä kohti $F_{v,Rd}$ (kaava 1) lasketaan ruuvin pinta-alan A , ruuvin vetomurtolujuuden f_{ub} , materiaaliosavarmuusluvun γ_{M2} sekä kertoimen α_v avulla. Materiaaliosavarmuuskerroin $\gamma_{M2}=1,25$. Ruuvin vetomurtolujuuden f_{ub} ja myötölujuuden f_{yb} nimellisarvot on esitetty taulukossa 7. (SFS-EN 1993-1-8 2005.)

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} \quad (1)$$

Kun ruuvien kierteet ovat leikkaustasossa (A on ruuvien jännityspoikkipinta-ala A_s) $\alpha_v = 0,6$ lujuusluokissa 4.6, 5.6 ja 8.8 ja $\alpha_v = 0,5$ lujuusluokissa 4.8, 5.8, 6.8 ja 10.9. Jos ruuvien kierteetön osa on leikkaustasossa (A on ruuvien bruttopoikkileikkauksen pinta-ala) $\alpha_v = 0,6$. Eri kokoisten ruuvien poikkileikkauksen bruttopinta-ala A ja jännityspinta-ala A_s on esitetty taulukossa 6.

| Ruuvi | M12 | M16 | M20 | M24 | M30 | M36 |
|---|------|-----|-----|-----|-----|------|
| Varren bruttopinta-ala A (mm ²) | 113 | 201 | 314 | 452 | 707 | 1018 |
| Jännityspinta-ala A_s (mm ²) | 84,3 | 157 | 245 | 353 | 561 | 817 |

Taulukko 6. Ruuvien pinta-alat ja jännityspoikkipinta-alat (Ongelin & Valkonen 2016)

Ruuvien vetokestävyys $F_{t,Rd}$ (kaava 2) lasketaan ruuvien vetomurtolujuuden f_{ub} , materiaaliosavarmuusluvun γ_{M2} , kertoimen k_2 ja ruuvien jännityspoikkipinta-ala A_s avulla. Arvo k_2 uppokantaisille ruuveille on 0,63 ja muille ruuveille 0,9.

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} \quad (2)$$

| Ruuvien lujuusluokka | 4.6 | 4.8 | 5.6 | 5.8 | 6.8 | 8.8 | 10.9 |
|-------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| f_{yb} (N/mm ²) | 240 | 320 | 300 | 400 | 480 | 640 | 900 |
| f_{ub} (N/mm ²) | 400 | 400 | 500 | 500 | 600 | 800 | 1000 |

Taulukko 7. Ruuvien myötölujuuden ja vetomurtolujuuden nimellisarvot (Ongelin & Valkonen 2016)

Ruuvien reunapuristuskestävyys $F_{b,Rd}$ (kaava 3) lasketaan levyn vetomurtolujuuden f_u , levyn paksuuden t , ruuvien kierteen d ja arvojen k_1 ja α_b avulla.

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} \quad (3)$$

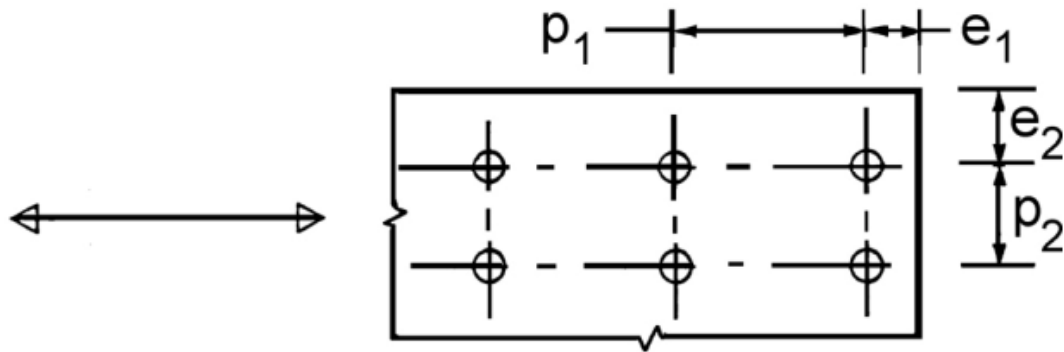
kertoimet k_1 ja α_b riippuvat ruuvien sijainnista. α_b on pienin arvoista α_d ; $\frac{f_{ub}}{f_u}$ ja 1,0. Siirrettävän voiman suunnassa kerroin α_d levyn pään ruuveille saadaan kaavasta 4 ja muille kuin pään ruuveille kaavasta 5.

$$\alpha_d = \frac{e_1}{3d_0} \quad (4)$$

$$\alpha_d = \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4} \quad (5)$$

Kohtisuorassa suunnassa siirrettävään voimaan nähden kerroin k_1 levyn pään ruuveille on pienin arvoista $2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7$ ja $2,5$. Muille kuin pään ruuveille kerroin k_1 on pienin arvoista $1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7$ ja $2,5$.

Ruuvien reunaetäisyyksien e_1 ja e_2 minimiarvo on $1,2d_0$. Keskiövälän p_1 minimiarvo on $2,2d_0$ ja p_2 minimiarvo on $2,4d_0$ (Kuva 15).



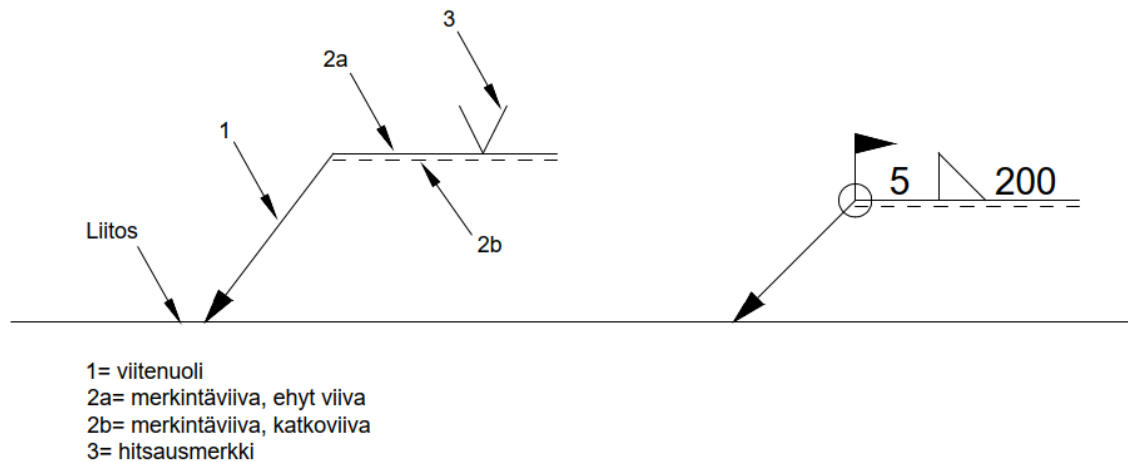
Kuva 15. Kiinnittimien etäisyyksien merkinnät (SFS-EN 1993-1-8 2008, 25)

7.9.4 Hitsaus

Vähintään 4 mm paksujen rakenneterästen ja 2,5 mm paksujen rakenneputkien hitsausliitosten suunnittelua ja mitoitusta käsitellään standardissa SFS-EN 1993-1-8. Ohuempien ainepaksuuksien hitsausta käsitellään standardissa SFS-EN 1993-1-3. Suunnitelmissa on esitettävä hitsin hitsiluokka standardin SFS-EN 1090 mukaisesti. Hitsausmerkinnät esitetään piirustuksissa standardin SFS-EN 2553 mukaisesti. (Vaajasaari 2016, 75-76.)

Teräsrakenteiden piirustuksessa tai toteutuseritelmässä on ilmoitettava hitsaus-työltä vaadittava hitsausluokka. Hitsausluokat ovat: D, C ja B, joista B on vaativin. Hitsausluokka määritellään toteutusluokan mukaan ja kantavissa rakenteissa hitsausluokka on oltava vähintään C. Jos piirustuksessa piirrosalueella ei ole erikseen käytetty hitsausmerkintöjä, käytetään ohjeteksteihin merkittyä hitsin tyyppiä

ja kokoa kaikissa hitsauksissa. Hitsausmerkintä piirustuksessa muodostuu kuvassa 16 esitetyistä osista. Viitenuoli osoittaa hitsattavan liitoksen, merkintäviivat osoittavat kumpaaliitoksen puolta on tarkoitus hitsata ja hitsausmerkki kertoo hitsin tyypin. Kun hitsausmerkki on ehyen viivan puolella, hitsataan nuolen osoittamalta puolelta ja vastaavasti kun hitsausmerkki on katkoviivan puolella, hitsataan liitoksen vastapuolelta. (Vaajasaari 2016, 75-76.)



Kuva 16. Hitsausmerkinnän esittämistapa.

Hitsausmerkin vasemmalle puolelle lisätään hitsin poikkileikkaukseen liittyvät mitat. Hitsausmerkin oikealle puolelle merkitään hitsisauman pituus. Mittojen puuttuminen oikealta puolelta tarkoittaa, että hitsi on jatkuva koko liitoksen pituudelta. Kuvassa 16 on esimerkki pienahitsin merkinnästä, jonka a-mitta on 5 mm ja pituus 200 mm. Hitsausmerkintää on täydennetty lisätunnuksilla standardin SFS-EN 2553 mukaisesti. Hitsausmerkinnässä oleva lippu tarkoittaa työmaahitsiä ja ympyrä merkintäviivan alussa tarkoittaa ympärihitsattua hitsiä. (RIL 229-1 2013, 90-91.)

Läpihitsatun päittäishitsin kestävyysarvo valitaan yhtä suureksi kuin heikoimman liitettävän osan kestävyysarvo edellyttäen, että hitsattaessa käytetään sopivaa hitsauslisäainetta, jolla saadaan aikaa kestävyydeltään perusaineen veroinen hitsi. Tämä ehto toteutuu käyttäessä yleisiä hitsattavia rakenneteräksiä ja tavanomaisia yleisesti hyväksytyjä hitsauspuikkoja.

Osittain läpihitsatun päittäishitsin kestävyys voidaan laskea kuten tunkeuman omaavan pienahitsin kestävyys. Osittain läpihitsatun päittäishitsin paksuudeksi valitaan kokeellisesti varmennettu tunkeuma. Pienahitsin kestävyys tarkistetaan joko yksinkertaistetulla menetelmällä tai komponenttimenetelmällä. Komponenttimenetelmässä hitsin yksikköpituuden siirtämät voimat jaetaan hitsin pituussuuntaisen akselin suhteen yhdensuuntaisiin ja sitä vastaan kohtisuoriin komponentteihin sekä hitsin laskentapinnan suuntiaisiin ja sitä vastaan kohtisuorassa oleviin komponentteihin. Yksinkertaistetussa menetelmässä standardin SFS-EN 1993-1-8 (2005) mukaan pienahitsin mitoituskriteerissä (kaava 6) hitsin pituusyksikköä kohti vaikuttavan voiman mitoitusarvo $F_{w,Ed}$ on oltava pienempi tai yhtä suuri kuin hitsin kestävyuden mitoitusarvo $F_{w,Rd}$.

$$F_{w,Ed} \leq F_{w,Rd} \quad (6)$$

Hitsin kestävyuden mitoitusarvo pituusyksikköä kohti $F_{w,Rd}$ (kaava 7) lasketaan kertomalla hitsin leikkauslujuuden mitoitusarvo $f_{vw,d}$ hitsin tehollisella pinta-alalla A_w .

$$F_{w,Rd} = f_{vw,d} A_w \quad (7)$$

Hitsin pinta-alan mitoitusarvo A_w (kaava 8), saadaan kertomalla hitsin tehollinen pituus hitsin a-mitalla. Jos hitsin on kaksipuoleinen, a-mitta kerrotaan kahdella. Pienahitsin tehollisena pituutena L_{eff} käytetään täysikokoisen pienahitsin kokonaispituutta.

$$A_w = a L_{eff} \quad (8)$$

Hitsin leikkauslujuuden mitoitusarvo $f_{vw,d}$ (kaava 9) lasketaan heikomman liitetävän levyn vetomurtolujuuden nimellisarvon f_u , kestävyuden osavarmuusluvun ja korrelaatiokerroimen avulla.

$$f_{vw,d} = \frac{f_u}{\sqrt{3\beta w \gamma_{M2}}} \quad (9)$$

Korrelaatiokerroin βw riippuu käytettävän teräksen lujuudesta (Taulukko 7). Kestävyuden osavarmuuslukuna γ_{M2} käytetään arvoa 1,25.

| Teräslaji | Korrelaatiokerroin β_w |
|-----------|------------------------------|
| S235 | 0,8 |
| S275 | 0,85 |
| S355 | 0,9 |
| S420 | 1,0 |
| S460 | 1,0 |

Taulukko 7. Korrelaatiokerroin hitsin mitoitusta varten (SFS-EN 1993-1-8 2005, 47)

7.10 Kustannukset

Suunnittelijalla on hyvä olla jonkinlainen käsitys erilaisten rakenteiden suunnittelu- sekä materiaalikustannuksista, jotta tehdyt ratkaisut olisivat mahdollisimman edullisia. Materiaalien osuus on usein määräävin valmiin teräsrakenteen hinnasta, joten niiden oikealla valinnalla on saavutettavissa huomattavat kustannussäästöt. Pelkkä kilojen optimointi ei välttämättä johda taloudellisimpaan lopputulokseen, vaan on pyrittävä valitsemaan mahdollisimman vähän erilaisia profiilikokoja ja levypakkuuksia, joilla voidaan toteuttaa koko rakenne. Käytettäessä S235 sijasta lujuusluokan S355 terästä, hinta on 10-15 % kalliimpi, mutta lujuus kasvaa 50 %. Teräslajin ja lujuuden valinnalla voidaan vaikuttaa rakenteen materiaalikustannuksiin erityisesti rakenteissa, joissa on suuria kuormituksia. Mitä lujempaa teräs on, sitä kalliimpaa se on, mutta valitsemalla lujemman teräksen profiilikokoa voidaan pienentää ja materiaalikustannuksissa tulee säästöjä, jolloin myös rakenteen kustannukset pienenevät.

Liitosten osuus suunnittelun, valmistuksen sekä asennuksen kustannuksissa on huomattava. On pyrittävä yksinkertaisiin ratkaisuihin, ja samanlaisia liitoksia sekä liitososia käyttämällä pienennetään valmistus- ja asennuskustannuksia. Ei turhia viisteitä tai pyöristyksiä liitoslevyihin eikä jäykistyslevyjä liitoksiin, joissa niitä ei välttämättä tarvita. Pyritään myös välttämään käyttämästä turhaa sellaisia liitoksia, joissa rakenneosia joudutaan leikkaamaan tai katkaisemaan.

Ruostumaton teräs on noin 5 kertaa kalliimpaa kuin tavallinen musta teräs, mutta valmis rakenne saattaa silti olla edullisempi, kun ei tarvita syöpymävaroja eikä kunnossapitoa. Haponkestävä teräs on noin 1,5 kertaa kalliimpaa kuin tavallinen

ruostumaton teräs, joten sitä ei turhaan käytetä, jos tavallisen ruostumattoman teräksen korroosionkesto-ominaisuudet ovat riittävät.

Suunnittelukustannuksia voidaan arvioida tarjouslaskentaa varten karkeasti kg/h tunnusluvuilla, jotka on laskettu toteutuneiden projektien teräsmääristä ja tuntimääristä. Tunnusluvut määräytyvät rakenteen koon, muodon ja monimutkaisuuden perusteella. Tunnuslukujen avulla voidaan arvioida esimerkiksi, kannattaako jokin rakenne suunnitella itse vai ulkoistetaanko suunnittelu esimerkiksi jollekin teräsrakennetoimittajalle.

8 Yhteenveto ja pohdinta

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli koota ohjeistus sellaisten suunnittelijoiden avuksi, jotka eivät pääsääntöisesti työskentele teräsrakenteiden parissa tai joilla ei ole vielä kokemusta teräsrakenteiden suunnittelusta. Ohje käsittelee täydentävien teräsrakenteiden suunnittelua teollisuudessa ja se tehtiin Sweco Rakennetekniikan teollisuusosaston sisäiseen käyttöön. Työn teoriaosassa käsiteltiin teräsrakenteiden suunnittelua, suunnitteluprosessia, suunnitteluohjeen laatimista sekä suunnitteluohjeessa käsiteltäviä asioita sekä rakenteita, joita suunnitteluohjeen käyttäjä mahdollisesti työssään suunnittelee.

Suunnitteluohje laadittiin olemassa olevan ohjeen pohjalle, joka tarvitsi päivitystä niin ulkoasun kuin sisällönkin puolesta. Alkuperäisen ohjeen idea pysyi pääosin samana, mutta sisältöä päivitettiin vastaamaan käytössä olevia standardeja ja suunnitteluvaatimuksia. Tarkoituksena oli luoda ohje, joka ohjaisi suunnittelua oikeaan suuntaan. Ohjeen sisällön kartoittamiseksi teetettiin yrityksen suunnittelijoille kysely, jonka avulla selvitettiin, minkälaisia asioita siihen halutaan sisällyttävän. Suunnitteluohje ei käsittele varsinaista rakenteiden mitoitusta, lukuun ottamatta joitain yksinkertaistettuja esimerkkejä esimerkiksi hitsin mitoituksesta tai pulttiliitoksen kestävyuden arvioimisesta taulukon avulla. Ohjeen sisältö painottuu pääasiassa ohjeistukseen erilaisista käytössä olevista ratkaisuksista, jotka liittyvät esimerkiksi eri materiaalien käyttöön ja materiaalin valintaan, pintakäsittelyyn ja palosuojauksen määrittelyyn ja liitostyyppien valintaan. Tarkoituksena oli antaa esimerkkejä toimivista ratkaisuksista, jotta voidaan valita paras ratkaisu kuhunkin

kohteeseen ja kootaan tieto huomioon otettavista asioista ja suunnittelua ohjaavista standardeista. Ohjeistuksen tavoitteena on saada yhtenäistettyä ja yksinkertaistettua suunnittelun tiettyjä osa-alueita, jotta suunnittelijan työ olisi sujuvampaa ja pystyttäisi keskittymään paremmin projektikohtaisiin yksityiskohtiin.

Teollisuusrakentamisessa rakennusmateriaaleilta tarvitaan erityistä kestävyyttä ympäristön suhteen. Tarvitaan sekä pitkää käyttöikää että muunneltavuutta tarpeen vaatiessa. Suunnittelussa on otettava huomioon kohteen olosuhteet ja erityispiirteet, jotta pystytään suunnittelemaan kyseiseen kohteeseen sopiva rakenne ja valitsemaan materiaalit ja pintakäsittely. Teollisuusrakentamisen yleinen ongelma on tilanpuute. Rakennukset mitoitetaan äärimmäisen ahtaiksi ja varsinkin jälkeinpäin asennettavien tasojen tai nostinkiskojen suunnitteleminen on haastavaa tilanpuutteen vuoksi. Etenkin kun olemassa olevaan tehtaaseen joudutaan jälkeinpäin suunnittelemaan jotain rakenteita, jo olemassa olevat putket, laitteet ja erilaiset tukirakenteet sekä rakennuksen runko asettavat usein haasteita rakenteiden sijoittamiselle, koolle ja muodolle. Joissain kohteissa vaaditaan käytettäväksi ruostumatonta terästä, ja se saattaa asettaa rajoituksia erilaisten profiilien käytölle, koska kaikkia profiileita ja kokoja ei välttämättä ole kovin helposti saatavilla ruostumattomina. Liitokset olemassa oleviin rakenteisiin vaativat usein selvittelyä ja tarvitaan perehtymistä erilaisiin kiinnitysmahdollisuuksiin. Esimerkiksi betonipalkeilla voi olla määritelty sallitut jälkikiinnitysalueet, joita on noudatettava. On myös huomioitava, että kiinnitys- ja ripustuskuormien tulee sisältyä palkin ilmoitettuihin kuormiin, mikä voi myös rajoittaa liittämismahdollisuuksia.

Työn tekeminen sai minut ymmärtämään, miten haasteellista on koota ns. oleellinen tieto yhteen ohjeeseen. Oli alusta lähtien selvää, että tämä tulee olemaan haaste, koska teräsrakennesuunnittelu on käsitteenä niin laaja, että sitä on lähes mahdoton rajata tiiviiksi kokonaisuudeksi, jossa olisi kaikki tarvittava tieto. Työn rajaamista helpotti jonkin verran se, että vaativat AA-luokan rakenteet rajattiin ohjeen ulkopuolelle eikä niitä myöskään käsitelty työn teoriaosuudessa. Myöskään varsinaisia mitoitusohjeita ei sisällynyt ohjeeseen, lukuun ottamatta yksinkertaisia ohjeita liitosten mitoitukseen. Alkuperäisenä ajatuksena oli kerätä tietoa suunnittelutyön ja materiaalien sekä rakenteiden kustannuksista yrityksen sisältä,

sekä mahdollisesti yrityksen yhteistyökumppaneilta. Tämän opinnäytetyön aika-
taulun puitteissa sellaista selvitystä ei pystytty toteuttamaan, joten tässä ohjeessa
käsitellään kustannuksia vain karkealla tasolla. Kustannustiedon kerääminen
voisi olla hyödyllistä, koska suunnittelijalla on hyvä olla jonkinlainen käsitys siitä,
mitä mitkäkin ratkaisut maksavat.

Tarkoituksena on, että ohjetta päivitetään tästä lähtien säännöllisesti ja sitä täy-
dennetään aina tarvittaessa. Kun ohjetta seuraavan kerran päivitetään, kustan-
nustieto olisi yksi aihe, josta voisi tietoa lisätä. Ohjetta voisi laajentaa myös esi-
merkiksi lisäämällä enemmän yksityiskohtaisempaa ohjeistusta erilaisten raken-
teiden suunnittelusta ja esimerkiksi tyypillisimpiä käytettäviä liitoksia voisi esittää
tässä ohjeessa enemmän. Ohjeessa on tällä hetkellä esitetty vain esimerkinomai-
sesti muutamia tyypillisimpiä palkki-palkki- ja palkki-pilari-liitostyyppisiä.

Lähteet

Hämeen Ammattikorkeakoulu 2008. Teräsrakentaminen. HAMKin julkaisuja 2/2008.

Kaitila, O. (toim.) 2014. Teräsrakenteiden suunnittelu ja mitoitus. Eurocode 3 oppikirja. Helsinki: Teräsrakenneyhdistys ry

Keto, J-M 2016. Teräsrakenteiden liitokset ja liitosten kiertymisjäykkyyden vaikutus kehärakenteeseen. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma. Diplomityö

Koneturvallisuuden standardit 2019. https://www.sfs.fi/files/1478/koneturvallisuusstandardit2017_web.pdf Luettu 5.9.2019.

Ongelin P. & Valkonen I. 2016. SSAB Domex Tube Rakenneputket EN 1993 Käsikirja. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy.

Ongelin P. & Valkonen I. 2010. Hitsatut profiilit EN 1993 Käsikirja. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy.

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

RIL 229-1-2013 Rakennesuunnittelun asiakirjaohje. 2013. Tekstiosa. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörin liitto RIL ry.

RIL 229-2-2013 Rakennesuunnittelun asiakirjaohje. 2013. Mallipiirustukset ja laskelmat. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörin liitto RIL ry.

Ruukki 2019. Tuotteet. Kantavat poimulevyt. <https://www.ruukki.com/fin/b2b/tuotteet/kantavat-ja-muut-profiilit/kantavat-poi-mulevyt/load-bearing-sheets-details/load-bearing-sheet-t130m-75l-930> Luettu 1.10.2019

R-Taso. Tuotteet. Porrastornit. <https://r-taso.fi/tuotteet/porrastornit/> Luettu 10.9.2019

SFS-EN 1991-3 2007. Eurokoodi 1: Rakenteiden kuormat. Osa 3: Nostureiden ja muista koneista aiheutuvat kuormat. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS ry.

SFS-EN 1993-1-1 2014. Eurokoodi 3: Teräsrakenteiden suunnittelu. Osa 1-1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS ry.

SFS-EN 1090-2 2012. Teräs- ja alumiinirakenteiden toteutus. Osa 2: Teräsrakenteita koskevat tekniset vaatimukset. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS ry.

SFS-EN ISO 14122-1 2016. Koneturvallisuus. Koneiden kiinteät kulkutiet. Osa 1: Pääsytien valinta ja yleiset vaatimukset. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

SFS-EN ISO 14122-2 2016. Koneturvallisuus. Koneiden kiinteät kulkutiet. Osa 2: Työskentelytasot ja kulkutasot. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

SFS-EN ISO 14122-3 2016. Koneturvallisuus. Koneiden kiinteät kulkutiet. Osa 3: Portaat, porrastikkaat ja suojakaiteet. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

SFS-EN ISO 14122-4 2016. Koneturvallisuus. Koneiden kiinteät kulkutiet. Osa 4: Kiinteät tikkaat. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

SSAB. Tuotteet. Teräsluokat. Avoprofiilit. <https://www.ssab.fi/tuotteet/terasluokat/avoprofiilit?di=discover046BD69905454614A39B76594D60E80A> Luettu 1.10.2019

Suomen Teräsritilä 2017. http://www.str.fi/wp-content/uploads/str_yleisesite_2017_nettiin_sivuttain.pdf Luettu 26.8.2019

Teräsrakenneyhdistys ry 2017. Käsikirja – Ruostumattomien terästen käyttö kantavissa rakenteissa. <http://www.steel-stainless.org/media/1455/fi-kaesikirja-ruostumattomien-teraesten-kaeyttoa-rakenteissa-4painos.pdf> Luettu 27.9.2019

Teräsrakenneyhdistys ry 2008. Ruostumattomien rakenneputkien käsikirja. <https://www.stalatube.com/globalassets/documents/designers/ruostumattomien-rakenneputkien-kasikirja.pdf> Luettu 27.9.2019

Terässtandardit 2018. https://www.sfs.fi/files/1483/Terasstandardit_2018_web.pdf Luettu 29.7.2019.

Teräsrakenteet 2019. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakenteiden lujuus ja vakaus. Ohjeet. Ympäristöministeriö. <https://www.ym.fi/download/no-name/%7BD829E0A3-9D8E-4730-8E6C-EF076B4642F2%7D/126585> Luettu 29.7.2019.

Vaajasaari, H. 2016. Teräsrakenteiden suunnitteluohje. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma. Diplomityö

Väisänen, P. 2007. Teräs – perustietoa arkkitehtiopiskelijoille. http://www.terasrakenneyhdistys.fi/document/1/40/66e53a5/Teras_web.pdf Luettu 29.7.2019

Ympäristöministeriön asetus kantavista rakenteista 16.6. 2014/477.

Ympäristöministeriön asetus rakennuksen käyttöturvallisuudesta 20.12. 2017/1007.

Ympäristöministeriö 2013. Maankäyttö ja rakentaminen. Lainsäädäntö ja ohjeet. Maankäyttö- ja rakennuslaki. https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Maankaytto_ja_rakennuslaki Luettu 24.7.2019.

Ympäristöministeriö 2016. Suomen rakentamismääräyskokoelma. www.ym.fi/rakentamismaaraykset Luettu 17.7.2019.