



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

TATU VAURIO

Teräsrakenteiden suunnittelu Suur- teollisuuspuistossa

KONETEKNIIKAN TUTKINTO-OHJELMA
2021

Tekijä(t) Vaurio, Tatu	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä huhtikuu 2021
	Sivumäärä 38	Julkaisun kieli suomi
Julkaisun nimi Teräsrakenteiden suunnittelu Suurteollisuuspuistossa		
Tutkinto-ohjelma Konetekniikan tutkinto-ohjelma		
<p>Tässä opinnäytetyössä selvitettiin ja tutkittiin teräsrakenteita koskevia säädöksiä ja määräyksiä. Keskeisimpänä standardina työssä pidettiin SFS-EN 1090-2 tuomia säädöksiä. Työssä sovellettiin myös koneturvallisuudesta tulevia määräyksiä. Olennaisena asiana pidettiin työssä EXC-luokituksia ja sitä, miten ne vaikuttavat Suurteollisuuspuistossa.</p> <p>Työssä hyödynnettiin Suurteollisuuspuistossa työskenteleviä henkilöitä, joilta saatiin arvokkaita tietoja talon kirjoittamattomista säännöistä. Koska kaikkia ohjeita ei ollut saatavilla, haluttiin luoda Suurteollisuuspuistoon ohjeistus, jota seuraamalla saataisiin aikaiseksi laadukkaita ja tasalaatuisia piirustuksia.</p> <p>Haastatteluilla, Suurteollisuuspuiston ohjeistuksella ja teräsrakenteisiin liittyvillä standardeilla kasattiin kattava ja selkeä suunnitteluohje.</p>		
<p><u>Asiasanat</u> rakenteet, hitsaus, suunnittelu</p>		

Author(s) Vaurio, Tatu	Type of Publication Bachelor's thesis	Date April 2021
	Number of pages 38	Language of publication: Finnish
Title of publication Structural steelwork planning in Suurteollisuuspuisto		
Degree program Bachelor's degree in machine engineering		
<p>In this thesis, the legislation and regulations concerning steel structures were clarified and studied. The most important standard in the work was considered to be the regulations introduced by SFS-EN 1090-2. Regulations on machine safety were also applied in the work. EXC-classifications and how they affect in Suurteollisuuspuisto were considered essential in the work.</p> <p>In this thesis the people working in Suurteollisuuspuisto were utilized to provide valuable information about the unwritten rules of the house. Because all instructions were not available, the aim was to create a guideline for Suurteollisuuspuisto, which would lead to high-quality and homogeneous drawings.</p> <p>A comprehensive and clear design guide was compiled with the help of interviews, guidelines of Suurteollisuuspuisto and standards related to steel structures.</p>		
<u>Key words</u> structural, welding, planning		

SISÄLLYS

1	ESIPUHE.....	6
2	METSO OUTOTEC FINLAND OY	7
2.1	Suurteollisuuspuisto	7
3	TERÄSRAKENTEIDEN TEKNISET VAATIMUKSET	8
3.1	Standardien soveltaminen laitos- ja konesuunnittelussa	8
4	KUORMITUKSET	9
4.1	Pysyvät kuormat.....	9
4.2	Hyötykuorma	9
4.3	Luonnonkuormat.....	9
5	MATERIAALIT	11
5.1	Teräsprofiilit	11
6	LIITOKSET.....	14
6.1	Ruuviliitokset.....	14
6.2	Hitsiliitokset.....	14
6.3	Pienahitsi	15
6.4	V-hitsi, puoli V-hitsi ja X-hitsi	15
6.5	I-hitsi	16
6.5.1	Muut hitsit.....	16
6.6	Hitsien lisätunnukset	17
6.6.1	Kouruhitsi	18
6.6.2	Tasahitsi	18
7	TOLERANSSIT	20
7.1	Erilaiset toleranssit	20
8	LAATUVAATIMUKSET.....	21
8.1	EXC2- ja EXC3-luokka Suurteollisuuspuistossa.....	24
8.2	-EXC2- ja EXC3-luokkien eroavaisuudet	24
8.3	CE.....	25
9	TODISTUKSET	26
10	PINTAKÄSITTELY	28
10.1	Maalaus.....	31
10.1.1	Luokittelu.....	32
11	VASTUUT JA VELVOLLISUUDET	33
11.1	Suunnittelijan ja toimittajan vastuut.....	33
12	SUUNNITTELIJAN MUISTILISTA / PIIRUSTUSOHJE	33
12.1	Suunnittelu	33

12.2 Mallinnus	36
12.3 Varmistus	36
12.4 Laatu	36
13 YHTEENVETO.....	38
LÄHTEET	

1 ESIPUHE

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on helpottaa suunnittelijaa pääsemään valtavasta standardiviidakosta läpi ilman, että hänen tarvitsee tutkia jokaista standardia erikseen.

2014 heinäkuussa astui voimaan määräys, että kantavat teräsrakenteet tulee valmistaa CE-merkinnän mukaisesti. Se tuo teräsrakenteelle tiettyjä vaatimuksia. SFS-EN 1090 yhdessä eurokoodien kanssa luovat kokonaiskuvan siitä, mitä pitää huomioida, jotta rakenne on CE-merkinnän mukainen.

Työn tavoitteena on luoda Suurteollisuuspuiston suunnittelutoimistoon yhtenäinen ohje suunnittelijoiden välille siihen, miten suunnittelu tulee toteuttaa projektin eri vaiheissa. Tavoitteena on saada aikaan suunnittelu-, laatu- ja työhjjerunko, josta suunnittelijan on helppo tarkastaa, että hän on huomioinut tarvittavat asiat. Työ antaa myös ohjeita siihen, miten toimitaan juuri Suurteollisuuspuiston alueella ja työssä viitataan usein Suurteollisuuspuiston ohjeistukseen heti standardin tuoman ohjeistuksen jälkeen.

Työ on toteutettu lukemalla standardeja ja etsimällä niistä tietoa ja ohjeistuksia. Työssä on myös hyödynnetty kokeneiden suunnittelijoiden kokemusta eri projekteista. Työhön on kasattu kaikki olennainen, mitä suunnittelija tarvitsee suunnitellessaan teräsrakenteita.

2 METSO OUTOTEC FINLAND OY

Metso Outotec Finland Oy:n Harjavallan yksikkö sijaitsee Harjavallan Suurteollisuuspuistossa ja yksikössä työskentelee noin 27 henkilöä. Harjavallan yksikkö vastaa Suurteollisuuspuiston alueelle tehtävistä investointiprojektien suunnittelu- ja projektointipalveluista. (Suurteollisuuspuiston www-sivut 2020.)

2.1 Suurteollisuuspuisto

Suurteollisuuspuistossa työskentelee yhteensä 21 yritystä. Suurteollisuuspuistossa jokaisella yrityksellä on vastuu siitä, että toiminta sujuu saumattomasti. Suurimmat työllistäjät Suurteollisuuspuistossa ovat Boliden Harjavalta Oy ja Norilsk Nickel Oy. Suurteollisuuspuistossa työskentelee yhteensä noin 1200 työntekijää. (Suurteollisuuspuiston www-sivut 2020.)



Kuva 1. Suurteollisuuspuisto

3 TERÄSRAKENTEIDEN TEKNISET VAATIMUKSET

Teräsrakenteiden tekniset vaatimukset asettaa standardi SFS-EN 1090 ja eurokoodi 3 SFS-EN 1993. Teräsrakenteita suunniteltaessa on otettava huomioon esimerkiksi materiaalin lujuus, mahdolliset venymät, mittojen ja muotojen toleranssit sekä tarvittaessa myös iskusitkeys ja iskukestävyys. Määritelmien osalta täytyy noudattaa EN 10021 -standardia. Standardi määrittelee tarkat ohjeet siitä, mitä tilauksessa on ilmoitettava. Ilmoitettavia asioita ovat esimerkiksi paino, pituus ja määrä. Standardi määrittelee myös tarkastustavat. Eurokoodi SFS-EN 1993 määrittelee tarvittavat laskut ja laskukaavat kantaville teräsrakenteille. Standardi SFS-EN 12100 määrittelee koneturvallisuuden. (SFS-EN 10021 2007, 14.) (SFS-EN 1090-2:2018 2018, 8-9.) (SFS-EN 1993-1-1 2005, 5.)

3.1 Standardien soveltaminen laitos- ja konesuunnittelussa

Suunnittelussa täytyy ottaa huomioon monista eri standardeista tulevia vaatimuksia. Suunnittelun yhdenmukaisuus tulee tässä haastavaksi, koska SFS-EN 1090 ja SFS-EN 1993 määrittelevät teräsrakenteiden rakennussuunnittelun ja SFS-EN 14122 määrittelee kiinteitä kulkuteitä.

4 KUORMITUKSET

Kuormituksia tutkiessa täytyy ottaa huomioon kaikki mahdolliset voimat, joita rakenteeseen voi kohdistua. Erilaiset kuormitustilanteet voidaan tarkastaa standardista SFS-EN 1991 (eurokoodi 1). Rakenteen omapaino on aina otettava huomioon.

4.1 Pysyvät kuormat

Omapaino on pysyvä kuorma, johon sisällytetään kaikki materiaali, mitä rakenteeseen kiinnitetään pysyvästi. Tarkemmat ominaisarvot voidaan tarkastaa standardista SFS-EN 1990 (eurokoodi). (Teräsrakenneyhdistys 2015a, 25.)

4.2 Hyötykuorma

Hyötykuormat otetaan huomioon standardin SFS-EN 1991-1 mukaan. Hyötykuormia on kuormat, jotka voivat liikkua ja muuttua. Tällaisia kuormia ovat henkilökuormat, laitekuormat ja työkoneista aiheutuvat kuormat. Hyötykuormat arvioidaan tapauskohtaisesti. (Teräsrakenneyhdistys 2015b, 97.)

4.3 Luonnonkuormat

Lumi otetaan huomioon suunnittelussa standardin SFS-EN 1991 mukaan. Lumesta aiheutuvan kuorman ominaisarvo määräytyy suunnittelukohteen maantieteellisen sijainnin perusteella. Suunnittelukohteen lumikuorman ominaisarvon voi tarkastaa standardista SFS-EN 1991-1-3. Harjavallan alueella käytetään lumikuormana 2kN/m^2 (Pohrin www-sivut 2020). Standardin SFS-EN 1991-1-3 liitteessä esitetään lumen aiheuttamia kuormitustilanteita. (Teräsrakenneyhdistys 2015a, 29.)

Tuulikuorma määritellään aina yksinkertaistettuna paineiden tai voimien joukkona. Rakenteeseen vaikuttava tuulikuorma on suoraan verrannollinen sen pinta-alan kanssa. Ohjeet pinta-alan mitoittamiseen voidaan tarkastaa standardista SFS-EN 1991-1-4. Tuulikuorman määrittää standardi SFS-EN 1990. Tuulikuorman mitoituksessa täytyy ottaa huomioon myös rakennuksen sijainti ja se, millaisessa maastossa rakennus sijaitsee. Rakenteen koko, muoto ja aerodynaamiset ominaisuudet vaikuttavat suoraan rakennukseen vaikuttavaan tuulivoimaan. (SFS-EN 1991-1-4+AC+A1 2011, 30-35.)

Myös lämpötilamuutokset täytyy ottaa huomioon teräsrakenteissa. Ilman lämpötilaero voi olla Suomessa yli 70 celsiusastetta. Teräksen lämpötilaero voi johtua esimerkiksi lämpöä säteilevästä ulkoisesta tekijästä. Tumma pinta teräsrakenteessa vaikuttaa eritavalla rakenteen lämpötilamuutoksiin kuin vaalea pinta. Lämpötilaeroista aiheutuu rakenteeseen voimia, jotka täytyy huomioida lujuslaskelmissa. Lämpölaajenemisen aiheuttamat muodonmuutokset pystytään huomioimaan esimerkiksi varaamalla lämpölaajenemiselle rakenteeseen riittävästi tilaa. Lämpötilasta aiheutuvien rasitusten mitoittukset löytyvät SFS-EN 1991-1-2 liitteistä. (Teräsrakenneyhdistys 2015a, 44-45.)

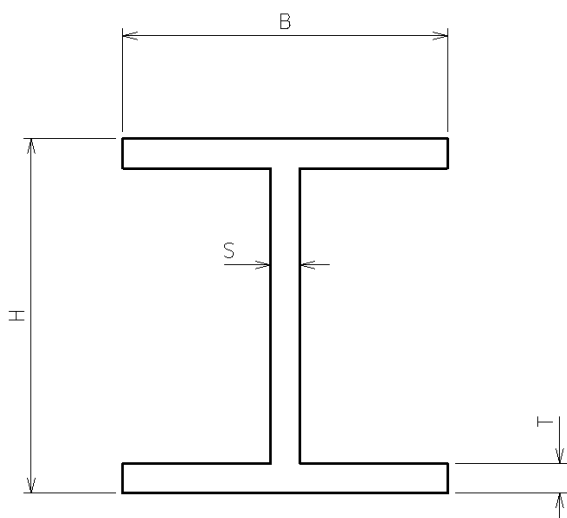
5 MATERIAALIT

Teräksellä on hyvät ominaisuudet rakentamiselle. Teräksellä on hyvä lujuus-painosuhteominaisuus, jolla se poikkeaa muista rakennusmateriaaleista, kuten puusta, tiilestä ja betonista. Teräksen ominaisuuksia pystytään säätämään valmistustavan ja seosainesten suhteella. Teräs on palamaton aine ja sen korroosionopeus on suhteellisen hidas. Teräskappaleita on myös helppo yhdistää toisiinsa hitsi- tai ruuviliitoksilla. Terästä voidaan kierrättää lukemattomia kertoja ilman, että sen ominaisuudet heikentyvät. (Teräsrakenneyhdistyksen www-sivut 2021.)

5.1 Teräsprofiilit

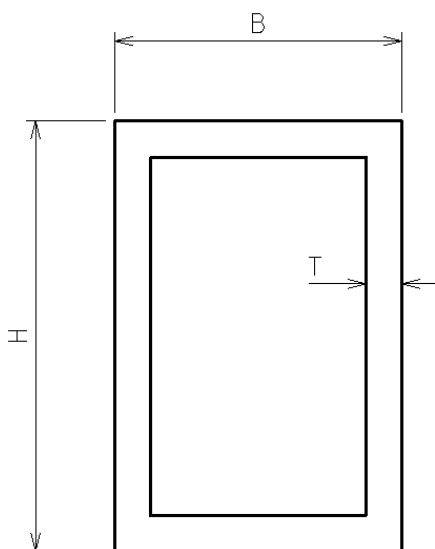
Tässä kappaleessa käydään läpi yleisimmät Suomessa käytetyt teräsprofiilit ja kerrotaan niiden käyttötarkoituksista ja ominaisuuksista. Paras tapa selvittää profiilin saatavuus on tutkia toimittajien sivuja ja selvittää sen hetkinen varastotilanne. Teräsprofiileja tehdään rakenneteräksen lisäksi myös ruostumattomasta teräksestä, haponkestävästä teräksestä ja alumiinista. Näiden profiilien saatavuus on kuitenkin huomattavasti heikompi kuin S235 tai S355 valmistetuilla profiileilla (Tuulissuon rautavaraston www-sivut 2020).

IPE-, INP-, HEA- ja HEB-palkit ovat yleisiä teräsprofiileja. Näistä käytetään yleisesti nimitystä I-palkki tai H-palkki, niiden muodon mukaan. Palkkien muoto takaa profiilille hyvän kestävyuden poikittaisille ja sivuttaisille voimille. Alla kuva I-/H-profiilin muodosta. (Valtanen 2016, 810.)



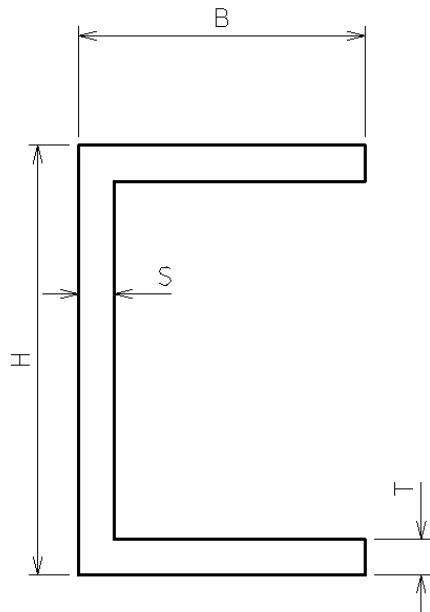
Kuva 2. I- / H-profiili

Suorakaideputkipalkki eli RHS-putkipalkki on suorakaiteen muotoinen putkiprofiili. Putkiprofiililla saadaan yleisesti paras mahdollinen paino-lujuussuhde. RHS-palkin valmistus on suhteellisen arvokasta, joten rakenteessa kannattaa suosia esimerkiksi halvempaa I tai H-profiilia. (SSAB:n [www-sivut](http://www.ssaab.com) 2021.)



Kuva 3. Suorakaideputkipalkki

U-profiili on u-kirjainta muistuttava profiili. U-profiilia kannattaa suosia silloin, kun rakenteeseen tulee paljon ruuviliitoksia.



Kuva 4. U-profiili

6 LIITOKSET

Tässä kappaleessa käydään läpi eri liitosvaihtoehtoja. Teräsrakenteita yhdistetään toisiinsa pääsääntöisesti joko hitsausliitoksilla tai ruuviliitoksilla.

6.1 Ruuviliitokset

Ruuviliitokset tehdään kitkaliitoksina, muotoliitoksina tai niiden yhdistelminä. Ruuvi-liitos on liitos, jossa on ruuvi ja tarvittaessa aluslevy ja mutteri. Mutteria ei saa kiinnittää hitsaamalla, jos sitä ei ole määritelty erikseen. Tarkat ohjeet ruuvikokoonpanon määrittämiseen löytää standardista SFS-EN 1090-2:2018 kohdasta 8.2. 1090-standardin lisäksi pitää huomioida eurokoodin tuomat vaatimukset. Rakenteellisen ruuvin nimellishalkaisijan täytyy olla vähintään M12, jotta sen vaatimukset voidaan määrittää. Jos nimellishalkaisija on pienempi kuin M12, mutta suurempi kuin M6, vaatimukset täytyy esittää erikseen. Vaatimukset voidaan tarkastaa standardista SFS-EN 1993. Standardia ei voida soveltaa, jos ruuvi on pienempi kuin M6. SFS-EN 1993-1-8 määrittelee reiälle sen reunaetäisyyden. Standardi EN 14399 kertoo vaatimukset ruuvin pituudelle. Ruuvin pituus täytyy valita niin, että kiristyksen jälkeen sille jää ulkopuolelle ainakin yksi kierre. Eurocode 3 käsikirjan mukaan suositellaan käyttämään ainoastaan ruuveja, jonka lujuusluokka on 8.8 tai 10.9. Eurokoodi 3:n mukaan kantavassa teräsrakenteessa ei saa käyttää ruuvia, jonka lujuusluokka on yli 10.9. (Yleistä tietoa ruuviliitoksista 2019.) (Teräsrakenneyhdistys 2015c. 24-35.)

6.2 Hitsiliitokset

Tässä kappaleessa käydään läpi käytetyimpien hitsauksien määritelmät ja vaatimukset. Hitsauksen vaatimukset asettavat standardi EN ISO 3834-2, 3 ja 4. Lisäksi paneudutaan siihen, mihin eri hitsit soveltuvat parhaiten.

Standardin EN ISO 3834 mukaisesti tehdään hitsausohje eli WPS. WPS sisältää tiedon yksiselitteisesti siitä, mikä tai mitkä hitsaustavat ovat sallittuja. WPS toimitetaan tilaajalle ennen hitsauksen aloittamista. Kaikki hitsaussaumot tulee aina tarkastaa silmämääräisesti kokonaisuudessaan hitsausluokasta riippumatta. Haponkestävä teräs vaatii erityistä huomiota, koska siihen johtuu hitsatessa huomattava määrä

lämpöenergiaa. (EN ISO 3834-1 2006, 10-16.) (Vaatimuksia hitsaustoiminnoille 2014.) (Valtanen 2016, 545-563.)

6.3 Pienahitsi

Pienahitsi tulee aina tehdä molemmilta puolilta, mikäli se on mahdollista. Dynaamisessa kuormassa kourupienahitsit ovat parhaimpia sen lovivaikutuksen takia. Pienahitsi on yleensä edullisin vaihtoehto, koska valmistelukustannuksia ei synny. (Laine 2006.)

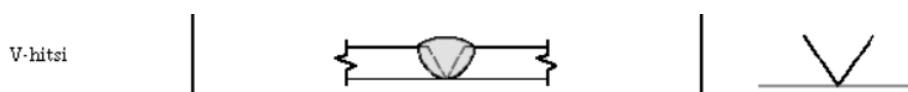
Leikkausjännitys voidaan laskea pienahitsille kaavalla $\frac{F/2}{a\text{-mitta}\cdot L} = \tau$, kun $L \leq 100 \cdot a$ -mitta. $\tau_{\max} = \frac{Re \cdot 0.6}{n}$. Pienahitsiä käytetään usein esimerkiksi alla näkyvällä tavalla. (Laine 2006.) (Pihl henkilökohtainen tiedonanto 7.10.2020.)



Kuva 5. Pienahitsi (Laine 2006)

6.4 V-hitsi, puoli V-hitsi ja X-hitsi

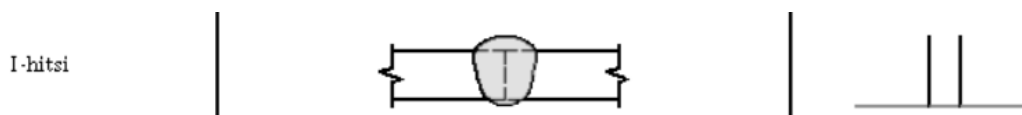
V-hitsiä käytetään esimerkiksi päittäisliitoksissa, kun materiaalin paksuus on niin suuri, ettei tarvittavaa tunkeumaa saada aikaiseksi ilman railoa. Puoli V -hitsiä käytetään yleensä päällekkäishitsauksissa. V-hitsiä käytetään tyypillisesti myös jauhekaarihitsauksessa. Paksuissa materiaaleissa voidaan suosia X-hitsiä, mikäli se on mahdollista. X-hitsiä käytettäessä muodonmuutokset jäävät pienemmiksi, kuin V- tai puoli V -hitsissä. (Laine 2006.) (Pihl henkilökohtainen tiedonanto 7.10.2020.)



Kuva 6. V-hitsi (Laine 2006)

6.5 I-hitsi

I-hitsiä käytetään, kun materiaalin paksuus on riittävän pieni, esimerkiksi pienissä säiliöissä. I-hitsiä suositellaan, kun materiaalin paksuus on alle 4 mm. Kun materiaalin vahvuus on yli 4 mm, suositetaan joko X-hitsiä tai V-hitsiä. (Laine, M 2006.) (Pihl henkilökohtainen tiedonanto 7.10.2020.)





















Kuva 7. I-hitsi (Laine 2006)

6.5.1 Muut hitsit

Jokaisella hitsillä on omat käyttökohteensa ja hitsi tulee valita aina niin, että se on paras vaihtoehto rakenteelle. Rakenteelle parhaan mahdollisen hitsausmenetelmän valitseminen tarvitsee aina kokemuksen tuoman tiedon. Alla kuva kaikista perushitseistä ja niiden käyttötavoista.

Taulukko 1. Perushitsit ja niiden käyttötarkoitukset (Kalamies 2015, 1)

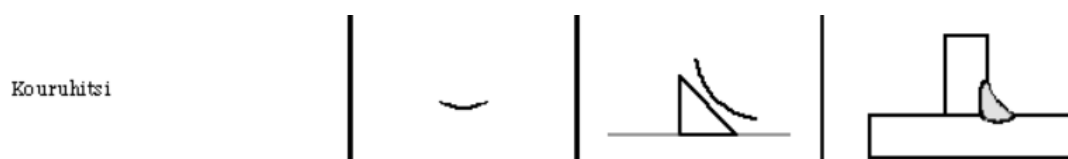
Hitsit	Liitoksen aksonometrinen kuva	Perusmerkki
Pienahitsi		
I-hitsi		
V-hitsi		
Puoli-V-hitsi		
V-hitsi, hitsattu osaviistettyyn V-railoon		
Puoli-V-hitsi, hitsattu osaviistettyyn puoli V-railoon		
U-hitsi		
J-hitsi		
Juurihitsi		

6.6 Hitsien lisätunnukset

Hitsiin käytetään tarvittaessa lisätunnuksia, jos pelkkä hitsausmerkki ei riitä. Lisätunnuksia voidaan käyttää esimerkiksi silloin, kun rakenne täytyy kiinnittää vasta työmaalla. Siinä tapauksessa hitsausmerkkiin lisätään asennushitsimerkintä. Hitsimerkin perään voidaan laittaa haarukka. Haarukkaan voidaan merkata, mitkä hitsausmenetelmät ovat sallittuja. Ilman merkintää valmistaja saa itse valita hitsausmenetelmän. (Pihl henkilökohtainen tiedonanto 7.10.2020.)

6.6.1 Kouruhitsi

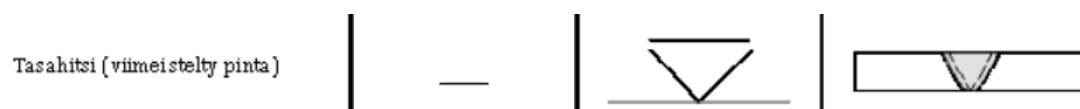
Kouruhitsiä käytetään, kun rakenteeseen kohdistuu esimerkiksi paljon ulkopuolisia dynaamisia kuormia. Kouruhitsin avulla saadaan rakenteesta mahdollisimman kestävä, kun sitä ei voida hitsata molemmilta puolilta. Kun hitsaus toteutetaan kouruhitsillä, voidaan rakenne kumioida tai kuiduttaa. Standardi SFS-EN ISO 12944 määrittelee tarkemmat ohjeet pinnoitteiden käyttöön ja niiden vaatimuksiin. (Laine 2006.)



Kuva 8. Kouruhitsi (Laine 2006)

6.6.2 Tasahitsi








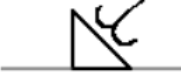






Tasahitsiä voidaan käyttää esimerkiksi säiliöiden tai suppiloiden sisäosissa, joiden sisäpinnoilla ei saa olla epätasaisuuksia. Tämä auttaa siihen, ettei suppilon hitsausauma ala keräämään likaa ympärilleen. Pahimmassa tapauksessa saumaan juuttunut materiaali voi tukkia suppilon. Tasahitsejä voidaan käyttää myös ulkonäköseikoista johtuvista syistä. (Laine 2006.) (Pihl henkilökohtainen tiedonanto 7.10.2020.)



Kuva 9. Tasahitsi (Laine 2006)

Alla taulukko kaikista lisätunnuksista, joita voidaan käyttää eri hitsilajien kanssa.

Taulukko 2. Hitsien lisätunnukset (Kalamies 2015, 2)

Hitsilaji	Tunnus	Sovellusesimerkki	Hitsin kuva
Tasahitsi (viimeistely pinta)	—		
Kupuhitsi	—		
Kouruhitsi	—		
Juoheva ylimenokohta			Ei esimerkkiä
Pysyvä juurituki			
Poistettav a/väliaikainen juuri tuki			

7 TOLERANSSIT

Toleranssilla tarkoitetaan mitan tai muodon sallittua poikkeamaa. Toleransseja käytetään yleensä kriittisissä mitoissa, jotka ovat välttämättömiä kappaleen toiminnan kannalta.

7.1 Erilaiset toleranssit

Olennaisella toleranssilla tarkoitetaan rakenteelliseen kestävyyteen ja stabiiliuteen liittyviä toleransseja. Näiden täyttämiseksi tarvitaan geometrinen toleranssien perusarvoja.

Toiminnallisella toleranssilla tarkoitetaan geometrinen toleranssien perusarvoja. näitä toleransseja käytetään, kun halutaan vaikuttaa muihin ominaisuuksiin kuin rakenteelliseen kestävyyteen ja stabiiliuteen, kuten ulkonäköön tai yhteen sopimiseen toisen osan kanssa. (SFS-EN 1090-2:2018 2018, 77-80.) (Metsta www-sivut 2021)

8 LAATUVAATIMUKSET

SFS EN 1090-2 mukaan teräsrakenteet jaetaan neljään eri kategoriaan laatuvaatimusten osalta: EXC1, EXC2, EXC3 ja EXC4. EXC-luokka muodostuu kolmesta eri tekijästä, joista valitaan kohteeseen sopivin vaihtoehto.

Ensimmäinen EXC-luokkaan vaikuttava tekijä on seuraus. Seuraamusluokka on lajiteltu kolmeen alaluokkaan. Alla olevasta taulukosta voidaan katsoa, mihin tietty rakenne sijoittuu. Esimerkiksi, jos rakennus on konttorirakennus, sijoitetaan se automaattisesti CC3-luokkaan. Varastot ja muut tilat, joissa henkilöitä on paikalla ainoastaan tilapäisesti, sijoitetaan seuraamusluokkaan CC1. (SFS EN 1990 + A1 +AC 2006, 136.)

Taulukko 3. Seuraamusluokka (SFS EN 1990 + A1 +AC 2006, 136)

Seuraamusluokka	Kuvaus	Rakennuksia sekä rakenteita koskevia esimerkkejä
CC3	Suuret seuraamukset ihmishenkien menetysten tai hyvin suurten taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia	Rakennuksen kantava runko 1) jäykistävine rakennusosineen sellaisissa rakennuksissa, joissa usein on suuri joukko ihmisiä kuten <ul style="list-style-type: none"> • yli 8-kerroksiset 2) asuin-, konttori- ja liikerakennukset • konserttitalit, teatterit, urheilu- ja näyttelyhallit, katsomot • raskaasti kuormitetut tai suuria jännevälejä sisältävät rakennukset Erikoisrakenteet kuten esim. suuret mastot ja tornit Luiskat sekä penkereet ja muut rakenteet hienorakeisten maalajien alueilla siirtymien haittavaikutuksille herkissä ympäristöissä
CC2	Keskisuuret seuraamukset ihmishenkien menetysten tai merkittävien taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia	Rakennukset ja rakenteet, jotka eivät kuulu luokkiin CC3 tai CC1
CC1	Vähäiset seuraamukset ihmishenkien menetysten tai pienten tai merkityksettömien	1- ja 2-kerroksiset rakennukset, joissa vain tilapäisesti oleskelee ihmisiä kuten esim. varastot Rakenteet, joiden vaurioitumisesta ei aiheudu merkittävää vaaraa kuten

	taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia	<ul style="list-style-type: none"> – matalalla olevat alapohjat ilman kellaritiloja – ryömintätilaiset vesikatot, kun yläpohja on varsinainen kantava rakenne – sellaiset ulko- ja väliseinät, ikkunat, ovet ja vastaavat, joihin pääasiassa kohdistuu ilman paine-eroista aiheutuva sivuttaiskuoritus ja jotka eivät toimi kantavan tai jäykistävän rungon osana – standardin SFS-EN 1993-1-3 rakenne-luokkien (structural class) II ja III muotolevyrakenteet. – standardin SFS-EN 1993-1-3 rakenneluokan (structural class) I muotolevyrakenteet levyyn taivutusta aiheuttaville pintaa vasten kohtisuorille kuormille 3).
--	--	--

Seuraava määräävä kriteeri on käyttöluokka. Käyttöluokka on jaettu kahteen vaihtoehtoon. Jos rakenne on kantava, täytyy rakenne suunnitella EN 1993 mukaisesti, jolloin vaatimusluokka on automaattisesti SC2. (SFS-EN 1090-2 + A1 2012, 103.)

Taulukko 4. Vaativuusluokka (SFS-EN 1090-2 + A1 2012, 103)

Vaativuusluokka	Kriteerit
SC1	<ul style="list-style-type: none"> - Rakenteet ja kokoonpanot, jotka suunnitellaan pääosin vain staattisille kuormituksille - Rakenteet ja kokoonpanot ja niiden kiinnitykset, jotka suunnitellaan seismisille vaikutuksille matalan seismisen aktiviteetin perusteella ja luokassa DCL* - Rakenteet ja kokoonpanot, jotka suunnitellaan nostureille aiheutuville väsytytkuormille (Luokka S₀)**
SC3	<ul style="list-style-type: none"> - Rakenteet ja kokoonpanot, jotka suunnitellaan standardin EN 1993 mukaisille väsytytkuormille. (Esimerkkejä: Maantie- ja rautatiesillat, nosturit (luokat s₁...s₉)**, rakenteet, jotka ovat alttiina tuulesta, väkijoukosta tai pyörivästä laitteesta aiheutuville värähtelyille - Rakenteet ja kokoonpanot ja niiden kiinnitykset, jotka suunnitellaan seismisille vaikutuksille keskimääräisen tai korkean seismisen aktiviteetin perusteella ja luokissa DCM* ja DCH*
*	DCL, DCM, DCH: standardin EN 1998-1 mukaisia sitkeysluokkia
**	Ks. nostureista aiheutuvien väsymiskuormitusten luokittelu standardeista EN1991-3 ja EN 13001-1

Viimeinen kriteeri on tuotantoluokka. Tuotantoluokat on jaettu kahteen eri ryhmään. Rakenneteräksen S235 saatavuus on Suomessa heikko ja siksi Suurteollisuuspuistossa käytetään rakenneterästä, jonka lujuusluokka on S355 tai suurempi. Rakenneteräs S355 on luokassa PC2. (SFS-EN 1090-2 + A1, 2012, 103.)

Taulukko 5. Tuotantoluokka (SFS-EN 1090-2 + A1 2012, 103)

Tuotanto- luokka	Kriteerit
PC1	- Terästuotteista valmistetut kokoonpanot, joissa ei ole hitsejä - Hitsatut kokoonpanot, jotka valmistettu terästuotteista, joiden lujuusluokka on alempi kuin S355
PC2	- Hitsatut kokoonpanot, jotka on valmistettu terästuotteista, joiden lujuusluokka on S355 tai enemmän - Rakenteellisen toimivuuden kannalta tärkeitä kokoonpanot, jotka kootaan hitsaamalla työmaalla - Kokoonpanot, jotka valmistetaan kuumamuovaamalla tai joita lämpökäsitellään valmistuksen aikana - Pyöreistä rakenneputkista valmistetut ristikkokokoonpanot, joissa putkien päitä joudutaan leikkaamaan erityiseen muotoon

Näiden kolmen tekijän yhdistelmästä saadaan vaadittava EXC-luokka kyseiselle teräs-rakenteelle (SFS-EN 1090-2 + A1 2012, 104).

Taulukko 6. EXC-luokan valinta (SFS-EN 1090-2 + A1 2012, 104)

Seuraamusluokat		CC1		CC2		CC3	
Käyttöluokat		SC1	SC2	SC1	SC2	SC1	SC2
Tuotantoluokat	PC1	EXC1	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3^a	EXC3^a
	PC2	EXC2	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3^a	EXC4

EXC1-luokassa ei vaadita jäljittävyyttä. EXC1 luokassa ei tarvita hitsauskoordinoijaa, kuten ylemmissä luokissa. (Aaltonen 2015, 20.)

EXC2-luokassa vaaditaan osittaista jäljittävyyttä. Osittaisella jäljittävyydellä tarkoitetaan sitä, että kyseinen rakenne pystytään todentamaan materiaalitodistuksella tiettyyn tuotantoerään tai tuotantopakettiin. (Aaltonen 2015, 20.)

EXC3- ja EXC4-luokissa vaaditaan tarkka jäljitettävyys. Tarkalla jäljitettävyydellä tarkoitetaan sitä, että materiaalitodistuksen osoittama tuotantoerä tai tuotantojakso pystytään alusta alkaen todentamaan tiettyyn kokoonpanoon ja tiettyyn osaan. (Aaltonen 2015, 20.)

8.1 EXC2- ja EXC3-luokka Suurteollisuuspuistossa

Suurteollisuuspuistossa käytetään pääsääntöisesti S355-terästä, haponkestävää terästä tai ruostumatonta terästä, joiden seuraamusluokka on aina vähintään EXC2-luokassa. Joissain kohteissa kuitenkin vaaditaan EXC3-luokitus. Tällaisia voivat olla esimerkiksi rakennukset, joissa työskennellään kokopäiväisesti. EXC-luokan valintaan Suurteollisuuspuistossa vaikuttaa eniten se, että altistuuko suunniteltava kohde jatkuvalle värinälle tai ulkoisille voimille.

8.2 -EXC2- ja EXC3-luokkien eroavaisuudet

EXC2- ja EXC3-luokat ovat samankaltaisia, mutta eroavaisuuksia luokkien välillä on esimerkiksi jäljitettävyydessä ja hitsaustoteutuksissa. Standardista SFS-EN ISO 3834-3 voidaan tarkistaa kaikki vaatimukset EXC2-luokassa. Samanlainen ohjeistus EXC3- ja EXC4-luokkaan löytyy standardista SFS EN ISO 3834-2. Alla olevaan taulukkoon on koottu joitakin olennaisia eroavaisuuksia luokkien väliltä. Luokkien vaatimukset kannattaa aina tarkastaa voimassa olevasta standardista. (Hurula & Kauppi 2015, 55)

Taulukko 7. EXC1 ja EXC3 eroavaisuudet (SFS-EN ISO 3834-2 2006, 12-20) (SFS-EN ISO 3834-3 2006, 12-22)

Eroavaisuus	EXC2	EXC3
Jäljitettävyys	Osittainen jäljitettävyys	Tarkka jäljitettävyys
Lisäaineiden eräkohtainen testaus	Ei vaadita	Vaaditaan
Uuden tai kunnostetun laitteen testaus	Ei vaadita	Vaaditaan
Huoltosuunnitelma	Ei vaadita	Vaaditaan
Hitsausjärjestys	Tarvittaessa	Vaaditaan

Yksittäisten prosessien suorittamisjärjestys ja ajoitus	Ei vaadita	Vaaditaan
---	------------	-----------

8.3 CE

CE-merkin alkuperäinen tarkoitus on ollut helpottaa kaupankäyntiä Euroopan alueella. Merkki takaa, että tuote on valmistettu eurooppalaisia standardeja ja lakeja noudattaen. CE-merkki parantaa kilpailukykyä koko Euroopassa ja takaa, että tuotteen osto ulkomailta on turvallista. Näin voidaan luottaa siihen, että tuote on samanlainen kuin mistä tahansa EU-maasta tilattu tuote. (Hen helpdeskin [www-sivut 2020](#).)

Teräsrakenteiden CE-merkinnän voi saada, kun tuote vastaa SFS-EN 1090 -standardia ja tarvittaessa täyttää myös EN-1993 kriteerit. Kantavien teräsrakenteiden CE-merkintä tuli pakolliseksi 1.7.2014. CE-merkinnän saaminen tuotteeseen edellyttää, että valmistaja on sertifioinut tehtaan sisäisen laadunvalvontajärjestelmän. (Hen helpdeskin [www-sivut 2020](#).)

Valmistajan täytyy ilmoittaa suoritustasoilmoituksen avulla perustiedot ja tuotetiedot. CE-vaatimusmukaisuusmerkinnän esimerkkikuva löytyy kappaleesta 9. Suoritustasoilmoituksesta selviävät tiedot ovat riippuvaisia siitä, miten tuote tai rakenne on suunniteltu. CE-merkinnän yhteydestä täytyy aina löytyä viittaus suoritustasoilmoitukseen. (Hen helpdeskin [www-sivut 2020](#).)


CE-merkintä tuo mukanaan vaatimuksen, jonka mukaan tietyt dokumentit täytyy arkistoida kymmeneksi vuodeksi. Dokumentit arkistoidaan SFS-EN 1090-2+A1 mukaisesti. Arkistoitavat dokumentit löytyvät kappaleesta 9. Samassa kappaleessa on kerrottu tarkemmin myös todistuksista, jotka täytyy arkistoida.

9 TODISTUKSET

Tilaaaja voi vaatia toimittajaa toimittamaan todistukset esimerkiksi hitsaajien pätevyyksistä. EXC-luokka kertoo, mitkä todistukset teräsrakenteiden osalta työstä tulee arkistoida. Teräsrakennesuunnittelussa käytetään monia todistuksia. Ilman laatuluokamerkintää rakenne täytyy toteuttaa EXC2-luokan mukaisesti. Arkistoitavia tiedostoja voivat olla esimerkiksi: (Innanen 2015, 47.)

- Tarjousdokumentit
- Tilausdokumentit
- Piirustukset
- Toteutuseritelmat
- Osaluettelo
- WPS eli hitsausohje
- Materiaalitodistukset ja suoritustasoilmoitus (DoP-dokumentti)
- Pöytäkirjat tehdyistä tarkastuksista ja testauksista
- Mittausten pöytäkirjat
- Pintakäsittelyiden dokumentit
- Asennussuunnitelmat ja -ohjeet

Dokumentaatio on erittäin tärkeää, koska sen avulla voidaan osoittaa, että teräsrakenne on toteutettu laadukkaasti ja vastaa CE-merkinnän vaatimuksia, vaikka itse tuotteessa ei olisi CE-merkintää. Alla kuva, miltä suoritustasoilmoitus eli DoP-dokumentti voi näyttää. Taulukossa esiintyvä NPD tulee englannin kielen sanoista no performance determined, joka tarkoittaa sitä, ettei kyseiselle kohdalle ole esitetty ominaisuutta. (Epikova 2014, 19.) (Aaltonen 2015, 13-14.)

	
<p>Esimerkki Yritys Oy Teollisuuskatu 1 00100 HELSINKI</p> <p>DoP Nro: 123456-1</p>	
<p>SFS-EN 1090-1+A1: 2012 Projekti 1. Kattoristikon teräsrakenteet Projektinumero: 110110</p>	
<p>Geometristen arvojen toleranssit: Hitsattavuus: Palokäyttäytyminen: Radioaktiivinen säteily: Säilyvyys:</p> <p><u>Rakenteelliset ominaisuudet:</u></p> <p>Kantavuus: Muodonmuutos käyttörajatilassa: Väsymislujuus: Iskulujuus: Suunnittelu: Valmistus:</p>	<p>SFS-EN 1090-2+A1:2012 EN 10025-2 mukainen teräs S355J2 Materiaaliluokiteltu luokkaan: luokka A1 NPD Esikäsittely 1090-2 mukaan, esikäsittelyaste P2. Maalaus EN ISO 12944-5, luokka C5.</p> <p>NPD NPD NPD NPD Insinööritoimisto A-ha Oy EXC2</p>

Kuva 10. Suoritustasoilmoituksen CE-merkki

10 PINTAKÄSITTELY

Materiaalit pintakäsitellään, jotta materiaalin ominaisuudet pysyvät uudenveroisina mahdollisimman pitkään. Pintakäsittelyjä voivat olla esimerkiksi maalaus tai sinkitys. Standardi SFS-EN 1090-2 määrittää teräkselle asetetut säädökset koskien pintakäsittelyä. Ennen pinnankäsittelyä maalattavan rakenteen täytyy olla puhdas. Puhtauden määrittelee standardi EN ISO 8501-1. Lisäksi kappale tulee testata EN ISO 8502 mukaisesti. Tarkemmat ohjeet löytyvät eriteltyinä SFS-EN 1090-2 -standardista kohdasta 12.6. Rakenteen odotetun käyttöiän mukaan määrätty pinnonkorroosioluokka. Rasitusluokan määrää ISO 9223:2012(E) seuraavan taulukon mukaisesti. (SFS-EN 1090-2:2018 2018, 74-77.)

Taulukko 8. Korroosioluokka (ISO 9223:2012(E) 2012, 13)

Korroosio-luokka	Syövyttävyys	Tyypilliset ympäristöesimerkit	
		Sisätiloissa	Ulkotiloissa
C1	Todella lievä	Lämmitetyissä tiloissa, missä on alhainen suhteellinen kosteus ja merkittäviä saasteita ei ole. Esimerkiksi toimistot, koulut, museot.	Kuiva tai kylmä alue, erityään alhaiset saasteet, suhteellinen kosteus todella matala. Esimerkiksi eräät aavikot ja Keski-Pohjois-napa tai Keski-Eteläman-ner.
C2	Lievä	Lämmittämättömät tilat vaihtelevalla lämpötilalla ja vaihtelevalla suhteellisella kosteudella. Vähäinen veden tiivistyminen ja vähäinen saasteiden määrä. Esimerkiksi varastot ja liikuntahallit.	Leuto alue, jossa alhainen rikkidioksidikuormitus ($\text{SO}_2 < 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Esimerkiksi maaseudun alueet ja pienet kaupungit. Kuiva tai kylmä alue, jossa kasteaika lyhyt. Esimerkiksi aavikot ja subarktiset alueet.
C3	Kohtalainen	Tilat, joissa kohtalainen veden tiivistyminen. Kohtuullisesti saasteita tuotantoprosessista. Esimerkiksi ruuanprosessointilaitokset, pesulat, panimot ja meijerit.	Leuto alue, jossa kohtalainen rikkidioksidikuormitus ($\text{SO}_2 = 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ – $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$) tai jokin kloriittinen vaikutus. Esimerkiksi kaupungit ja rannikkoalueet, joissa matala kloridien kerrostuminen.

			Subtrooppinen ja trooppinen alue, jossa saasteiden määrä ilmakehässä alhainen.
C4	Ankara	Tilat, joissa suhteellinen kosteus on korkea ja tuotantoprosessi aiheuttaa paljon saasteita. Esimerkiksi teolliset jalostuslaitokset ja uimaltaat.	Leuto alue, jossa korkea rikkidioksidikuormitus ($\text{SO}_2 = 30 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{--}90 \mu\text{g}/\text{m}^3$) tai merkittävä klooriittinen vaikutus. Esimerkiksi saastuneet kaupungit, teollisuusalueet ja rannikkoalueet. Subtrooppinen ja trooppinen alue, jossa saasteiden määrä kohtalainen.
C5	Erittäin ankara	Tila, jossa suhteellinen kosteus on todella korkea ja/tai tuotantoprosessi, josta syntyy paljon saasteita. Esimerkiksi kaivokset ja luolat.	Leuto ja subtrooppinen alue, jossa erittäin korkea rikkidioksidikuormitus ($\text{SO}_2 = 90 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{--}250 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Esimerkiksi teollisuusalueet ja rannikkoalueet.

Taulukko 9. Korroosioneston odotettu käyttöikä (SFS-EN 1090-2:2018 2018, 75)

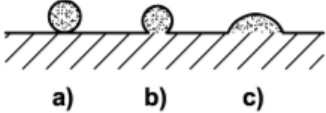
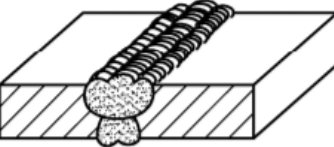


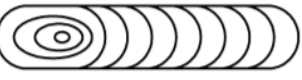
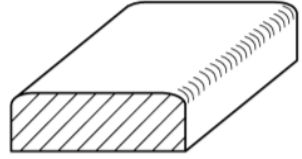
Korroosiosuojauksen odotettu käyttöikä ^a	Rasitusluokka ^a	Esikäsittelyasteet
> 15 vuotta	C1	P1
	C2 - C3	P2
	Yli C3	P2 tai P3 kuten esitetty
5 - 15 vuotta	C1 - C3	P1
	Yli C3	P2
< 5 vuotta	C1 - C4	P1
	C5 - Im	P2

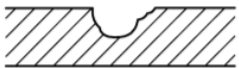
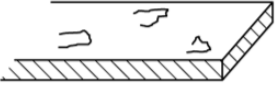
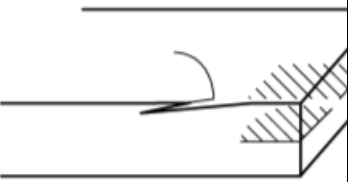
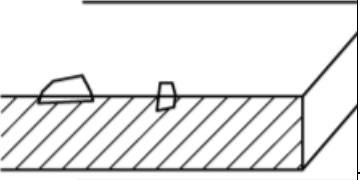
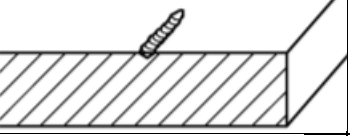
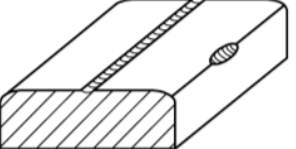
^a Korroosiosuojauksen odotetun käyttöiän ja rasitusluokan osalta viitataan standardisarjaan EN ISO 12944.

Esikäsittelyluokat on jaettu kolmeen esikäsittelyasteeseen, P1, P2 ja P3. Luokka P3 on näistä tarkin ja se vaatii lähes täydellisen pinnanlaadun. Alla olevasta taulukosta voidaan tarkastaa, millaiset vaatimukset eri esikäsittelyluokilla on. (SFS-EN ISO 8501-3 2007, 10-13.)

Taulukko 10. Esikäsittelyasteet P1, P2 ja P3 (SFS-EN ISO 8501-3 2007, 10-13)

Virhetyypit		Esikäsittelyasteet		
Kuvaus	Piirros	P1	P2	P3
1 Hitsit				

Hitsausroiskeet		Pinnalla ei saa olla irtonaisia hitsausroiskeita. (a)	Pinnalla ei saa olla irtonaisia eikä huonosti kiinni tarttuneita hitsausroiskeita. (a ja b)	Pinnalla ei saa olla hitsausroiskeita
Hitsin uurtisuus / profiili		Ilman esikäsitelyä	Pinnasta tulee poistaa epäsäännölliset ja teräväreunaiset profiilit viimeistelemällä	Pinnan tulee olla täysin viimeistely
Hitsauskuona		Pinnalla ei saa olla hitsauskuonaa	Pinnalla ei saa olla hitsauskuonaa	Pinnalla ei saa olla hitsauskuonaa
Reunahaavat		Ilman esikäsitelyä	Pinnalla ei saa olla teräviä tai syviä reunahaavoja	Pinnalla ei saa olla reunahaavoja
Hitsin huokoisuus	 Selitys 1 näkyvä 2 näkyvätkön (voi avautua raesuihkupuhdistettaessa)	Ilman esikäsitelyä	Pintahuokosten täytyy olla riittävän auki, jotta maalin tunkeutuminen on mahdollista tai huokokset tulee hioa auki	Pinnalla ei saa olla näkyviä huokosia
Päätykraatterit		Ilman esikäsitelyä	Päätykraattereissa ei saa olla teräviä reunoja	Pinnalla ei saa olla näkyviä päätykraattereita
2 Leikkaussärmät				
Pyöristetyt reunat		Ilman esikäsitelyä	Ilman esikäsitelyä	Reunat tulee pyöristää niin, että pyöristys säde on ≤ 2 mm (ISO 12944-3)
Stanssatut, sahatut tai poratut reunat	 Selitys 1 stanssaus 2 leikkaus	Reunan mikään osa ei saa olla terävä, eikä reunassa saa olla jäysteitä	Reunan mikään osa ei saa olla terävä, eikä reunassa saa olla jäysteitä	Reunat tulee pyöristää niin, että pyöristys säde on ≤ 2 mm (ISO 12944-3)
Polttoleikatut reunat	 Selitys 1 stanssaus 2 leikkaus	Pinnalla ei saa olla kuonaa eikä irtonaista hilsettä	Mikään osa reunasta ei saa olla profiililtaan epäsäännöllinen	Leikkauspinta tulee poistaa ja reunat tulee pyöristää niin, että pyöristys säde on ≤ 2 mm (ISO 12944-3)
3 Pinnat yleisesti				

Pistesyöpmät ja kraatterit		Pintasyöpmien ja kraattereiden tulee olla riittävän auki, jotta maalin tunkeutuminen on mahdollista	Pintasyöpmien ja kraattereiden tulee olla riittävän auki, jotta maalin tunkeutuminen on mahdollista	Pinnalla ei saa olla pintesyöpmistä eikä kraattereita
Kuoriutuminen (eng. ”silvers” ja ”hackels”)		Pinnalla ei saa olla koholla olevaa ainesta	Pinnalla ei saa esiintyä näkyvää kuoriutumista	Pinnalla ei saa esiintyä näkyvää kuoriutumista
Valssausjäämät/ valssauslaminoitumiset/ leikkauslaminoitumiset		Pinnalla ei saa olla koholla olevaa ainesta	Pinnalla ei saa olla näkyviä valssijäämiä tai laminoitumista	Pinnalla ei saa olla näkyviä valssijäämiä tai laminoitumista
Sisään valssautunut vieras aines		Pinnalla ei saa olla sisään valssautunutta ainesta	Pinnalla ei saa olla sisään valssautunutta ainesta	Pinnalla ei saa olla sisään valssautunutta ainesta
Mekaanisista syistä syntyneet railot ja uurrokset		Ilman esikäsitelyä	Railojen ja uurrosten säteen tulee olla vähintään 2 mm	Pinnalla ei saa olla railoja ja uurrosten säteen tulee olla suurempi kuin 4 mm
Painamat ja valssijäljet		Ilman esikäsitelyä	Painaumien ja valssijälkien tulee olla sileitä	Pinnalla ei saa olla painaumia eikä valssijälkiä

10.1 Maalaus

Maali suojaa terästä esimerkiksi korroosiolta ja pieniltä pintavaurioilta. Maalia voidaan käyttää myös ulkonäkösyistä. Joihinkin Suurteollisuuspuiston kohteisiin on määritetty, millä värillä tietyt rakenteet maalataan. Maalin värillä pystyy esimerkiksi helposti kertomaan, onko kyseessä hoitotaso, pelastustie vai kantava teräsrakenne. Ellei toisin määrätä EXC2-luokassa noudatetaan P1-esikäsitelyohjetta. Suurteollisuuspuiston alueella on ohjeistettu, että esikäsitely tehdään aina vähintään P2-luokan mukaan. (SFS-EN 1090-2:2018 2018, 75.) (Salmi 2019, 15.)

10.1.1 Luokittelu

Maalaukset on jaettu eri luokitteluryhmiin. Jokaisella ryhmällä on omat vaaditut arvot. Suurteollisuuspuistossa on määritelty jokaiseen kohteeseen omat rasitusluokat, esimerkiksi rikkihappotehtaalla korroosiluokka on aina C5, kun materiaalina on S355 tai muu vastaava rakenneteräs. Rasitusluokka Suurteollisuuspuistossa voidaan tarkastaa Suurteollisuuspuiston ohjeistuksesta. Jos kohde on Suurteollisuuspuiston ohjeistuksen ulkopuolella, rasitusluokka täytyy varmistaa aluevastaavilta. Taulukosta 8 voidaan myös katsoa suuntaa antava rasitusluokka. Suurteollisuuspuistossa on ohjeistettu, että alueella käytetään pääsääntöisesti C4- tai C5-rasitusluokkaa. (Suurteollisuuspuiston ohjeistus 2020.)

11 VASTUUT JA VELVOLLISUUDET

11.1 Suunnittelijan ja toimittajan vastuut

Suunnittelijan vastuulla on toimittaa valmistajalle yksiselitteinen piirustus, missä on kaikki tarvittavat tiedot rakenteen toteuttamiseen. Tarvittavilla tiedoilla tarkoitetaan mittoja, osaluetteloa, kiinnitystapoja ja kaikkia mahdollisia tietoja, jotka määrittelevät rakenteen toimivuutta. Suunnittelija määrittää rakenteen tarkastustavan. Piirustuksessa on kerrottava mihin tarkoitukseen tuote on suunniteltu. (Innanen 2015, 64.)

Suunnittelijan täytyy osata arvioida, millaiset riskit asennukseen kuuluu. Lisäksi hänen tulee luoda itselleen selvä kuva siitä, miten asennus tapahtuu. Näiden avulla luodaan asentajille asennusohje.

Valmistajan vastuulla on toimittaa tilaajalle suunnitelmien mukainen rakenne ja dokumentit, joilla todennetaan rakenteen suunnitelmien mukaisuus. Valmistajan ulkoistatessa tilattua työtä, on se silti vastuussa tilaajalle tuotteen laadusta. (Teräsrakenneyhdistyksen www-sivut 2020.)

12 SUUNNITTELIJAN MUISTILISTA / PIIRUSTUSOHJE

12.1 Suunnittelu

Suunnittelu aloitetaan selvittämällä kohteen lähtötiedot. Lähtötietojen avulla suunnittelija tekee luonnossuunnitelman rakenteesta. Luonnossuunnitelmalla tarkoitetaan karkeaa suunnittelua, jossa huomioidaan ainoastaan rakenteen olennaisimmat tekijät.

Luonnossuunnitelma esitetään palaverissa, jossa tilaaja pääsee kertomaan, vastaako suunnitelma heidän näkemystään. Palaverissa haetaan myös tarkentavat määritelmät rakenteelle.

Luonnossuunnitelman avulla suunnittelija hahmottaa suunnittelukokonaisuuden. Hyvän alkusuunnitelman avulla pystytään muodostamaan selkeät aikataulut ja resurssitarpeet suunnitteluun. Suunnitelman pohjalta suunnittelija pystyy määrittämään, mitä piirustuksia suunnitelmasta tarvitaan ja paljonko niiden valmistamiseen kuluu aikaa.

Kun tilaajan kanssa on päästy yhteisymmärrykseen luonnossuunnitelman osalta, aloitetaan tarkan suunnitelman laadinta. Tarkassa suunnitelmassa täytyy ottaa huomioon kaikki rakenteeseen vaikuttavat tekijät, sekä tilaajalta saadut lähtöarvot ja vaatimukset. Materiaalivalinta teräsrakenteeseen tehdään pääsääntöisesti Suurteollisuuspuiston ohjeistuksen mukaisesti. Suunnittelija esittelee suunnitelmaansa tilaajalle myös varsinaisen suunnittelutyön aikana, jolloin tilaaja pääsee vaikuttamaan suunnitelman lopputulokseen.

Suunnittelijalla voi olla useampi projekti käynnissä samaan aikaan, joten hänen on resursoitava käytettävät työtunnit projektille ja osattava kertoa pääsuunnittelijalle, kuinka paljon tunteja pystytään käyttämään tiettyyn projektiin. Suunnittelija laatii itselleen aikataulun, jossa on huomioitu suunnitteluun ja piirustuksien tekemiseen kuuluva aika. Pääsuunnittelija pystyy näiden avulla tekemään projektille gantt-kaavion suunnittelun osalta.

Teräsrakennesuunnittelun tärkeimmät standardit ovat SFS-EN 1090-2 ja eurokoodi SFS-EN 1993. Kyseiset standardit määrittävät rakenteen lujuutta ja muita teknillisiä vaatimuksia.

Suunnittelija suunnittelee teräsrakenteelle sen rakenteen, valmistuksen, kiinnitykset, pinnoitteen ja asentamisen. Asentamisesta täytyy ottaa huomioon rakenteen koko. Jos rakenne on painava, täytyy suunnittelijan ilmoittaa piirustuksessa nostokohdat ja tarvittaessa suunnitella nostokorvat.

RIL 167-3 1990 mukaan yli 5000 kiloa painavat rakenteen osat tulee varustaa erillisillä nostokorvilla tai suunnittelijan määrittelemällä muulla riittävän turvallisella tavalla. Kappaleen painaessa yli 1000 kiloa, merkitään se selvästi näkyviin rakenteeseen. Vaikka RIL 167-3 1990 kumottiin Valtioneuvoston päätöksellä vuonna 2009, voidaan niitä pitää edelleen suuntaa antavina ohjeistuksina. (RIL 167-3 1990, 59-60.)

Varsinainen suunnittelu alkaa kohteen tarkastamisella. Kohteessa kannattaa kiinnittää huomio riskitekijöihin ja mahdollisiin rajoittaviin tekijöihin, esimerkiksi kulkureitteihin ja putkiin. Joskus kohdetta ei pystytä tarkastamaan, tällaisissa tapauksissa pyritään löytämään yhteyshenkilö, joka tietää kohteesta mahdollisimman paljon. Useat kohteet Suurteollisuuspuistossa ovat laserkeilattuja. Keilatuissa malleissa on otettava huomioon, että keilattu kohde ei aina ole ajan tasalla tai mallissa ei aina ole kaikkea tietoa. Projektin alussa sovitaan laserkeilauksen / mallinnuksen tarkkuus. Silloin sovitaan myös mahdollisesta pienempien osien mallintamatta jättämisestä mallin toimivuuden takaamiseksi.

Suunnittelijan täytyy huomioida rakenteen laajuus ja varmistua siitä, että kohteen kaikki ulkoiset riskitekijät ja kaikki mahdolliset raja-arvot ovat annettu. Suurteollisuuspuistossa kohde voi olla esimerkiksi sulatusuunin välittömässä läheisyydessä, jolloin rakenne on erityisen altis lämpötilavaihtelulle.

Piirustus tulee olla selkeä ja siinä on oltava tarvittavat tiedot piirustuksen toteuttamiseen yksiselitteisesti. Piirustuksesta tulee selvitä rakenteen paino. Rakenteeseen tarvittavat osat merkitään osaluetteloon, josta selviää myös rakenteen materiaali. Pienissä projekteissa voidaan piirustukseen merkitä kohdassa 9 esitettyjä tietoja.

SFS-EN ISO 128 ja PSK 5832 määrittelee tarkat ohjeet piirustuksessa käytettyihin merkkeihin ja merkintätapoihin. Projektit piirustukseen merkitään SFS-EN ISO 5456 mukaan. Suomessa käytetään yleisesti yhden käännön -menetelmää. (Valtanen 2016, 450-544.)

Valmis teräsrakennesuunnitelma sisältää aina piirustukset, joista selviää, miten rakenne valmistetaan, mitä osia rakenne sisältää, miten rakenteen osat valmistetaan ja miten rakenne asennetaan lopulliseen kohteeseen. Piirustuksia ei aina tarvita useampaa, vaan ne voidaan esittää myös yhdessä piirustuksessa.

12.2 Mallinnus

Olenneisimpina asioina, jotka suunnittelijan täytyy huomioida mallintamisessa, on tasojen käyttö ja niiden oikeanlaiset nimeämiset.

Suunnittelija nimeää tasot malliin PSK 5832 mukaan. Suunnittelija on vastuussa siitä, että tiedosto aukeaa virheettömästi ja on tulostettavissa käyttötarkoitusta vastaavassa ympäristössä.

12.3 Varmistus

Suunnittelijan on varmistettava rakenteen toimivuus tarkastamalla, että liikkuville komponenteille on riittävästi tilaa ja teräsrakenne on riittävän luja.

Suunnitelma kannattaa esitellä rakenteen käyttäjille mahdollisimman hyvin. Käyttäjät pystyvät kyseenalaistamaan ratkaisuja ja näin voidaan löytää vielä uusia ja parempia vaihtoehtoja. Piirustuksen laatu pystytään varmistamaan sillä, että piirustus käydään läpi jokaista mittaa myöden ja varmistutaan siitä, että rakenne on toteutettavissa kyseisellä piirustuksella.

12.4 Laatu

Laadukkaan suunnitelman kulmakivenä voidaan pitää, että kaikki riskitekijät on otettu huomioon ja asennus sekä rakenne on suunniteltu alusta loppuun huolellisesti. Laadukas suunnittelu on perusteltu lujuuslaskelmilla ja voimassa olevilla standardeilla.

Suunnittelussa täytyy ottaa huomioon ainakin seuraavat vaikuttavat kuormat:

- Oma paino
 - Palkit
 - Ruuvit ja mutterit
 - Pinnoitteet
- Hyötykuormat
 - Koneet

- Laitteet

EN1991-1-1 määrittelee tarkat ohjeet rakenteen omanpainon ja hyötykuormien huomioinnista. Alla taulukko vähimmäishyötykuormista. Pistekuorman Q_k kuormitus-alana käytetään $50 \times 50 \text{ mm}^2$, kun $Q_k \leq 2,0 \text{ kN}$, muutoin $100 \times 100 \text{ mm}^2$.

Taulukko 11. Hyötykuormien vähimmäisarvot (EN 1991-1-1 2002, 32)

Kuormitettujen tilojen luokat	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]
Luokka A		
— Välipohjat	1,5... <u>2,0</u>	<u>2,0</u> ...3,0
— Portaat	<u>2,0</u> ...4,0	<u>2,0</u> ...4,0
— Parvekkeet	<u>2,5</u> ...4,0	<u>2,0</u> ...3,0
Luokka B	2,0... <u>3,0</u>	1,5... <u>4,5</u>
Luokka C		
— C1	2,0... <u>3,0</u>	3,0... <u>4,0</u>
— C2	3,0... <u>4,0</u>	2,5...7,0 (<u>4,0</u>)
— C3	3,0... <u>5,0</u>	<u>4,0</u> ...7,0
— C4	4,5... <u>5,0</u>	3,5... <u>7,0</u>
— C5	<u>5,0</u> ...7,5	3,5... <u>4,5</u>
Luokka D		
— D1	<u>4,0</u> ...5,0	3,5...7,0 (<u>4,0</u>)
— D2	4,0... <u>5,0</u>	3,5... <u>7,0</u>

- Luonnonkuormat
 - Tuulikuorma
 - Lumikuorma
 - Lämpökuormat
- Palokuorma
 - EN 1991-1-2 ja EN 1993-1-2

13 YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä selvitettiin teräsrakenteiden suunnitteluprosessin läpivieminen Suurteollisuuspuistossa. Opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää suunnittelijalle, miten Suurteollisuuspuistossa tehdään suunnitteluratkaisuja, ja mitä suunnittelijan tulee huomioida.

Teoriaosuus perustuu standardeista tehtyihin poimintoihin, jotka ovat suuressa merkityksessä suunnittelutyötä tehdessä. Työssä on pyritty valitsemaan ainoastaan tärkeimmät ja eniten merkitsevät standardit, jotka vaikuttavat suunnitteluprosessiin.

Opinnäytetyön alussa selvitettiin Standardin 1090-2 tuomia määräyksiä teräsrakennesuunnitteluun. Jo alkuvaiheessa todettiin, että liittyviä standardeja on sadoittain, joten rajaaminen työssä tuli haastavaksi. Työssä on avattu standardit niin, että työstä saadaan tärkeimmät poiminnot standardista teräsrakennesuunnittelua ajatellen.

”Suunnittelijan muistilista / piirustusohje” on tehty hyödyntäen useiden suunnittelijoiden kokemusta. Työssä hyödynnettiin Suurteollisuuspuistossa valmistuneita projekteja, josta pyrittiin löytämään hyvät ja huonot puolet. Näiden avulla suunnitteluohjerunko rakennettiin Suurteollisuuspuiston muottiin.

Opinnäytetyötä tullaan hyödyntämään suunnittelijoiden ohjeistuksessa ja työ tulee parantamaan Metso Outotec Finlandin Harjavallan yksikön tasalaatuisuutta. Työohjerunko tullaan tulevaisuudessa tarkentamaan ja sitä ylläpidetään jatkuvasti suunnittelijoiden toimesta.

LÄHTEET

- Aaltonen, H. 2015. Kantavien teräsrakenteiden vaatimukset EXC1- ja EXC2 -luokissa. AMK-opinnäytetyö. Turun ammattikorkeakoulu. Viitattu 26.11.2020. <https://www.theseus.fi/handle/10024/100971>
- Epikova, S. 2014. Laatukäsikirja AMK-opinnäytetyö. Savonia ammattikorkeakoulu. Viitattu 26.11.2020. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/71179/Thesis_Epikova_Senja.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Hen helpdeskin www-sivut. Viitattu 26.11.2020. <https://www.henhelpdesk.fi/>
- Hurula, K ja Kauppi, T. 2015. Uusiutuva teräsrakentaminen 2014. Viitattu 26.11.2020. <https://www.lapinamk.fi/loader.aspx?id=ac297bb9-a8b1-4b40-9720-103d0649e954>
- Innanen, O-P. Konedirektiiviin 2006/42/EY ja SFS-EN 1090- standardin vaatimukset ja soveltaminen teollisuuden kunnossapitotoiminnassa. 2015. Viitattu 26.11.2020. https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/103741/Diplomity%C3%B6_Olli-Pekka_Innanen.pdf?sequence=2
- Kalamies, Unto 2015. Hitsausmerkinnät rakentamisessa. Viitattu 26.11.2020. <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK030301.pdf>
- Laine, M 2016. 'Hitsien perusmerkit ja lisämerkit'. Tekninen piirustus. 24.10.2016. Viitattu 26.11.2020. <http://tekninenpiirustusmarkku.blogspot.com/2016/10/8-hitsien-perusmerkit-ja-lisamerkit.html>
- Metsta www-sivut. Viitattu 7.4.2021. <https://metsta.fi/>
- Pihl, P 2020. Suunnittelija, Metso Outotec Finland Oy. Harjavalta. Henkilökohtainen tiedonanto 7.10.2020
- Pohrin Oy www-sivut. viitattu 26.11.2020. <https://www.pohri.fi/5>
- Salmi, H. 2019. SFS-EN 1090 standardin sertifiointin toteutus. AMK-opinnäytetyö. Savonia ammattikorkeakoulu. Viitattu 26.11.2020. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/165884/HENRI_SALMI.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- SFS-EN 10021. Terästuotteiden yleiset tekniset toimitusehdot. 2007. Suomen Standardisoimisliitto SFS. Helsinki: SFS. Viitattu 26.11.2020. <http://www.sfs.fi>
- SFS-EN 1090-1+A1. Teräs- ja alumiinirakenteiden toteutus. Osa 1: Vaatimukset rakenteellisten kokoonpanojen vaatimustenmukaisuuden arviointiin. 2012. Suomen Standardisoimisliitto SFS. Helsinki: SFS. Viitattu 26.11.2020. <http://www.sfs.fi>
- SFS-EN 1090-2:2018. Teräs- ja alumiinirakenteiden toteutus. Osa 2: Teräsrakenteiden tekniset vaatimukset. 2018. Suomen Standardisoimisliitto SFS. Helsinki: SFS. Viitattu 26.11.2020. <http://www.sfs.fi>

SFS-EN 1090-2+A1 kumottu. Teräs- ja alumiinirakenteiden toteutus. Osa2: Teräsrakenteita koskevat tekniset vaatimukset. 2012. Suomen Standardisoimisliitto SFS. Helsinki: SFS. Viitattu 26.11.2020. <http://www.sfs.fi>

SFS-EN 1990 + A1 + AC. Eurokoodi. Rakenteiden suunnitteluperusteet. 2006. Suomen Standardisoimisliitto SFS. Helsinki: SFS. Viitattu 26.11.2020. <http://www.sfs.fi>

SFS-EN 1991-1-4+AC+A1. Eurokoodi 1: Rakenteiden kuormat osa 1-4: Yleiset kuormat. Tuulikuormat. 2011. Suomen Standardisoimisliitto SFS. Helsinki: SFS. Viitattu 30.11.2020. <http://www.sfs.fi>

SFS-EN 1993-1-1. Eurokoodi 3: Teräsrakenteiden suunnittelu. Osa 1-1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt. 2005. Suomen Standardisoimisliitto SFS. Helsinki: SFS. Viitattu 26.11.2020. <http://www.sfs.fi>

SFS-EN ISO 3834-1. Metallin sulahitsauksen laatuvaatimukset. Osa 1: Laatuvaatimustason valintaperusteet 2006. Suomen Standardisoimisliitto SFS. Helsinki: SFS. Viitattu 26.11.2020. <http://www.sfs.fi>

SFS-EN ISO 3834-2. Metallin sulahitsauksen laatuvaatimukset. Osa 2: Kattavat laatuvaatimukset. 2006. Suomen Standardisoimisliitto SFS. Helsinki: SFS. Viitattu 26.11.2020. <http://www.sfs.fi>

SFS-EN ISO 3834-3. Metallin sulahitsauksen laatuvaatimukset. Osa 3: Vakiolaatuvaatimukset. 2006. Suomen Standardisoimisliitto SFS. Helsinki: SFS. Viitattu 26.11.2020. <http://www.sfs.fi>

SFS-EN ISO 8501-3. Teräspintojen esikäsittely ennen pinnoitusta maalilla tai vastaavilla tuotteilla. Pinnan puhtauden arviointi silmämääräisesti. Osa 3: Hitsien, leikkausärmien ja muiden pintavirheellisten alueiden esikäsittelyasteet. 2007. Suomen Standardisoimisliitto SFS. Helsinki: SFS. Viitattu 26.11.2020. <http://www.sfs.fi>

SFS-EN ISO 9223. Corrosion of metals and alloys. Corrosivity of atmospheres. Classification, determination and estimation (ISO 9223:2012) 2012. Finnish Standards Association SFS. Helsinki: SFS. Viitattu 26.11.2020

SSAB:n www-sivut. 2020. Viitattu 6.4.2021

Suurteollisuuspuiston ohjeistus. 2020. Viitattu 26.11.2020.

Suurteollisuuspuiston www-sivut. Viitattu 26.11.2020. www.suurteollisuuspuisto.com

Teräsrakenneyhdistys 2015a. Teräsrakenteiden suunnittelu 1-1 Yleiset ja rakennuksia koskevat säännöt. Helsinki: Teräsrakenneyhdistys ry

Teräsrakenneyhdistys 2015b. Teräsrakenteiden suunnittelu 1-5 Levyrakenteet. Helsinki: Teräsrakenneyhdistys ry

Teräsrakenneyhdistys 2015c. Teräsrakenteiden suunnittelu 1-8 Liitokset. Helsinki: Teräsrakenneyhdistys ry

Teräsrakenneyhdistyksen www-sivut. Viitattu 26.11.2020. www.terasrakenneyhdistys.fi

Tuulissuon rautavaraston www-sivut. Viitattu 26.11.2020. www.tuulissuonrautavarasto.fi/

Vaatimuksia hitsaustoiminnoille – CE-merkintävelvoite astui voimaan. 2014. Viitattu 26.11.2020. <https://promaintlehti.fi/>

Valtanen, E 2016. Tekniikan taulukkokirja. Jyväskylä: Genesis-kirjat.

Yleistä tietoa ruuviliitoksista. 2019 Viitattu 26.11.2020. https://til.scania.com/groups/bwd/documents/bwm/mdaw/ntq4/~edisp/bwm_0000929_07.pdf