

Alexi Seppänen

Standardin EN 1090 vaikutukset suodattimen jalustarakenteen suunnitteluprosessiin

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri

Kone- ja tuotantotekniikka

Insinööryö

4.5.2016

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Aleksi Seppänen Standardin EN 1090 vaikutukset suodattimen jalustarakenteen suunnitteluprosessiin 64 sivua + 12 liitettä 4.5.2016
Tutkinto	Insinööri
Koulutusohjelma	Kone- ja tuotantotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Tuotesuunnittelu
Ohjaaja	Projektinvetäjä Juhani Vanhakylä Yliopettaja Jyrki Kullaa
<p>Insinööri työ on laadittu Industri Textil Job Oy:lle. Työn lähtökohtana on kantaville teräsrakenteille pakolliseksi tullut CE-merkintä standardin EN 1090 perusteella. Työn tarkoituksena oli selvittää, kuuluvatko yrityksen toimittamien suodatinyksiköiden kantavat jalustarakenteet standardin EN 1090 soveltamisalan piiriin ja mitä muutoksia standardi tuo jalustan rakenteelliseen suunnitteluun ja laskentaan sekä verrata standardin vaatimuksia yrityksen nykymenttelyihin.</p> <p>Työssä tutkittiin erityisesti standardeja EN 1090-1 ja EN 1090-2, niiden viitestandardeja ja soveltuvia eurokoodeja sekä aiheeseen liittyviä julkaisuja, jotta nykyistä suunnitteluprosessia voitiin arvioida ja vaadittavat toimenpiteet määrittää. Rakenteen luokittelu standardin mukaisesti edellytti tutustumista EU:n rakennusteollisuutta koskevaan rakennustuoteasetukseen ja Suomen lainsäädäntöön maankäyttö- ja rakennuslain osalta sekä lyhyesti konedirektiiviin. Lisäksi tutustuttiin eurokoodimitoitukseen, johon standardi EN 1090 perustuu.</p> <p>Insinööri työn tuloksena on määritetty tärkeimmät tekijät, joilla saavutetaan valmius suorittaa standardin EN 1090 mukaista rakenteellista suunnittelua. Etenkin käytettyjen työmenetelmien perusteella voitiin määrittää uudet dokumentit laatimalla suunnitteluseloste ja toteutuseritelmä täydentämään suunnitteluprosessia. Tuloksena laadittujen suunnitteluselosten ja toteutuseritelmän perusteella saavutettiin valmius suorittaa EN 1090:n mukaista suunnittelua.</p> <p>Päätelminä voidaan todeta, että laadituilla dokumenteilla parannetaan projektikohtaisen dokumentaation laatua ja ne toimivat osoituksena standardin EN 1090 mukaisesta suunnittelusta, kun ne sisältävät yksityiskohtaista tietoa valmistusvaatimuksista ja suunnittelussa käytetyistä menettelyistä. Työssä tutkittujen lähteiden perusteella ei lopputuloksena kuitenkaan voida absoluuttisesti sanoa, että suodattimen jalustaan tulisi soveltaa CE-merkinnässä standardia EN 1090. Luokittelu on suodattimen jalustan tapauksessa hyvin tulkinnanvaraista, koska jalustarakennetta käytetään kiinteänä osana konetta, vaikka se sijaitisi standardin EN 1090 mukaisessa rakennuskohteessa.</p>	
Avainsanat	EN 1090, toteutuseritelmä, eurokoodit, suunnitteluseloste

Author Title Number of Pages Date	Aleksi Seppänen Effects of Standard EN 1090 on Designing the Base Structures of Filtration Units 64 pages + 12 appendices 4 May 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical and Production Engineering
Specialisation option	Product Design
Instructors	Juhani Vanhakylä, Project Leader Jyrki Kullaa, Principal Lecturer
<p>This Bachelor's thesis was made for Industri Textil Job Oy. The purpose of the thesis was to examine the CE marking of load-bearing steel structures which has become mandatory along with the standard EN 1090. The objective of this thesis was to clarify if the base structures of filtration units supplied by the company come under the scope of standard EN 1090 and to find out what changes the standard carries with it for the company's current structural design and calculus.</p> <p>Especially, standards EN 1090-1 and EN 1090-2 were studied in this thesis together with their normative references, Eurocode standards and relevant publications so that Industri Textil Job Oy's design process could be evaluated and the required procedures could be defined as well. The classification of the structure according to EN 1090 demanded getting acquainted with construction product regulation concerning the construction industry in the European Union, the Finnish land use and building act and briefly the machinery directive.</p> <p>As a result of this thesis, the main factors have been defined to achieve the ability to carry out structural design in accordance with standard EN 1090. Due to the used methods of study, the design process could be improved with the drawn up documents such as execution specification and design brief.</p> <p>In conclusion, the drawn up documents can be found to improve the project documentation and they act as a proof of EN 1090 used in the process, particularly when they contain detailed information of the manufacturing requirements and procedures used in the design process. Despite the studied source materials, however, it cannot be said with certainty that EN 1090 should be applied to the CE-marking on filtration units' base structures. The classifications of such base structures are open to interpretations because they are both structures integrated to machinery and load-bearing components.</p>	
Keywords	EN 1090, execution specification, Eurocode, design brief

Sisällys

1	Johdanto	1
1.1	Työn tausta	1
1.2	Työn rajaus	2
1.3	Toimeksiantajana Industri Textil Job Oy	3
1.4	Rakennustuoteasetus	4
1.5	Suoritustasoilmoituksesta CE-merkintään	6
1.6	CE-merkintämenetelmät	8
1.7	Harmonisoitu tuotestandardi EN 1090	9
2	Standardi EN 1090-1 vaatimustenmukaisuuden arviointiin	10
2.1	Rakenteelliset ominaisuudet	10
2.2	Rakenteellisten ominaisuuksien arviointi	11
2.3	Muut vaatimukset	11
2.4	Vaatimustenmukaisuuden arviointi	12
2.5	Kokoonpanoeritelmä	12
3	Standardin EN 1090-2 tekniset vaatimukset	14
3.1	Toteutusluokat	14
3.2	Toteutuseritelmä	15
3.2.1	Tarvittavat lisätiedot	16
3.2.2	Toleranssiluokat	17
3.2.3	Projektissa laadittavat asiakirjat	17
3.2.4	Esikäsitteilyaste ja korroosionesto	17
4	Eurokoodit	19
4.1	Perusvaatimukset	19
4.2	Materiaalit ja materiaaliominaisuudet	19
4.3	Luotettavuuden hallinta	20
4.4	Mitoitustilanteet	21
4.5	Kuormat	22
4.6	Varmuuden osoittaminen osavarmuusmenetelmällä	22
4.7	Rakenneanalyysi	24
4.8	Rakenneosien mitoitus	25
4.9	Liitokset	29
4.9.1	Ruuviliitokset	30
4.9.2	Hitsausliitokset	32

4.10	Väsymismitoitus	34
4.11	Palomitoitus	37
5	Kehityskohteiden määrittäminen ja toimenpiteet	38
5.1	Rakenteen luokittelu	38
5.2	Jalustan rakenteellinen suunnittelu	41
5.3	Suunnitteluprosessi	43
5.4	Dokumentointi	45
5.4.1	Kokoonpanoeritelmä	46
5.4.2	Toteutuseritelmä	47
5.4.3	Suunnitteluseloste	53
5.5	Dokumentointiprosessi	55
6	Tulosten tarkastelu	55
6.1	Rakenteen luokittelu	55
6.2	Jalustan suunnittelu ja suunnitteluprosessi	56
6.3	Dokumentointi ja dokumentointiprosessi	57
7	Yhteenveto	58
	Lähteet	63
	Liitteet	
	Liite 1. Rakennustuoteasetuksen 305/2011 liite III	
	Liite 2. Rakennustuoteasetus 305/2011 liite V	
	Liite 3. Alkutestauksen ja sisäisen laadunvalvonnan arviointimenetelmät	
	Liite 4. Kriteerit valmistus- ja käyttöluokille	
	Liite 5. Teräslajit	
	Liite 6. Toteutusluokakohtaiset vaatimukset	
	Liite 7. Kiinnittimien keskiöväli, pääty- ja reunaetäisyydet	
	Liite 8. Väsymismitoituksen aineosavarmuusluvut ja S-N -käyrät	
	Liite 9. Mandaatin M120 liite 1 kohta 2/4	
	Liite 10. Suunnitteluprosessin kuvaukset (Vain työn tilaajan käyttöön)	
	Liite 11. Toteutuseritelmä (Vain työn tilaajan käyttöön)	
	Liite 12. Suunnitteluseloste (Vain työn tilaajan käyttöön)	

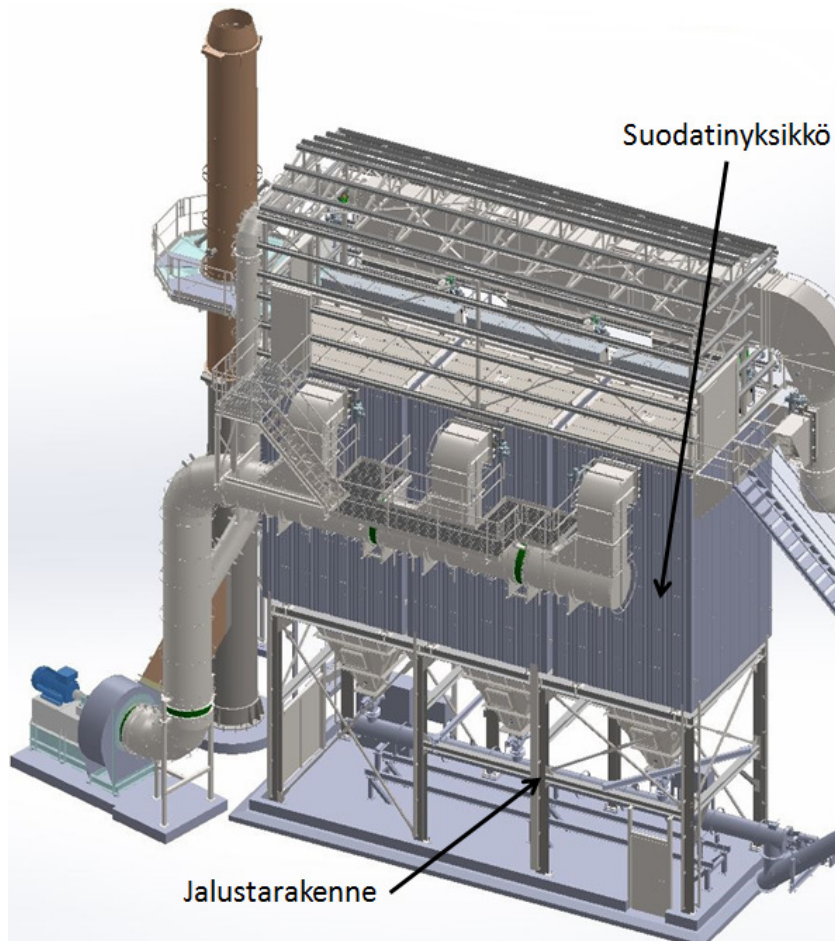
Lyhenteet

AVCP-luokka	Rakennustuoteasetuksen mukainen suoritustason pysyvyyden arviointi- ja varmennusjärjestelmä (Assessment and Verification of Constancy of Performance)
CEN	Eurooppalainen standardointikomitea (the European Committee for Standardization)
CPR	Rakennustuoteasetus (Construction Product Regulation)
DoP	Suoritustasoilmoitus (Declaration of Performance)
EAD	Eurooppalainen arviointiasiakirja (European Assessment Document)
EOTA	Teknisestä arvioinnista vastaavien laitosten organisaatio (European Organization for Technical Assessment)
ETA	Eurooppalainen tekninen arviointi (European Technical Assessment)
FPC	Tehtaan sisäinen laadunvalvonta (Factory Production Control)
hEN	Harmonisoitu tuotestandardi
MPCS	Valmistajan toimittama kokoonpanoeritelmä (Manufacturer provided component specification)
PPCS	Ostajan toimittama kokoonpanoeritelmä (Purchaser Provided Component Specification)
TAB	Teknisestä arvioinnista vastaava laitos (Technical Approval Body)

1 Johdanto

1.1 Työn tausta

Tässä insinööriyössä tarkastellaan Industri Textil Jobin toimittamien kuvan 1 mukaisen suodatinyksiköiden kantavia jalustarakenteita. Työ toteutetaan harmonisoidun tuotestandardin EN 1090-1 käyttöönoton myötä rakenteellisille teräskokoonpanoille pakolliseksi tulleen CE-merkinnän johdosta. Työn tavoitteena on selvittää vastaako toimeksiantajan suunnitteluprosessi standardin edellyttämiä vaatimuksia, kuuluuko suodattimen jalusta standardin soveltamisalan piiriin ja mitä muutoksia standardi tuo jalustan suunnitteluprosessiin.



Kuva 1 Työssä tarkastellaan suodatinyksikköä kannattelevaa jalustarakennettä standardin EN 1090 näkökulmasta.

Tarkastelu tehdään suunnittelijan näkökulmasta ja työssä käsitellään kokoonpanojen vaatimustenmukaisuuden arviointia koskevia standardin EN 1090-1 vaatimuksia sekä toteutusta koskevia teknisiä vaatimuksia standardin EN 1090-2 osalta. Aihetta lähestytään selvittämällä standardin käyttöönoton syitä ja seuraamuksia. Lähestyminen tehdään aikajärjestyksessä lähtien Euroopan unionin päätöksistä ja päätyen yksittäisen yrityksen velvoitteisiin. Työssä selvitetään rakennustuoteasetuksen vaatimuksia CE-merkinnältä ja sen mukaista vaatimustenmukaisuuden osoittamista standardilla EN 1090-1. Kyseinen standardi ei sisällä rakenteellista suunnittelua koskevia sääntöjä, joten niiden osalta tutustutaan myös eurokoodeihin.

Työ toteutetaan tutkimalla kyseisiä standardeja, soveltuvia eurokoodeja sekä aiheeseen liittyviä julkaisuja, jotta työn seuraavassa vaiheessa vertailemalla standardin vaatimuksia toimeksiantajan suunnitteluprosessiin saadaan selvitettyä, mitä toimenpiteitä käyttöön otetut standardit edellyttävät. Työn päätteeksi esitetään vaadittavat toimenpiteet havaittujen eroavuuksien johdosta. Tavoitteena on osoittaa polku, jolla voidaan suorittaa EN 1090:n mukaista suunnittelua niin, että siinä huomioidaan standardin edellyttämät vaatimukset, sekä ohjeistaa suunnittelua laadittavasta dokumentaatiosta, jonka standardi suunnitteluprosessista vaatii.

1.2 Työn rajaus

Koska tätä työtä tarkastellaan suunnittelijan näkökulmasta, työssä selvitetään millä keinoin kyseisen harmonisoidun tuotestandardin vaatimukset täytetään suodatinjärjestelmien kantavien rakenteiden suunnittelussa. Suodatinyksikön suunnittelu jää tämän työn ulkopuolelle. EN 1090:N vaatimustenmukaisuusmenettelyä ja CE-merkintää käsitellään tässä työssä yleisellä tasolla ja keskitytään vaatimukseen, joita se velvoittaa rakenteelliselta suunnittelulta. Työ rajataan koskemaan vain tätä kirjallista insinööryötä.

1.3 Toimeksiantajana Industri Textil Job Oy

Tämä insinööriyö tehdään Industri Textil Job Oy:n toimeksiantona. Yritys on osa ruotsalaista Job Groupia, jonka ydinosaamista ovat suodatus, turvallisuustuotteet ja tekniset tekstiilit.

Industri Textil Job Oy toimittaa suodatinratkaisuja teollisuusprosesseihin, joissa suodatetaan hiukkasia kaasuvirroista tehokkaasti ja taloudellisesti. Yritys toimii alalla, jolla nykypäivän ja kestäväen kehityksen vaatimuksena on vähäpäästöisyys, ja yrityksen suodatinratkaisuilla voidaan saavuttaa jopa 1 mg/m³ päästötaso ongelmitta. Yli 30 vuoden kokemus tekee Industri Textil Jobista pohjoismaiden johtavan toimijan alallaan sekä ainoan toimijan, joka tarjoaa sekä suodatinjärjestelmiä että -elementtejä. Varosien toimitus on myös kuulunut yrityksen toimintaan perustamisesta lähtien. Valikoimaan kuuluvat suodatinletkut, -kasetit, -patruunat, -elementit, -korit, puhdistusjärjestelmät, fluidikankaat ja huopatiivisteet. Tuotantoprosesseihin perehtyminen, kyky suunnitella ja toteuttaa laitteistot asiakkaan tarpeiden mukaan luo lisäarvoa asiakkaalle. Industri Textil Jobin valikoimaan kuuluvat kaikki vaihtoehdot pienistä suodatinyksiköistä alkaen aina todella suuriin suodatinlaitoksiin asti, mikä mahdollistaa teknisesti ja taloudellisesti parhaan sovelluksen asiakkaan tuotantoprosessiin. Suodatinlaitteistojen kokonaistoimitusten lisäksi Industri Textil Job huolehtii tarvittaessa myös järjestelmien kunnossapidosta ja huolloista sekä vanhojen suodatinjärjestelmien modifiointi- ja parannusprojekteista.

1.4 Rakennustuoteasetus

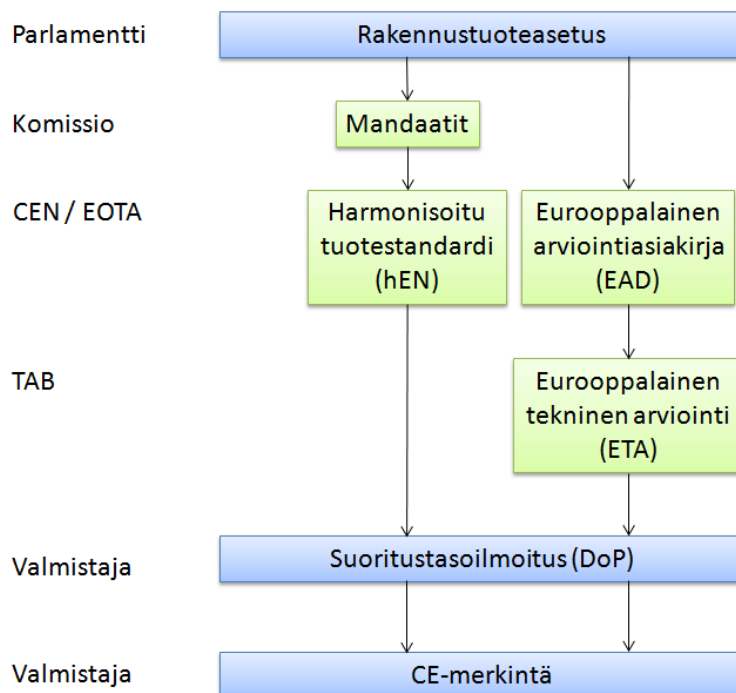
Nykyinen rakennustuotteiden CE-merkintä perustuu Euroopan unionin rakennustuoteasetuksen (305/2011) mukaisiin harmonisoiuihin tuotestandardeihin (hEN). Rakennustuoteasetusta edelsi rakennustuotedirektiivi (89/106/ETY), jonka CE-merkintäjärjestelmä perustui tuolloin eurooppalaisiin teknisiin hyväksyntöihin (ETA). Siirtyminen rakennustuotteiden rakennustuotedirektiivin mukaiseen CE-merkintään alkoi 2000-luvun alussa, jolloin monet EU:n jäsenvaltiot olivat säätäneet CE-merkinnän pakolliseksi rakennustuotteilleen. [2, s. 3.] Poikkeuksena olivat tuolloin Suomi, Ruotsi, Iso-Britannia ja Irlanti, jotka eivät näin tehneet. [3, s. 4.] Rakennustuotedirektiivillä oli samat tavoitteet kuin nykyisellä asetuksella eli saada aikaan koko Euroopan talousalueen kattavat avoimet rakennustuotemarkkinat ja luoda edellytykset mahdollisimman monen valmistajan pääsylle markkinoille, mutta direktiivin voimassaolon aikana haluttuja tavoitteita ei saavutettu. [4, s. 7.] Yhtenä syynä tähän on pidetty täytäntöönpanoeroja eri jäsenmaissa, vaikka monissa jäsenmaissa tuotteilta edellytettiin CE-merkintää, sen lisäksi vaadittiin edelleen kansallisia laatumerkkejä. Tämän johdosta direktiivin tavoitteena ollut yhdenmukaistettu yhteen kertaan todettu vaatimustenmukaisuus ei toteutunut. [1, s. 13.]

Nykyinen rakennustuoteasetus (CPR) astui voimaan valmistelevia toimenpiteitä koskien 24.4.2011 ja kokonaisuudessaan asetus astui voimaan 1.7.2013 rakennustuotteiden osalta. Direktiivistä poiketen Euroopan komissio on säätänyt rakennustuoteasetuksen voimassa olevaksi lainsäädännöksi sellaisenaan kaikkiin EU:n jäsenmaihiin. [3, s. 4.] Sillä pyritään poistamaan rakennustuotteiden kaupalta esteitä ja parantamaan tuotteiden vapaata liikkuvuutta Euroopan unionin sisämarkkinoilla. [1, s. 13.] Rakennustuoteasetus luo säännöt rakennustuotteisiin liittyvistä perusominaisuuksista, jotta rakennustuotteiden olennaisista ominaisuuksista ja vaatimuksista voidaan ilmoittaa koko EU:n alueella yhdenmukaisella tavalla eli CE-merkinnällä. [2, s. 6.]

Rakennustuotteilla tarkoitetaan asetuksessa tuotteita, jotka valmistetaan käytettäväksi pysyvinä osina rakennuskohteissa. [1, s. 21.] Rakennustuoteasetuksella ei harmonisoida rakennustuotteita vaan sillä harmonisoidaan testaus- ja laskentamenetelmät, joilla varmistetaan rakennustuotteiden perusvaatimukset, joita ovat [1, s. 20]

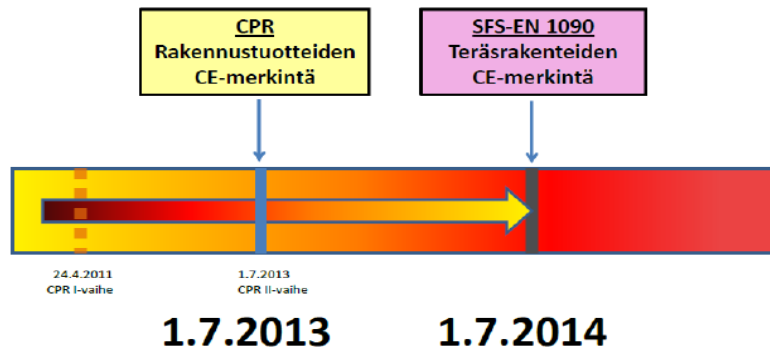
- mekaaninen lujuus ja vakaus
- paloturvallisuus
- hygienia, terveys ja ympäristö
- käyttöturvallisuus ja esteettömyys
- meluntorjunta
- energian säästö ja lämmön eristys
- luonnonvarojen kestävä käyttö.

Rakennustuoteasetuksella säädetään tapaa, jolla ominaisuuksista kerrotaan ja millä edellytyksillä tuotteet voidaan CE-merkitä. Sillä määritetään myös tehtävät EU:n komissiolle, mihin kuuluu mandaattien eli toimeksiantojen antaminen eurooppalaiselle standardointikomitealle CENille. [1, s. 20, 28.] Lisäksi asetuksessa määritellään Euroopan teknisestä arvioinnista vastaavien laitosten organisaation EOTAn rooli eurooppalaisten arviointiasiakirjojen (EAD) laadinnasta sellaisille tuotteille, joilla ei ole rakennustuoteasetukseen perustuvaa harmonisoitua tuotestandardia. Teknisestä arvioinnista vastaava laitos (TAB) voi antaa tällöin sellaiselle rakennustuotteelle eurooppalaisen teknisen arvioinnin (ETA), jolle on laadittu eurooppalainen arviointiasiakirja. [1, s. 24.] Kuvassa 2 on esitetty toimintaketju, jossa on määritetty vastuut rakennustuoteasetuksen mukaisessa CE-merkintäprosessissa.



Kuva 2 Toimintaketju harmonisoitujen tuotestandardien ja eurooppalaisten arviointiasiakirjojen laadinnassa ja niiden mukaisessa CE-merkinnässä [1].

Komissio on antanut CENille mandaatin kaikkiaan yli 600 harmonisoidun tuotestandardin laatimisesta [1, s. 32] ja tähän mennessä on otettu käyttöön yli 400 harmonisoitua tuotestandardia rakennustuotteille sekä myönnetty yli 3000 teknistä hyväksyntää. [2, s. 3.] Asetuksella säädettiin CE-merkintä pakolliseksi sellaisille tuotteille, joilla on harmonisoitu tuotestandardi, kuten rakenteellisten teräskokoonpanojen osalta standardi EN 1090, jonka käyttöönoton siirtymäaika päättyi 1.7.2014 kuvan 3 mukaisesti. [3, s. 4.]



Kuva 3 Standardin EN-1090 mukaisen CE-merkinnän käyttöönoton vaiheet [5].

1.5 Suoritustasoilmoituksesta CE-merkintään

CE-merkinnän edellytyksenä on suoritustasoilmoituksen (DoP) laadinta sellaisille rakennustuotteille, joilla on hEN-standardi tai ETA-arviointi. [1, s. 32.] Eurooppalainen tekninen arviointi (ETA) voidaan antaa silloin, jos rakennustuotteelle ei ole harmonisoitua tuotestandardia tai se poikkeaa siitä joltain osin. Harmonisoidussa tuotestandardissa esitetään ne tuoteominaisuudet, laadunvalvonta- ja koemenettelyt sekä esitettävät tiedot, jotka CE-merkintä edellyttää. [2, s. 12.] Suoritustasoilmoituksella valmistaja ilmoittaa nämä rakennustuotteen ominaisuuksia ja valmistajaa koskevat tiedot rakennustuoteasetuksen liitteen III mukaisella dokumentilla (tämän työn liite 1). [1, s. 32.] Suoritustasoilmoituksessa ilmoitetaan hEN-standardin tai ETA-arvioinnin mukaisilla testeillä ja laskelmilla saadut rakennustuotteen perusominaisuuksiin liittyvät suoritustasot. Suoritustasoista on käytävä ilmi standardin tai arvioinnin numero ja julkaisupäivä, jota on käytetty kunkin perusominaisuuden arviointiin. [1, s. 36–37.] Valmistajan ja ilmoitetun laitoksen hEN-standardissa tai ETA-arvioinnissa määritellyillä toimenpiteillä CE-merkittävän rakennustuotteen perusominaisuudet arvioidaan ja varmennetaan. Näillä toimenpiteillä varmistetaan, että CE-merkinnässä ja suoritustasoilmoituksessa ilmoitetut arvot toteutuvat vaaditulla tavalla. Käytössä on viisi eri rakennustuoteasetuk-

sen mukaista suoritustason pysyvyyden arviointi- ja varmennusmenetelmää eli AVCP-luokkaa, joissa ilmoitetun laitoksen rooli ja varmennusmenetelmien laajuus vaihtelevat vaaditun menetelmän mukaan. AVCP-luokat on esitelty rakennustuoteasetuksen liitteessä V (tämän työn liite 2). Kunkin hEN-standardin liitteessä ZA esitetään kyseisen standardin mukaisiin tuotteisiin sovellettava AVCP-luokka. [2, s. 7, 26.] Suoritustasoilmoituksessa valmistaja viittaa tunnistettavaan tuotetyyppiin ja suoritustasonpysyvyyden arviointi- ja varmennusluokkaan eli AVCP-luokkaan. [1, s. 38.] Standardin EN 1090-1 piiriin kuuluvat rakenteelliset teräskokoonpanot kuuluvat AVCP-luokkaan 2+ taulukon 1 mukaisesti ja taulukon 2 on listattu kyseistä AVCP-luokkaa vastaavat menettelyt [6]. Teräskokoonpanojen luokassa 2+ valmistaja tarvitsee ilmoitetulta laitokselta laadunvalvonnan varmentamistodistuksen ennen CE-merkintää osoituksena vaadittavien menettelyjen täyttymisestä.

Taulukko 1 Rakenteellisten teräskokoonpanojen AVCP-luokka. Menettely 2+ vastaa rakennustuoteasetuksen (CPR) liitteen V kohtaa 1.3 taulukossa esitetyn rakennustuotedirektiivin (CPD) viittauksen lisäksi. Molemmat kyseiset kohdat vastaavat toisiaan [6].

Tuote	Suunniteltu käyttötarkoitus	Taso(t) tai luokka/luokat	Vaimustenmukaisuuden osoittamismenettely
Rakenteellinen teräs- ja alumiinikokoonpano	Rakenteellinen käyttö kaiken tyyppisissä rakennuskohteissa		2+
Menettely 2+: Katso rakennustuotedirektiivi (CPD) Liite III.2 (ii), vaihtoehto 1, johon kuuluu hyväksytyt tarkastuslaitoksen suorittama tehtaan sisäisen laadunvalvonnan varmentaminen tehtaan ja sen sisäisen laadunvalvonnan alkutarkastuksen sekä tehtaan sisäisen laadunvalvonnan jatkuvan valvonnan, arvioinnin ja hyväksymisen perusteella.			

Taulukko 2 Teräsrakennekokoonpanojen AVCP-menettelyt standardissa EN 1090-1 [6, ZA2.2].

Tehtävät		Tehtävän sisältö	Vaimustenmukaisuuden arvioinnissa sovellettavat kohdat	
Valmistajan tehtävät	Alkutestaus	Kyseeseen tulevat taulukon ZA.1 toiminnallisiin ominaisuuksiin liittyvät tekijät	6.2	
	Tehtaan sisäinen laadunvalvonta (FPC)	Kyseeseen tulevat taulukon ZA.1 toiminnallisiin ominaisuuksiin liittyvät tekijät	6.3	
	Näytteiden otto, testaus ja tarkastus tehtaassa	Kyseeseen tulevat taulukon ZA.1 ominaisuudet	Taulukko 2	
Ilmoitetun laitoksen ¹⁾ tehtävät	Ilmoitetun laitoksen ¹⁾ suorittama tehtaan sisäisen laadunvalvonnan varmentaminen seuraavilla perusteilla:	Tehtaan ja sen sisäisen laadunvalvonnan alkutarkastus	Kyseeseen tulevat taulukon ZA.1 ominaisuuksiin liittyvät tekijät	6.3 ja liite B
		Tehtaan sisäisen laadunvalvonnan jatkuva valvonta, arviointi ja hyväksyminen	Kyseeseen tulevat taulukon ZA.1 ominaisuuksiin liittyvät tekijät	6.3 ja liite B

1.6 CE-merkintämenetelmät

Teräskokoonpanoja koskeva harmonisoitu tuotestandardi EN 1090-1 antaa tuotteille ja tuotejärjestelmille neljä erilaista CE-merkintämenetelmää: M1, M2, M3a ja M3b. Käytettävä menetelmä riippuu siitä, miten tuotteen rakenteelliset ominaisuudet ilmoitetaan ja sisältyvätkö niiden mitoitus CE-merkintään. [2, s. 20.] Menetelmät M1 ja M2 on tarkoitettu sellaisille tuotteille ja tuotejärjestelmille, joita voidaan käyttää varastotuotteina, kun taas M3a ja M3b ovat tiettyyn rakennuskohteeseen suunniteltuja tuotteita ja järjestelmiä. Menetelmät M2 ja M3b ovat menetelmistä ainoat, joissa tuotteen suunnittelu sisällytetään CE-merkintään, jolloin tuotteen rakenteelliset ominaisuudet mitoitetaan tuotestandardissa määritellyn eurokoodin mukaisesti. [3, s. 14.] Lisäksi valmistaja ja ostaja voivat jakaa vastuun CE-merkintään vaadittavien asiakirjojen laadinnasta seuraavasti.

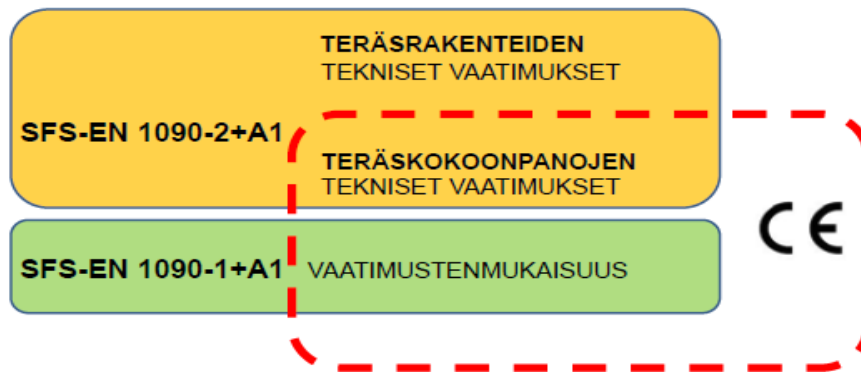
Menetelmässä M3a tuote valmistetaan tiettyyn kohteeseen ostajalta saatujen valmistusasiakirjojen mukaan, jolloin valmistaja ei ota tuotteen mitoituksesta vastuuta eikä sisällytä sitä silloin CE-merkintään. Menetelmän M3a käyttö on tyypillistä teräsrakennekokoonpanoille, jotka valmistetaan konepajalla käytettäväksi rakennuskohteessa kohteen rakennesuunnittelijan suunnitelmien mukaan. [2, s. 37.] Menetelmällä M3a viitataan standardin EN 1090-1 osalta sen liitteeseen ZA.3.4, jossa esitetään kyseisellä CE-merkintämenetelmällä ilmoitettavat tiedot valmistajan osalta. Tällöin valmistaja viittaa rakenteellisten ominaisuuksien osalta ostajan suorittamaan suunnitteluun, valmistuksen osalta ostajan toimittamaan kokoonpanoeritelmiin ja käytettyyn toteutusluokkaan [6]. Kokoonpanoeritelmiä käsitellään tämän työn kappaleessa 5.1.5 ja toteutusluokka kappaleessa 6.1.

Menetelmässä M3b tuotteen valmistaja suunnittelee ja valmistaa tuotteen ostajan toimittamien lähtötietojen ja kohteen piirustusten, esimerkiksi tasopiirustusten pohjalta. Tällä menetelmällä valmistajalla on CE-merkintävastuu myös suunnittelun osalta, jolloin valmistaja suunnittelee tuotteen eurokoodien mukaisesti sekä osoittaa tuotteen vaatimustenmukaisuuden harmonisoidun tuotestandardin perusteella. [2, s. 38.] Menetelmällä M3b viitataan teräsrakennekokoonpanojen osalta standardin EN 1090-1 liitteeseen ZA.3.5, jossa esitetään kyseisellä CE-merkintämenetelmällä vaadittavat tiedot valmistajan vastatessa kokoonpanon suunnittelusta ja valmistuksesta.

1.7 Harmonisoitu tuotestandardi EN 1090

Teräsrakenteita koskeva harmonisoitu tuotestandardi on EN 1090, joka koostuu kahdesta osasta kuvan 4 mukaisesti. Huomattavaa on, että vain ne konepajassa valmistettavat teräskokoonpanot CE-merkitään, joiden vaatimustenmukaisuus osoitetaan standardin EN 1090-1 mukaisesti. Pilarit, palkit, ristikot ja jäykistämiseen käytettävät teräsosat ovat muun muassa standardin piiriin kuuluvia rakenteellisia teräskokoonpanoja, joiden vaatimustenmukaisuus arvioidaan standardissa esitettyjen vaatimusten ja arviointimenetelmien perusteella. [5, s. 9.]

Standardilla EN 1090-2 määritetään teräsrakenteiden toteutusta koskevat tekniset vaatimukset. Suunnittelija määrittää nämä toteutusta koskevat vaatimukset toteutettavan kohteen vaativuuden ja käyttötarkoituksen perusteella valitsemalla soveltuvan toteutusluokan *EXC*. Toteutusluokkia on neljä, joiden vaativuustaso kasvaa luokasta 1 luokkaan 4, ja sen perusteella määräytyy valmistusta velvoittavat vaatimukset. Ennen kuin valmistus voidaan aloittaa, suunnittelija laatii toteutettavasta kohteesta kokoonpanoeritelmän ja toteutuseritelmän eli valmistuksessa tarvittavat tekniset tiedot ja piirustukset. [5, s. 11.]



Kuva 4 Teräsrakenteita ja -kokoonpanoja koskeva harmonisoitu tuotestandardi EN 1090 koostuu kahdesta osasta, joista vain teräskokoonpanot CE-merkitään standardiin EN 1090-1 perustuen [5].

2 Standardi EN 1090-1 vaatimustenmukaisuuden arviointiin

EN 1090-1 on kantavia teräsrakenteita ja -koonpanoja koskeva harmonisoitu tuotestandardi. Standardissa esitetään koonpanojen vaatimustenmukaisuuden arviointia koskevat vaatimukset. Valmistaja voi CE-merkitä valmistamansa koonpanon osoituksena näiden vaatimusten täyttymisestä. Standardi ei sisällä rakenteellista suunnittelua eikä valmistusta koskevia sääntöjä vaan ne vaatimukset ja arviointimenetelmät, joiden perusteella rakenteellisten teräskoonpanojen vaatimustenmukaisuus voidaan arvioida. Standardissa esitetään vaatimukset käytettäville tuotteille, niiden murtumisriskitydelle, mittojen ja muodon toleransseille, hitsattavuudelle, rakenteellisille ominaisuuksille, palokäyttymisen ja säilyvyydelle. Suunnittelijan kannalta olennaisin vaatimus koskee rakenteellisia ominaisuuksia. Muut vaatimukset liittyvät valmistajaa koskeviin vaatimuksiin, jotka suunnittelija on määritellyt rakenteellisen suunnittelun perusteella. Standardissa viitataan suunnitteluvaatimusten osalta eurokoodeihin ja toteutusvaatimusten osalta standardiin EN 1090-2. Jotta tuotestandardia EN 1090-1 voidaan käyttää, tulee kaikkien kyseeseen tulevien suunnittelu- ja toteutusstandardien olla käytettävissä. [6.] Seuraavissa luvuissa tutustutaan standardin EN 1090-1 niihin kohtiin, jotka ovat olennaisimpia teräskoonpanojen suunnitteluprosessin osalta.

2.1 Rakenteelliset ominaisuudet

Suunnittelijan kannalta standardin merkittävimmät vaatimukset ovat rakenteelliset ominaisuudet, joilla tarkoitetaan kantavuutta, väsymislujuutta, palonkestävyyttä ja muodonmuutosta käyttörajatilassa. Rakenteellisten ominaisuuksien vaatimustenmukaisuus täytetään suunnittelemalla ja valmistamalla koonpano asianmukaisesti. Suunnittelussa vaatimustenmukaisuus täytetään soveltuvilla eurokoodeilla ja valmistuksessa noudattamalla suunnittelijan standardin EN 1090 pohjalta laatimaa koonpano- ja toteutuseritelmää [6].

Rakenteellisista ominaisuuksista kantavuus voidaan ilmoittaa koonpanon poikkileikkauksen kestävyden tai niiden kuormituksen ominaisarvoina tai laskenta-arvoina, jotka se käytettyjen suunnittelusääntöjen perusteella kestää. Väsymisen tullessa kyseeseen ne väsytytkuormat, joiden toistuvuus on huomioitava koonpanon rakenteellisia ominaisuuksia arvioitaessa, esitetään suunnitteluselosteessa. Väsymislujuutta koskevat vaatimukset esitetään suunnitteluselosteessa jännitysvaihteluväleinä tai kuorman-

vaihtolukuina. [6, s. 18.] Väsymislujuuden todentamiseksi on standardi EN 1993-1-9, jossa annetaan ohjeet rakenneosien, liitosten ja liittimien väsymiskestävyyden tarkastamiseksi. [8, s. 152.] Standardin EN 1090-1 palonkestävyyttä koskeva vaatimus on, että rakenteiden on kestävä sortumatta tulipalossa tietyn ajan. Palonkestovaatimus esitetään standardin EN 13501-2 mukaisina paloaltistuksen luokkina, joilla kuvataan toiminnallista vaatimusta kantavuudelle (R), tiivydelle (E), eristävyydelle (I) ja iskunkestävyydelle (M). Kyseistä luokkaa täydentämään käytetään luokitteluaikaa minuutteina 15, 20, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 240 tai 360, jonka kuluessa toiminnallinen palonkestovaatimus täyttyy. [6, s. 18.] Palomitoitus tehdään kuormitusten osalta standardin EN 1991-1-2 ja rakenteiden osalta standardin EN 1993-1-2 mukaan. [8, s. 125.] Muodonmuutoksilla käyttörajatilassa tarkoitetaan eri kuormayhdistelmistä aiheutuvia taipumia ja siirtymiä, jotka vaikuttavat rakenteen ulkonäköön, käyttäjien mukavuuteen tai rakenteen toimivuuteen.

2.2 Rakenteellisten ominaisuuksien arviointi

Rakenteelliset ominaisuudet arvioidaan rakenteellisen suunnitteluun ja kokoonpanon valmistuksesta määräytyvien ominaisuuksien perusteella. Asianmukainen rakenteellinen suunnittelu voidaan osoittaa rakenteellisilla laskelmilla, joiden tulee olla soveltuvien eurokoodien mukaisia. Teräsrakenteiden osalta suunnitteluun tarvitaan standardia EN 1990, soveltuvilta osin standardeja EN 1991 ja EN 1993 sekä kyseisten standardien kansallisia liitteitä. Rakenteellista suunnittelua voidaan arvioida myös rakenteellisella testauksella, joka tukee kokoonpanon rakenteellisiä laskelmia. [6, s. 22.] Valmistuksen perusteella määräytyviä ominaisuuksia valvotaan kokoonpano- ja toteutuseritelmässä esitettyjen vaatimusten perusteella. Arviointi tapahtuu toteutusluokakohtaisten tarkastusten ja toleranssien mukaan kokoonpanoeritelmässä esitettyjen vaatimusten perusteella. [6, s. 24.]

2.3 Muut vaatimukset

Suunnittelun kannalta tulee huomioida, että suunniteltavan teräskokoonpanon materiaalit sekä valmistuksessa käytettävät muut tuotteet ovat standardin EN 1090-2 mukaisia. Vaatimukset mittojen ja muodon toleransseille, hitsattavuudelle ja säilyvyydelle esitetään myös standardissa EN 1090-2. Palokäyttäytymisen vaatimukset esitetään standardissa EN 13501-1 [6].

2.4 Vaatimustenmukaisuuden arviointi

Kokoonpanon vaatimustenmukaisuus osoitetaan standardissa EN 1090-1 esitettyjen vaatimusten ja ilmoitettujen arvojen suhteen alkutestauksella ja tehtaan sisäisellä laadunvalvonnalla (FPC). Standardin EN ISO 9001 katsotaan täyttävän FPC-järjestelmän vaatimukset, jos siinä on otettu huomioon standardissa EN 1090-1 esitetyt vaatimukset. Myös muunlainen laatujärjestelmä on mahdollinen, kunhan se täyttää EN 1090-1:n asettamat vaatimukset.

Alkutestauksella arvioidaan valmistajan kykyä valmistaa rakenteellisia kokoonpanoja. Jos valmistaja tulee ilmoittamaan suunnittelun perusteella määräytyviä rakenteellisia ominaisuuksia, ne arvioidaan silloin laskennallisella alkutestauksella. Sillä arvioidaan valmistajan kykyä suorittaa rakenteellista suunnittelua. Laskennallista alkutarkastusta varten laskennallinen suunnitteluprosessi tulee dokumentoida niin, että siinä kuvataan suunnitteluoletusten käsittely, suunnittelumenetelmät, suunnittelulaskelmien lisäksi tietokoneohjelmien käyttö ja laskelmien tulokset. Suunnitteluprosessin kuvauksessa tulee myös osoittaa laskelmien tarkastuksessa käytettävät menettelyt sekä korjaavat toimenpiteet poikkeamia havaittaessa. Laskennallisessa alkutarkastuksessa sekä tehdään sisäisessä laadunvalvonnassa tarkastetaan, että laskelmat ovat soveltuvien eurokoodien mukaisia ja että laskelmat ovat asianmukaisia ja varmennettuja. Rakenteellisten laskelmien käyttö vaatimustenmukaisuuden arviointiin perustuu valmistajan henkilöresursseihin, välineisiin ja menettelyihin, joita käytetään rakenteellisten laskelmien suorittamisessa. [6, s. 26, 28, 30.]

Kaikkia ominaisuuksia koskevan alkutestauksen ja laskennallisen alkutestauksen sekä sisäisen laadunvalvonnan arviointimenetelmät ja vaatimustenmukaisuuskriteerit on listattu liitteen 3 taulukoihin 1 ja 2.

2.5 Kokoonpanoeritelmä

Standardissa kokoonpanoeritelmillä tarkoitetaan asiakirjoja, joita tarvitaan kokoonpanon valmistuksessa sekä vaatimustenmukaisuuden arvioinnissa. Kokoonpanoeritelmän sisältämien asiakirjojen perusteella valmistaja pystyy valmistamaan ja CE-merkitsemään kokoonpanon. Kokoonpanoeritelmissä esitetään kokoonpanoa koskeva

tieto vaatimustenmukaisuuden arvioinnin osalta riittävän yksityiskohtaisesti, jotta valmistajan tarkastusten tulosten pohjalta voidaan varmistaa, että valmistetut kokoonpanot ovat kokoonpanoeritelmän mukaisia. Kokoonpanoeritelmä tulee laatia suunnittelu-tietojen perusteella, joista käyvät ilmi käytettävät tuotteet, geometriset tiedot ja työn toteuttamista koskevat tarpeelliset vaatimukset [6].

Valmistaja ja ostaja voivat jakaa vastuun kokoonpanoeritelmän laadinnasta riippuen siitä, mitä toimitussisältöä käytetään. Standardin liitteessä A esitetään kaksi tapaa siitä, toimittaako ostaja kokoonpanoeritelmän vai vastaako valmistaja sen laatimisesta. Näille tavoille käytetään lyhenteitä PPCS ja MPCS. Ostaja ja valmistaja voivat sopimuksen mukaan molemmat osallistua sen laadintaan. Työnjaosta sovitaan tilauksen yhteydessä.

Ostajan toimittamaan kokoonpanoeritelmiä (PPCS) varten ostaja itse suorittaa rakenteellisen suunnittelun ja laatii sen perusteella kaikki valmistukseen vaadittavat asiakirjat ja tekniset tiedot. Valmistuksessa vaadittavissa asiakirjoissa on eriteltynä kaikki käytettävät materiaalit ja tuotteet, joiden perusteella valmistaja pystyy hankkimaan ne valmistusta varten. Kokoonpanoeritelmissä on esitetty myös kaikki valmistusta koskevat vaatimukset ja geometriset tiedot. Tässä toimitussisällössä valmistajan tehtävä on tällöin valmistaa PPCS:n mukainen kokoonpano standardin EN 1090-2 vaatimuksin ja toimittaa kokoonpanoa koskeva vaadittu dokumentaatio.

Valmistajan laatimassa kokoonpanoeritelmissä (MPCS) valmistaja huolehtii kokoonpanon valmistuksesta ja toimitussisällöstä riippuen myös rakenteellisesta suunnittelusta. Tällöin valmistaja vastaa kaikkien valmistuksessa vaadittavien teknisten tietojen laadinnasta, joiden perusteella se itse myös valmistaa kokoonpanon. Ostajan velvollisuus on toimittaa valmistajalle tarvittavat lähtötiedot kokoonpanon tulevaa käyttöä ja suunnittelua varten rakenteellisten ominaisuuksien määrittämiseksi. Tässä tapauksessa valmistaja ilmoittaa kokoonpanon geometriset tiedot, materiaaliominaisuudet ja rakenteelliset ominaisuudet kokoonpanon rakenteellisen suunnittelun perusteella. Kokoonpanon vaatimustenmukaisuus arvioidaan kyseisen ilmoituksen perusteella. Ostajan toimittamasta kokoonpanoeritelmästä poiketen tällä menetelmällä valmistajalla on mahdollisuus sisällyttää kokoonpanon rakenteellinen suunnittelu CE-merkintäänsä [6, 38–40].

Taulukoon 3 on listattu valmistajan tehtävät eri toimitussisällöissä sekä vaatimustenmukaisuuden ilmoitusmenettely. Siinä ilmoitetuilla menetelmillä viitataan CE-merkintämenetelmiin, jotka esiteltiin tämän työn kappaleessa 4.3.

Taulukko 3 CE-merkintämenetelmät ja kokoonpanoeritelmän laadinta [6].

Toiminta	Valmistajan tehtävät ja toimituksen sisältö			
	Menetelmä 1	Menetelmä 2	Menetelmä 3b	Menetelmä 3a
Kokoonpanon rakenteellista suunnittelua koskevat laskelmat	Ei	Kyllä Perustuen vaatimukseen käyttää tuotestandardia, jossa viitataan soveltuviin eurokoodien osiin	Kyllä Perustuen vaatimukseen käyttää ostajan suunnitteluselostetta tai valmistajan suunnitteluselostetta asiakkaan tilauksen vaatimusten täyttämiseksi	Ei
Valmistuksen peruste	MPCS	MPCS	MPCS	PPCS
Kokoonpanon ominaisuuksia koskeva ilmoitus	Geometriaa ja materiaaleja koskevat tiedot ja kaikki muut tiedot, joita tarvitaan, jotta jotkut toiset voivat suorittaa rakenteellisen arvioinnin ja laskelmat	Toimitettavat kokoonpanot ovat tämän eurooppalaisen standardin mukaisia. Rakenteellisten ominaisuuksien osalta viitataan soveltuviin eurokoodien osiin ja kestävyys/kestävyydet annetaan ominaisarvona/ominaisarvoina tai mitoitusarvona/mitoitusarvoina	Toimitettu kokoonpano on MPCS:n mukainen ja jäljitettävissä ostajan tilaukseen	Toimitettu kokoonpano on PPCS:n mukainen

3 Standardin EN 1090-2 tekniset vaatimukset

Standardissa EN 1090-2 esitetään teräsrakenteiden toteutukselle vaatimukset. Standardia sovelletaan rakenteina tai kokoonpanoina käytettäviin kantaviin teräsrakenteisiin. Standardi esittää rakenteiden toteutusta koskevat vaatimukset, jotka on suunniteltu standardin EN 1993 soveltuvan osan mukaan. Standardia sovelletaan yhdessä velvoittavien viittausten kanssa, joita ovat muun muassa käytettävien terästuotteiden, hitsausaineiden ja mekaanisten kiinnittimien standardit. [7, s. 7.] Suunnittelijan kannalta standardin EN 1090-2 velvoittavien viittausten lisäksi sen tärkeimpiä käsitteitä ovat toteutusluokka ja toteutuseritelmä.

3.1 Toteutusluokat

Toteutusluokka määritellään jo suunnitteluvaiheessa riippuen toteutettavan kohteen valmistuksen vaativuudesta ja käyttötarkoituksesta. Toteutusluokka voidaan määrittää koko rakenteelle tai sen tietyille osille. Toteutusluokan määrittää suunnittelija. Luokkia on neljä, ja niiden vaatimustaso kasvaa luokasta EXC1 luokkaan EXC4 asti. Näillä määritellään vaatimukset valmistukselle, erityisesti aineodistuksille, tarkastuksille ja

niiden hyväksymiskriteereille. [5, s. 11.] Nämä vaatimukset on listattu standardin liitteeseen A.3 (tämän työn liite 6).

Toteutusluokan määrittämiseen standardi EN 1090-2 suosittelee kolmivaiheista menettelyä standardin liitteen B mukaan. Toteutusluokan määrittämisen perusteena pidetään rakenteen tai sen osan vauriosta tai sortumisesta aiheutuvia inhimillisiä, taloudellisia tai ympäristöllisiä seuraamuksia, joiden perusteella valitaan seuraamusluokka, jonka valintaan annetaan ohjeita standardin EN 1990 liitteessä B (ks. tämän työn taulukko 6). Rakenteen käytön ja toteutukseen liittyvien riskitekijöiden perusteella valitaan käyttöluokka ja tuotantoluokka (ks. tämän työn liite 5 taulukot 1 ja 2). Toteutusluokka määritetään taulukosta 4 edellisten vaiheiden tulosten perusteella. [7, s. 102 - 104.]

Taulukko 4 Toteutusluokan valintataulukko [7].

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
^a Toteutusluokkaa EXC4 käytetään kansallisten sääntöjen edellyttämällä tavalla erityisrakenteille tai rakenteille, joiden vaurio voi aiheuttaa äärimmäisiä seuraamuksia.							

3.2 Toteutuseritelmä

Suunnittelija laatii toteutuseritelmän aina toteutuskohteen teräsrakenteille ennen kuin toteutus käynnistetään. Se sisältää teräsrakenteen tekniset tiedot ja vaatimukset, joita täydennetään standardin EN 1090-2 liitteen A projektikohtaisesti määritettävien täydentävien lisävaatimuksin. Toteutuseritelmä sisältää kootusti valmistajan kannalta kaikki tärkeimmät tiedot, joilla se voi toteuttaa valmistettavan teräskokoonpanon EN 1090-2:n mukaisesti. Toteutuseritelmän tiedot voidaan sisällyttää piirustuksiin, mutta niitä täydentämään voidaan myös tehdä erillinen dokumentti. Toteutuseritelmällä täydennetään kokoonpanoeritelmää ja ne yhdessä esittävät rakenteellisten teräsrakenteiden toteutuksen valmistusta ja asennusta koskevat vaatimukset. [9, s. 7.] Toteutuseritelmän tärkein tieto toteutuksen kannalta on suunnittelijan valitsema toteutusluokka, jonka perusteella määräytyvät toteutusluokakohtaiset vaatimukset. Seuraavissa kappaleissa esitetään ne asiat, jotka on tarpeen mukaan toteutuseritelmässä esitettävä ja jotka eivät kokoonpanoeritelmästä ilmene.

3.2.1 Tarvittavat lisätiedot

Standardin EN 1090-2 liitteessä A.1 esitetään standardin ne kohdat, joille standardi ei aseta vaatimuksia, mutta joiden osalta vaaditaan tapauskohtaisesti lisätietoja toteutuseritelmässä. Nämä kohdat ilmaistaan standardin tekstiosassa ilmaisulla ”vaatimukset esitetään”. Liitteessä A.2 esitetään standardin ne kohdat, joiden vaatimuksille voidaan kohdekohtaisesti esittää vaihtoehto. Kyseisissä standardin kohdissa käytetään ilmaisua ”ellei muuta esitetä”. Jos toteutuseritelmässä ei esitetä vaihtoehtoisia vaatimuksia liitteen A.2 kohdille, noudatetaan standardin tekstiosuuden vastaavan kohdan vaatimusta. [9, s. 7.]

Esimerkkinä voidaan antaa standardin liitteen A taulukon A.1 kohta 5.3.1, jossa toteutuseritelmän vaadittavina lisätietoina ovat terästuotteiden lajit, laadut ja tarvittaessa pinnoitteiden massat ja viimeistely. Tällä tarkoitetaan sitä, että toteutuseritelmässä on esitettävä myös tarvittavat lisämääreet ja optiot käytettävien tuotteiden osalta, joita tarvitaan terästuotteita hankittaessa. Optioilla opastetaan muun muassa hankittavalle tuotteelle asetettavia tiukempia mitta- ja muototoleranssien raja-arvoja. Jos optioita ei ole määritelty kokoonpanoeritelmään, tuote tilataan tuotestandardien perusvaatimuksilla. Jos pinnoitus tulee kyseeseen, tulee sekin ilmoittaa pinnoitteen kokonaismassana. [9, s. 9.]

Esimerkki liitteen A taulukon A.2 kohdasta 5.2, jossa vaihtoehtoisesti voidaan esittää tuotekohtaista jäljitettävyyttä, kun kohteen vaativuuden johdosta käytettävien materiaalien tarkat lujuusarvot tai muiden mitattujen suureiden tuntemista vaaditaan. Tuotekohtaista jäljitettävyyttä ei yleensä vaadita, mutta tarvittaessa tätä voidaan harkita tapauksesta riippuen toteutusluokassa EXC4, jos kohteen luonne niin vaatii. [9, s. 35.]

Huomattavaa on, että liitteen A taulukossa A.2 kohdassa 4.2.2 tulee ilmoittaa, vaaditaanko töiden toteuttamista koskeva laatusuunnitelma, johon standardi edellyttää, että toteutuseritelmässä sen laatimistarve käsitellään. Suomessa lähtökohtaisesti se laaditaan aina. Laatusuunnitelma on asiakirja, joka esitetään ennen itse työn aloitusta. Siinä kuvataan millä menettelyillä ja resursseilla työ toteutetaan. Yleensä laatusuunnitelmasa viitataan laatukäsikirjan prosesseihin tai ohjeisiin. [9, s. 34.]

3.2.2 Toleranssiluokat

Standardissa EN 1090-2 esitetään kaksi toleranssityyppiä: olennaiset toleranssit ja toiminnalliset toleranssit. Olennaisilla toleransseilla määritetään standardin mukaan määrälliset arvot poikkeamille, joilla on vaikutusta valmiin rakenteen mekaaniseen kestävyteen ja stabiiliuteen. Olennaisten toleranssien tulee olla standardin liitteen D.1 mukaisia. Toiminnallisilla toleransseilla standardi viittaa poikkeamiin, joilla on vaikutusta osien yhteen sopimiseen ja ulkonäköön. Standardin liitteessä D.2 esitetään toiminnallisten toleranssien taulukkoarvot, joissa esitetään arvot kahdelle luokalle. Toleranssiluokan valitsee suunnittelija ja se tulee valita toteutuseritelmässä tietyille kokoonpanolle tai asennetun rakenteen valituille osille. Luokat ovat 1 ja 2, joista luokassa 2 on tiukemmat vaatimukset kuin luokassa 1. Jos toteutuseritelmässä ei ilmoiteta luokkaa toiminnallisille toleransseille, silloin tulee noudattaa toleranssiluokkaa 1. Toiminnallisille toleransseille standardi antaa mahdollisuuden käyttää vaihtoehtoisia kriteerejä, jos kyseessä on hitsattu rakenne. Tällöin voidaan käyttää standardin EN ISO 13920 toleranssiluokkaa C pituudelle ja kulmasuureille sekä luokkaa G suoruudelle, tasomaisuudelle ja yhdensuuntaisuudelle. [7, s. 76 - 79.]

3.2.3 Projektissa laadittavat asiakirjat

Kohteen toteuttajan tulee laatia ennen projektin aloitusta standardin EN 1090-2 kohdassa 4.2.1 ilmoitetut laatuasiakirjat sekä mahdollisesti kohdan 4.4.2 mukainen laatusuunnitelma, jonka laadintatarve esitetään toteutuseritelmässä. Toteuttajan tulee laatia projektista riittävät asiakirjat, joista käy ilmi toteutunut rakenne. Projektista laadittavilla asiakirjoilla voidaan osoittaa, että työt on suoritettu toteutuseritelmän ja standardin EN 1090-2 vaatimusten mukaisesti. Asiakirjoja voivat olla aineistodistukset, raportit tarkastuksista, testauksista, mittauksista ja toimenpiteet, jotka toteutettiin poikkeavuuksia havaitessa. Toteuttaja laatii myös asennussuunnitelman, joka vastaa rakenteen asennusmenetelmää ja sen tulee ottaa huomioon rakennustöiden turvallisuuteen liittyvät tekniset vaatimukset. [7, s. 20, 65, 106.]

3.2.4 Esikäsittelyaste ja korroosionesto

Toteutuseritelmässä tulee esittää vaatimukset pintavirheellisten teräspintojen esikäsittelyasteille. Esikäsittelyllä on tarkoitus saada hitsit, leikkaussärmät ja teräspinnat ylei-

sesti sopiviksi pintakäsittelyä varten. Standardissa EN ISO 8501-3 esitetään kolme esikäsittelyastetta, joista standardi toteaa, että niillä saadaan näkyvästi virheelliset teräspinnat soveltuviksi maalien tai vastaavien tuotteiden levittämiseksi. Standardin taulukkoon 1 on listattu hitsien, leikkaussärmien ja pintojen yleisimmät virhetyypit ja eri esikäsittelyasteiden toimenpiteet niiden poistamiseksi. [10, s. 8, 10.] Standardi kuvaa esikäsittelyasteet seuraavasti:

- **P1:** virheellisyydet poistetaan kevyellä esikäsittelyllä
- **P2:** virheellisyydet poistetaan perusteellisella esikäsittelyllä
- **P3:** virheellisyydet poistetaan erittäin perusteellisesti niin, ettei pinnalle jää merkittäviä näkyviä pintavirheitä.

Toteutusertelmässä voidaan esittää vaatimukset korroosionestolle toimivuuskuvauksena, jossa esitetään korroosioneston odotettu käyttöikä ja rasitusluokka. Standardissa EN ISO 12944-1 käyttöikä ilmaistaan kolmena luokkana: alhainen (2 - 5 vuotta), kohtalainen (5 - 15 vuotta) tai korkea (yli 15 vuotta). Tämän lisäksi tulee arvioida rakenteen sijoitusympäristön korroosiovaikutus standardin EN ISO 12944-2 opastavan taulukon 1 perusteella. Esikäsittelyaste voidaan valita näiden perusteella taulukosta 5. Toimivuuskuvauksessa esitetään, käytetäänkö korroosionestoon maalaamista, termistä ruiskutusta vai kuumasinkitystä, sekä niitä vastaavat luokitteluvaatimukset [7, s. 164].

Taulukko 5 Esikäsittelyasteen valinta korroosioneston käyttöiän ja rasitusluokan perusteella [7].

Korroosioneston odotettu käyttöikä ^a	Rasitusluokka ^b	Esikäsittelyaste
>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, b} Korroosioneston odotetun käyttöiän ja rasitusluokan osalta viitataan tapauskohtaisesti standardeihin EN ISO 12944 ja EN ISO 14713-1.		

4 Eurokoodit

EN 1090 viittaa suunnittelunvaatimusten osalta eurokoodi-järjestelmään, jolla voidaan täyttää rakenteellisille ominaisuuksille osoitetut vaatimukset kantavuuden, väsymislujouden, palonkestävyyden ja käyttörajatilamuodonmuutoksen osalta. Eurokoodi-järjestelmä on kehitetty Euroopan rakennusteollisuuden yhteiseksi rakenteiden mitoitussjärjestelmäksi, jolla on tarkoitus edistää eurooppalaisten kilpailukykyä niin EU:n kuin maailman laajuisestikin. Yhteisellä mitoitussjärjestelmällä parannetaan yhteistoimintaa toimijoiden välillä sekä avataan alaa kilpailulle. Eurokoodeja täydentämään on luotu eri maiden olosuhteet ja rakennusperinteet huomioon ottavat kansalliset liitteet, joissa valtiot voivat määrittää itse, miten eurokoodeja sovelletaan kohdissa, joissa kansallisiin valintoihin on annettu mahdollisuus. Suomessa kantavien teräsrakenteiden suunnittelussa on noudatettava ympäristöministeriön vahvistamia kansallisia liitteitä. Eurokoodi-järjestelmää ei saa käyttää yhdessä muiden määräysten, normien tai ohjeiden kanssa, ellei tätä ole erikseen hyväksytty. [8, s. 9.]

4.1 Perusvaatimukset

Teräsrakenteiden suunnittelun perusvaatimuksena esitetään, että se toteutetaan EN 1990:n mukaisten yleissääntöjen ja EN 1993-1-1:n lisäsääntöjen mukaan. Perusvaatimuksena rakenteen tulee kestää kaikki kuormitukset, joita siihen oletettavasti kohdistuu sille suunnitellun käyttöikänsä aikana. [18, s. 44.] Standardissa EN 1993-1-1 perusvaatimukset määritellään täytetyiksi, *kun murtorajatilamitoituksessa noudatetaan standardin EN 1990 mukaista osavarmuuslukumenetelmää ja kuormitusyhdistelmiä yhdessä standardin EN 1991 mukaisten kuormien kanssa*. Lisäksi suunnittelussa tulee noudattaa palomitoitukseen standardia EN 1993-1-2, liitosten mitoitukseen EN 1993-1-8 tai väsymismitoitukseen standardia EN 1993-1-2 niiden tullessa kyseeseen. [11, s. 22.]

4.2 Materiaalit ja materiaaliominaisuudet

Materiaalien osalta standardi EN 1993-1-1 edellyttää, että rakenteet suunnitellaan ja valmistetaan liitteen 5 taulukoiden 1 ja 2 mukaisista rakenneteräslajeista tai liitteen 5 taulukon 3 mukaisista ruostumattomista rakenneteräksistä. Materiaaleilta vaaditaan myös riittävää murtumissitkeyttä alhaisimmassa käyttölämpötilassa sekä riittävää sitkeyttä. Standardi toteaa liitteen 5 taulukoissa 1, 2 ja 3 esitettyjen terästen osalta niiden

täyttävän riittävät sitkeysvaatimukset, jos käytetään muita kuin liitteen 5 mukaisia terästuotteita tulee niiden osalta varmistua, että standardissa esitetyt vaatimukset. [8, s. 27.] Suunnittelussa käytetään liitteen 5 taulukoiden 1 ja 2 rakenneteräksille seuraavia esitettyjä materiaaliominaisuuksien arvoja. [11, s. 25, 28.]

- Myötölujuuden f_y ja vetomurtolujuuden f_u nimelliset arvot voidaan hyväksyä ominaisarvoiksi laskelmiin liitteen 5 taulukoista 1 ja 2
- Kimmokerroin $E = 210\,000\text{ N/mm}^2$
- Liukkerroin $G = \frac{E}{2(1+\nu)} = 81\,000\text{ N/mm}^2$
- Poisson luku kimmoisella alueella $\nu = 0,3$
- Lineaarinen lämpölaajenemiskerroin $\alpha = 12 \cdot \frac{10^{-6}}{^\circ\text{C}}$ (kun $T \leq 100^\circ\text{C}$)
- Tiheys $\rho = 7\,850\text{ kg/m}^3$

Liitteen 5 taulukon 3 mukaisten ruostumattomien rakenneterästen materiaaliominaisuuksina käytetään standardin EN 1993-1-4 mukaisia arvoja.

4.3 Luotettavuuden hallinta

Suunnittelija vaikuttaa rakenteilta vaadittavan luotettavuuden hallintaan suunnitteleamalla rakenteet soveltuvien eurokoodien mukaisesti. Luotettavuuden arviointiin käytetään standardin EN 1990 liitettä B ja kansallisen liitteen määrittelemillä tavoilla sovellettavaa kolmea seuraamusluokkaa *CC* (taulukko 6), joihin voi liittää kutakin vastaava luotettavuusluokka *RC*. Rakenteen luotettavuustaso voidaan määrittää kokonaisuudelle rakenteelle tai sen osille. Laajempi luotettavuusanalyysi on käsitelty standardin EN 1990 liitteessä C, jossa luotettavuusluokka määritetään luotettavuusindeksillä β . Seuraamusluokkaa käytetään myös kuormakertoimen K_{FI} määrittämiseen. [20, s. 23.]

Taulukko 6 Seuraamusluokkien määrittely [18].

Seuraamusluokka	Kuvaus	Rakennuksia sekä maa- ja vesirakennuskohteita koskevia esimerkkejä
CC3	Suuret seuraamukset hengenmenetysten <i>tai hyvin suurten</i> taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia	Pääkatsomot; julkiset rakennukset, joissa vaurion seuraamukset ovat suuret (esim. konserttitalo)
CC2	Keskisuuret seuraamukset hengenmenetysten <i>tai merkittävien</i> taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia	Asuin- ja liikerakennukset; julkiset rakennukset, joissa vaurion seuraamukset ovat keskisuuret (esim. toimistorakennus)
CC1	Vähäiset seuraamukset hengenmenetysten <i>tai pienten tai merkityksettömien</i> taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia	Maa- ja metsätalousrakennukset, joissa ei yleensä oleskele ihmisiä (esim. varastorakennukset), kasvihuoneet

Suunnittelun valvonnan tason (DSL= Design supervision levels) määrittely voidaan liittää luotettavuusluokkiin. Taulukossa 5 on esitelty kolme mahdollista tasoa. Suunnittelun valvontatasot valitaan rakenteen merkityksen ja kansallisten vaatimusten tai käyttöohjeen mukaan, ja valvonta voidaan toteuttaa tarkoituksenmukaisia laadunhallintatoimenpiteitä käyttäen. [18, s. 140.]

Taulukko 7 Suunnittelun valvontataso DSL määrittelee nimensä mukaisesti lujuslaskelmien tarkastuksissa käytettävän valvonnan tason [18].

Suunnittelun valvontatasot	Ominaisuudet	Laskelmien, piirustusten ja eritelmien tarkastamisen suositetut vähimmäisvaatimukset
DSL3 liittyy tasoon RC3	Laaja valvonta	Kolmannen osapuolen suorittama tarkastus: Tarkastuksen suorittaa muu kuin suunnitelman laatinut organisaatio
DSL2 liittyy tasoon RC2	Normaali valvonta	Tarkastuksen suorittavat muut henkilöt kuin alunperin suunnittelusta vastuussa olleet ja se suoritetaan organisaation oman menettelytavan mukaisesti.
DSL1 liittyy tasoon RC1	Normaali valvonta	Itse suoritettava tarkastus: Tarkastuksen suorittaa suunnittelija itse.

4.4 Mitoitustilanteet

Rakenne tulee mitoittaa sen käyttötarkoituksen mukaisille rajatiloille. Rajatiloilla tarkoitetaan sellaisia tiloja, joiden ylittyessä rakenne ei enää täytä sille asetettuja vaatimuksia. Normaalisti tarkasteltavat rajatilat murto- ja käyttörajatila. Murtorajatilalla tarkoitetaan rakenteen tai rakenneosan suurinta kestävyyttä ja sen ylityksellä saattaa olla taulukon 6 mukaisia seuraamuksia, kun taas käyttörajatilalla tarkoitetaan sellaista tilaa, jonka ylittymisen jälkeen rakenteen käytettävyyksivaatimukset eivät täyty normaalikäytössä. [8, s. 33.]

Murtorajatilatarkastelulla pyritään saavuttamaan rakenteilta riittävä varmuustaso rakenteen vaurioitumiseen tai sortumiseen nähden, jotta sillä voidaan taata rakenteen käyttöturvallisuus. [20, s. 27.] Standardi EN 1990 määrittelee, että seuraavat murtorajatilat tulee tarkastaa murtorajatilamitoituksessa niiden tullessa kyseeseen. [20, s. 27; 8, 33]:

- *jäykän kappaleen tai sen osan tasapainon menetys*
- *rakenteen tai sen osan sisäinen vaurioituminen tai liian suuri siirtymätila, kun rakenteen materiaalien lujuus on määräävä*
- *rakenteen tai sen osan muuttuminen mekanismiksi*
- *rakenteen tai sen osan stabiiliuden menetys*
- *rakenteen tai sen osan väsymismurtuminen.*

Käyttörajatilat muodostuvat taipumista ja siirtymistä, jotka vaikuttavat rakenteen ulkoonäköön, käyttäjien mukavuuteen tai rakenteen toimivuuteen. [20, s. 28.] Rakenne mitoitetaan niin, että kuormitetussa rakenteessa tapahtuvat taipumat ja siirtymät ovat niissä asianmukaisissa rajoissa, joita rakenteen luonne ja käyttötarkoitus vaatii. Käyttörajatila-tarkastelussa on aina varmistuttava siitä, ettei käyttörajatilassa tapahdu pysyviä muodonmuutoksia. Taipumien ja siirtymien suositeltavat raja-arvot on esitetty standardissa EN 1990. [8, s. 34, 36.]

Rajatilamitoitusta varten muodostetaan kyseisiä rajatiloja varten määriteltyjä rakenne- ja kuormitusmalleja. Niillä esitetään, että kyseisiä rajatiloja ei ylitetä, kun käytetään asianmukaisia mitoitusarvoja kuormille, materiaali- ja tuoteominaisuuksille ja mitoille. Rakenne- ja kuormitusmallien käytön vaatimukset täytetään käyttämällä osavarmuuslukumenetelmää. [18, s. 56.]

4.5 Kuormat

Kuormat luokitellaan standardin EN 1990 mukaan niiden ajallisen vaihtelun perusteella pysyviin kuormiin G , esimerkiksi *rakenteiden ja kiinteiden laitteiden aiheuttamat kuormat*, muuttuviin kuormiin Q , esimerkiksi *hyötykuormat, tuulikuormat ja lumikuormat* sekä onnettomuuskuormat A kuten esimerkiksi *räjähdykset tai rakenteeseen kohdistuvat törmäykset*. [20, s. 29.]

Pysyville kuormille voidaan määrittää ylempi $G_{k,sup}$ ja alempi $G_{k,inf}$ ominaisarvo, jos kuorma voi vaihdella sen käyttöiän aikana. Ylempää ominaisarvoa käytetään pysyville kuormille, joilla on epäsuotuisa vaikutus rakenteen kantokyvyille ja alempaa sellaisille kuormille, joilla on suotuisa vaikutus kantokykyyn. Muissa tapauksissa voidaan käyttää yhtä ominaisarvoa G_k . [8, s. 35.] Muuttuvien kuormien osalta ominaisarvolla Q_k tarkoitetaan joko yläraja-arvoa, jota ei todennäköisesti ylitetä tai alaraja-arvoa, joka todennäköisesti saavutetaan tietyllä tarkasteluvälillä. [18, s. 60.]

4.6 Varmuuden osoittaminen osavarmuusmenetelmällä

Kuten aiemmin jo todettiin, osavarmuuslukumenetelmää käyttämällä osoitetaan, että mitään rajatilaa ei ylitetä missään mitoitustilanteessa, kun kuormat tai kuormien vaiku-

tukset ja kestävyysmitoitetaan käyttämällä ominaisarvoja tai muita edustavia arvoja yhdessä osavarmuuslukujen ja muiden kertoimien kanssa. [18, s. 70.]

Kuorman mitoitusarvo F_d voidaan laskea kaavalla

$$F_d = \gamma_f \Psi F_k \quad (1)$$

Jossa γ_f on kuorman osavarmuusluku, F_k on kuorman ominaisarvo ja kuorman pienennyskerroin Ψ on joko 1,00 tai jokin muu taulukon 8 arvo kuormasta riippuen. [18, s. 70.]

Taulukko 8 Kuorman pienennyskerroimet Ψ standardin EN 1990 kansallisen liitteen mukaisesti [19].

Kuorma	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Hyötykuormat rakennuksissa, luokka (katso SFS-EN 1991-1-1)			
Luokka A: asuintilat	0,7	0,5	0,3
Luokka B: toimistotilat	0,7	0,5	0,3
Luokka C: kokoontumistilat	0,7	0,7	0,3
Luokka D: myymälätilat	0,7	0,7	0,6
Luokka E: varastotilat	1,0	0,9	0,8
Luokka F: liikennöitävät tilat, ajoneuvon paino ≤ 30 kN	0,7	0,7	0,6
Luokka G: liikennöitävät tilat, $30\text{kN} < \text{ajoneuvon paino} \leq 160$ kN	0,7	0,5	0,3
Luokka H: vesikatot	0	0	0
Lumikuorma (katso SFS-EN 1991-1-3) ^{*)} kun			
$s_k < 2,75$ kN/m ²	0,7	0,4	0,2
$s_k \geq 2,75$ kN/m ²	0,7	0,5	0,2
Jääkuorma ^{**)}	0,7	0,3	0
Rakennusten tuulikuormat (katso SFS-EN 1991-1-4)	0,6	0,2	0
Rakennusten sisäinen lämpötila (ei tulipalossa) (katso SFS-EN 1991-1-5)	0,6	0,5	0
^{*)} Ulkotasoilla ja parvekkeilla $\psi_0 = 0$ luokkien A, B, F ja G yhteydessä. Huom: Mikäli rakennuksessa on eri kuormaluokkia, joita ei voi erotella omiin selviin ryhmiinsä, käytetään ψ -arvoja, jotka antavat epäedullisimman vaikutuksen. ^{**)} Lisätty Suomen kansalliseen liitteeseen.			

Murtorajatilassa kuormien mitoitusarvot mitoitetaan käyttäen epäedullisempaa kuormayhdistelmää seuraavista lausekkeista

$$1,35K_{FI}G_{kj,sup} + 0,9G_{kj,inf} \quad (2)$$

$$1,15K_{FI}G_{kj,sup} + 0,9G_{k,inf} + 1,5K_{FI}Q_{k,1} + 1,5K_{FI} \sum_{i>1} \Psi_{0,1} Q_{k,i} \quad (3)$$

joissa G_{kj} on pysyvän kuorman j ominaisarvo, $Q_{,1}$ ja $Q_{k,i}$ ovat muuttuvien kuormien ominaisarvoja, $\gamma_{G,j}$ ja $\gamma_{Q,i}$ ovat osavarmuuslukuja, joiden arvot on merkitty jo yllä olevaan kaavaan, $\Psi_{0,i}$ on kuorman pienennyskerroin sekä K_{FI} on seuraamusluokasta CC riippuva kuormakerroin. Kuormakertoimien arvot ovat $K_{FI,CC3} = 1,1$, $K_{FI,CC2} = 1,0$ ja $K_{FI,CC1} = 0,9$

Kaavoissa on huomioitava, että + tarkoittaa samanaikaista huomioon ottamista jonkin toisen kuorman kanssa. [8, s. 35.]

4.7 Rakenneanalyysi

Rakenneanalyysissä olennaista on tuntee kuinka rakenne käyttäytyy, kun sen rakenneosat ovat kuormitusten alaisia. Standardin EN 1993-1-1 mukainen rakenneanalyysi suoritetaan muodostamalla rakenteen käyttäytymistä kuvaava malli, joka on asianmukainen tarkasteltavassa rajatilassa. Rakennemallin tulee olla riittävän tarkka sekä laskelemissa käytettävien oletusten tulee kuvata todenmukaisesti poikkileikkausten, sauvojen, liitosten ja tukien rakenteellista käyttäytymistä kyseisessä rajatilassa. [11, s. 29.]

Rakennemallin sekä kuormitustapausten lisäksi rakenneanalyysissä alustavasti mitoitetaan käytettävät rakenneosat ja liitokset, jotta rakenteen sisäiset voimasuureet saadaan lasketuksi. Voimasuureiden laskenta tehdään yleensä tietokoneohjelmien avulla. [8, s. 27.]

Staattisesti määräämättömien rakenteiden sisäiset voimasuureet voidaan laskea käyttäen kimmoteoriaa tai plastisuusteoriaa, joista kimmoteoriaa voidaan käyttää useimmissa tapauksissa. [8, s. 36.] Kimmoteorian käyttö perustuu Teräsrakenneyhdistyksen Eurocode 3 -oppikirjan mukaisesti oletukseen siitä, että *materiaalin jännitysvenyäkäyttäytyminen on lineaarinen riippumatta jännitystasosta. Niin voidaan olettaa*

sekä ensimmäisen että toisen kertaluvun teorioiden mukaisissa tapauksissa, vaikka poikkileikkauksen kestävyys lasketaan plastisuusteorian mukaisesti. [8, 36.] Sisäisten voimien ja momenttien määrittämiseen voidaan hyödyntää standardin EN 1993-1-1 mukaisesti joko *ensimmäisen kertaluvun teoriaa, joka käyttää rakenteen alkuperäistä geometriaa, tai toisen kertaluvun teoriaa ottamalla huomioon rakenteen muodonmuutosten vaikutukset.* [11, s. 30.]

Rakenteiden analyysissä standardi EN 1993-1-1 huomioi myös kuormittamattomien rakenteiden epätarkkuudet, joita ovat alkujännitykset ja erilaiset poikkeamat geometriassa. Ekvivalentteja geometrisia epätarkkuuksia käytetään laskelmissa standardin EN 1993-1-1 mukaisesti ottaen huomioon rakenteen ja jäykistysjärjestelmien globaalit sekä sauvojen paikalliset epätarkkuudet. [11, s. 33.]

Rakenneanalyysissä laskettujen sisäisten voimasuureiden perusteella tarkistetaan alustavasti mitoitettujen rakenneosien ja liitosten kestävyys seuraavien kappaleiden mukaisesti.

4.8 Rakenneosien mitoitus

Rakenteen osat tulee mitoittaa murtorajatilassa ottaen huomioon niissä esiintyvät rasitukset. Rakenne koostuu sauvoista, joita ovat kaikki palkit ja pilarit, jotka toimivat kehärakenteen osina. Palkkien mitoitus tapahtuu murtorajatilassa siihen vaikuttavien taivutusmomenttien, leikkausvoimien ja mahdollisesti vääntömomenttien suhteen. Pilarien mitoitus murtorajatilassa mitoitetaan normaalivoiman, taivutusmomenttien ja leikkausvoimien suhteen. [8, s. 47.] Palkkien ja pilarien poikkileikkauksia tarkasteltaessa niihin vaikuttavien rasitusten mitoitusarvot eivät saa ylittää vastaavaa poikkileikkausluokasta riippuvaa kestävyden mitoitusarvoa. Poikkileikkausluokka määräytyy puristettujen osien leveyden ja paksuuden välisellä suhteella. Poikkileikkausluokitus on esitelty standardin EN 1993-1-1 kappaleessa 5.5, ja sen tarkoituksena on tunnistaa, missä laajuudessa lommahdus rajoittaa poikkileikkauksen kestävyttä ja kiertymiskykyä. [11, s. 42.] Poikkileikkauksia tarkasteltaessa on kuitenkin huomioitava se, ettei sen kestävyys aina ole sama kuin sauvan kestävyys, joka lasketaan huomioiden muutkin ominaisuudet kuin poikkileikkauksen ominaisuudet. [8, s. 47.]

Poikkileikkauksessa tarkasteltavia jännityksiä ovat monesti normaalijännitys sauvan akselin suunnassa $\sigma_{x,Ed}$, poikittainen normaalijännitys sauvan akselia vasten $\sigma_{z,Ed}$ ja

leikkausjännitys τ_{ED} . Seuraavaa kaavaa voidaan käyttää silloin, jos myötäämistä pidetään mitoitusrajana kestävyydelle:

$$\sqrt{\sigma_{x,Ed}^2 + \sigma_{z,Ed}^2 - \sigma_{x,Ed}\sigma_{z,Ed} + 3\tau_{Ed}^2} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \quad (4)$$

eikä muu standardin EN 1993-1-1 kohtien 6.2.8 - 6.2.10 yhteisvaikutuskaava ole soveltuva. Kaavassa on f_y käytettävän materiaalin myötöraja ja γ_{M0} on poikkileikkauksen osavarmuusluku. [8, s. 47.]

Yksittäisten rasitusten vaikuttaessa voidaan kestävyuden mitoitukseen kuitenkin käyttää yksinkertaistettumpaa mitoitusta, jolloin tätä voidaan tarkastella kestävyyttä vastaavan jännityksen ja poikkileikkaussuureen tulona riippuen siitä, onko kyseessä normaaliavoiman tai taivutusmomentin vaikutus:

$$\sigma_{Rd}A_d = N_{Rd} \quad (5)$$

tai

$$\sigma_{Rd}W_d = M_{Rd} \quad (6)$$

Poikkileikkaussuureet A_d ja W_d määritetään tapauskohtaisesti riippuen:

- vaikuttako vetovoima brutto- tai nettopoikkileikkaukseen, jolloin mitoitusarvo lasketaan standardin EN 1993-1-1 kohtaan 6.2.3 mukaan
- vaikuttaako puristusvoima poikkileikkausluokissa 1,2,3 tai 4, jolloin laskenta tapahtuu standardin EN 1993-1-1 kohdan 6.2.4 mukaan
- vaikuttako taivutusmomentti poikkileikkausluokissa 1 ja 2, 3 vai 4, jolloin laskenta tapahtuu standardin EN 1993-1-1 kohdan 6.2.5 mukaan.

Leikkausvoiman vaikuttaessa poikkileikkaussuure määritetään poikkileikkauksen leikkautumisalasta A_v . Laskenta tapahtuu tällöin standardin EN 1993-1-1 kohdan 6.2.6 mukaan, jolloin on otettava huomioon tapahtuuko mitoitus plastisuusteorian vai kimmoiteorian mukaan. Plastinen leikkauskestävyys V_{Rd} lasketaan, kun vääntöä ei ole, kaavalla:

$$V_{Rd} = \frac{A_v(f_y/\sqrt{3})}{\gamma_{M0}} \quad (7)$$

Kun vääntömomentti otetaan huomioon, plastinen leikkauskestävyys lasketaan ottamalla huomioon kestävyys pienentyminen väännön vaikutuksesta standardin kohdan 6.2.7 mukaan riippuen siitä, mikä poikkileikkaus on kyseessä. [8, s. 48 - 50.]

Rakenneosien mitoituksessa tulee myös tarkastaa sauvojen nurjahdus- ja kiepahduskestävyydet. Nurjahduskestävyyden ehtona on, että puristetun sauvan nurjahduskestävyyden mitoitusarvo $N_{b,Rd}$ ei saa ylittää puristusvoiman mitoitusarvoa N_{Ed} . Nurjahduskestävyyden mitoitusarvo riippuu poikkileikkausluokasta seuraavasti:

poikkileikkausluokille 1,2,3

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} \quad (8)$$

ja poikkileikkausluokalle 4

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A_{eff} f_y}{\gamma_{M1}} \quad (9)$$

jossa χ on nurjahduskestävyyden pienennystekijä ja se lasketaan alla olevalla kaavalla

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} \leq 1 \quad (10)$$

missä Φ ja $\bar{\lambda}$ lasketaan seuraavasti

$$\Phi = 0,5[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] \quad (11)$$

poikkileikkausluokille 1,2 ja 3

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{cr}}} \quad (12)$$

poikkileikkausluokalle 4

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr}}} \quad (13)$$

jossa α on epätarkkuustekijä, jonka arvo valitaan standardin taulukoiden 6.1 ja 6.2 mukaan, riippuen poikkileikkauksesta ja nurjahduskäyrästä. N_{cr} on kyseeseen tulevan nurjahdusmuodon kimmoteorian mukaan laskettu kriittinen voima. Nurjahdusmuoto on joko taivutusnurjahdus tai vääntö- ja taivutusvääntönurjahdus. Niistä kyseeseen tulee se, kumman nurjahdusvoima on pienin. Taivutusnurjahduksessa edelliset muunnetun hoikkeuden $\bar{\lambda}$ kaavat voidaan johtaa seuraaviin muotoihin:

poikkileikkausluokille 1,2 ja 3

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{cr}}} = \frac{L_{cr}}{i} \frac{1}{\lambda_1} \quad (14)$$

poikkileikkausluokalle 4

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr}}} = \frac{L_{cr}}{i} \sqrt{\frac{A_{eff}}{A}} \frac{1}{\lambda_1} \quad (15)$$

joissa

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 93,9 \sqrt{\frac{235}{f_y}} \quad (16)$$

L_{cr} tarkasteltavan tason nurjahduspituus ja i on hitaussäde tietyn akselin suhteen. Vääntö- ja taivutusvääntönurjahduksen tarkastelu tehdään standardin kohdan 6.3.1.4 mukaan. [11, s. 61 - 64.]

Seuraavaksi on tarkastettava taivutettujen sauvojen kiepahduskestävyys, joka tapahtuu standardin kohdan 6.3.2 osoittamalla tavalla. Ensimmäisenä kannattaa tarkistaa, voiko kiepahdustarkasteluun käyttää yksinkertaistettua menetelmää sivusuunnassa tuetulle sauvalle, jos sen puristetun laipan pistemäisten sivuttaistukien väli L_c tai sen ekvivalentin puristetun laipan hoikkuus $\bar{\lambda}_f$ täyttävät seuraavan ehdon:

$$\bar{\lambda}_f = \frac{k_c L_c}{i_{f,z} \lambda_1} \leq \bar{\lambda}_{c0} \frac{M_{c,Rd}}{M_{y,Ed}} \quad (17)$$

jossa $M_{y,Ed}$ on suurin tukien välissä vaikuttava taivutusmomentin mitoitettu arvo, k_c on korjaustekijä, joka huomioi tukipisteiden väliin jäävän momenttijakauman muodon standardin EN 1993-1-1 taulukossa 6.6 ja

$$M_{c,Rd} = W_y \frac{f_y}{\gamma_{M1}} \quad (18)$$

$$i_{f,z} = \sqrt{\frac{I_f}{A_f + \frac{A_{wc}}{3}}} \quad (19)$$

$$\bar{\lambda}_{c0} = \bar{\lambda}_{LT,0} + 0,1 \quad (20)$$

jossa W_y on taivutusvastus, $i_{f,z}$ on jäyhyysäde z-akselin suhteen puristetulla alueella, A_f ja A_{wc} ovat laipan ja uuman pinta-alat sekä $\bar{\lambda}_{c0}$ on muunnetun hoikkuuden raja-arvo, jossa $\bar{\lambda}_{,0}$ on valmistustavasta riippuen 0,4 tai 0,2. Jos aiemmin esitetty ehto puristetun laipan muunnetun hoikkuuden raja-arvosta täyttyy, ei kiepahdustarkastusta tarvitse tehdä. Muussa tapauksessa kiepahdus tarkastellaan standardin EN 1993-1-1 kohtien 6.3.2, 6.3.3, 6.3.4 tai 6.3.5 mukaan. [8, s. 57.]

4.9 Liitokset

Teräsrakenteet ja kokoonpanot kootaan sauvoista liittämällä niitä toisiinsa liitoksilla. Liitosten mitoituksessa tarkastellaan pääasiassa niiden kestävyyttä, mutta tärkeää on myös tuntee, kuinka ne käyttäytyvät kuormituksen alaisena, jolloin huomioitavana on myös niiden jäykkyys ja muodonmuutoskyky. Liitosten käyttäytymisellä on merkittävä vaikutus rakenteen toimintaan.

Liitostyyppin valitsee suunnittelija sen perusteella, millaisia staattisia kuormituksia rakenteeseen kohdistuu ja onko kyseeseen tulevat liitokset tarkoitus valmistaa konepajassa vai työmaalla. Yleensä liitostyypeistä hitsausliitokset valmistetaan konepajalla ja työmaalla käytetään ruuviliitoksia. Valitun liitostyyppin kestävyys tarkastetaan valinnan jälkeen siihen vaikuttavien kuormitusten perusteella. [8, s. 83]

Mitoitettujen liitosten kestävyysvaatimusten tulee täyttää kaikki standardissa EN 1993-1-8 esitetyt vaatimukset sekä EN 1993-1-1:n mukaiset perusvaatimukset. Seuraavissa

kappaleissa esitellään hitsausliitosten ja ruuviliitosten standardin EN 1993-1-8 mukaisia mitoitusta.

4.9.1 Ruuviliitokset

Ruuviliitoksiin käytetään standardin EN 1993-1-8 viitestandardiryhmän 4 mukaisia ruuveja ja muttereita, joiden lujuusluokiksi suositellaan EN 1993-1-8:n kansalliseen liitteen mukaan 8.8 ja 10.9. [12] Pienimmäksi käytettäväksi ruuvin kooksi EN 1090-2 määrittää 12 mm. Laskelmissa käytettävät nimelliset vetomurtolujuuden f_{ub} ja myötörajan f_{yb} arvot on esitetty taulukossa 9.

Taulukko 9 Käytettävien ruuvien vetomurtolujuuden f_{yb} ja myötörajan f_{ub} arvot.

Ruuvin lujuusluokka	8.8	10.9
$f_{yb} (N/mm^2)$	640	900
$f_{ub} (N/mm^2)$	800	1000

Ruuvien reikien sijoituksessa tulee estää leikkautuminen sijoittamalla reiät oikein. Ruuviliitosten reikien suunnittelu tulee tehdä liitteen 7 taulukon 1 mukaisesti, jossa on esitetty ruuvien pienimmät ja suurimmat keskiövälit sekä reuna- ja päätyetäisyydet. Leikkautuminen tapahtuu pitkin reikien keskilinjoja, jolloin ruuviryhmän leikkauskestävyys $V_{eff,1,Rd}$ mitoitetaan seuraavasti, kun vaikuttava kuorma on keskeinen. [8, s. 90]

$$V_{eff,1,Rd} = \frac{f_u A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \left(\sqrt{\frac{1}{3}} \right) f_y \frac{A_{nv}}{\gamma_{M0}} \quad (21)$$

jossa $\gamma_{M2} = 1,25$ on poikkileikkauksen osavarmuusluku vetomurtumisen suhteen ja γ_{M0} on poikkileikkauksen kestävyuden osavarmuusluku. A_{nt} on veto- ja A_{nv} on leikkausrasiituksen nettopinta-alat perusaineessa. Jos ruuviryhmään vaikuttava kuorma ei ole keskeinen, käytetään alla olevaa kaavaa. [12, s. 34]

$$V_{eff,2,Rd} = 0,5 \frac{f_u A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \left(\sqrt{\frac{1}{3}} \right) f_y \frac{A_{nv}}{\gamma_{M0}} \quad (22)$$

Ruuvit, joihin kohdistuu leikkaus, vetovoima tai molemmat, mitoitetaan standardin mukaisella tavalla, jos ne ovat viitestandardin mukaisia ruuveja. Leikkauskestävyys $F_{v,Rd}$

mitoitetaan yhtä leikkautumistasoa kohden niin, että leikkautuminen ei tapahdu ruuvin kierteellisellä osuudella, jolloin leikkauskestävyys mitoitetaan

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} \quad (23)$$

jossa $\alpha_v = 0,6$ ja A on ruuvin bruttopoikkileikkauksen pinta-ala. Jos kierteet ovat leikkaustasossa, käytetään samaa kaavaa, mutta lujuusluokassa 8.8 $\alpha_v = 0,6$ ja luokassa 10.9 $\alpha_v = 0,5$. Kaavassa $\gamma_{M2} = 1,25$ on ruuvien kestävyden osavarmuusluku.

Reunapuristuskestävyys $F_{b,Rd}$ lasketaan voiman vaikuttaessa kohtisuorassa ruuvin varteen ja reikään nähden kaavalla

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} \quad (24)$$

jossa t on liitettävän osan paksuus ja f_u on sen murtolujuus. Ruuvin halkaisija on d . Arvo α_b valitaan pienimmän mukaan seuraavista kolmesta

$$\alpha_d ; \frac{f_{ub}}{f_u} \text{ tai } 1,0 \quad (25)$$

jossa α_d lasketaan siirrettävän voiman suunnassa riippuen siitä onko kyseessä levyn pään ruuvit $\alpha_d = e_1/3d_0$ vai muut kuin pään ruuvit $\alpha_d = p_1/3d_0 - 1/4$. Reunapuristus kohtisuorassa siirrettävään voimaan nähden k_1 :n arvo reunarivin ruuveille on pienin arvoista $2,8 e_2/d_0$ tai $2,5$ ja muille kuin pään ruuveille k_1 on pienin $1,4 p_2/d_0 - 1,7$ tai $2,5$. Kaavoissa e ja p ovat etäisyyksiä.

Ruuvin vetokestävyys $F_{t,Rd}$ tarkastetaan

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} \quad (26)$$

missä $k_2 = 0,9$, ellei kyseessä ole uppokantaruuvit, jolloin arvo $k_2 = 0,63$. Jos ruuvin ja mutterin lävistyskestävyys $B_{p,Rd}$ alittaa ruuvin vetokestävyden, sitä käytetään vetokestävyden mitoitusarvona

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} \quad (27)$$

jossa t_p on aineen paksuus ruuvin mutterin tai ruuvin kannan alla ja d_m on ruuvin kannan tai mutterin kaukaisimpien pisteiden ja avain välin keskiarvo. [12, s. 25-29]

Leikkauksen ja vedon kuormittamien ruuvien tulee täyttää seuraava ehto

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4F_{t,Rd}} \leq 1,0 \quad (28)$$

Kiinnitinryhmien kestävyys tarkistetaan kertomalla ruuvien lukumäärä yksittäisen ruuvin reunapuristuskestävyyden $F_{b,Rd}$ tai leikkauskestävyyden $F_{v,Rd}$ arvolla riippuen siitä kumpi on pienempi. [8, s. 96]

4.9.2 Hitsausliitokset

Standardin EN 1993-1-8 hitsausliitosten sääntöjä sovelletaan sen viitestandardien mukaisille hitsattaville teräksille, joiden ainevahvuus on vähintään 4 mm, ja hitsauslisäaineille. Standardin hitsausliitosten mitoitus koskee pienahitsejä, päittäishitsejä, kolopienahitsejä, tulppahitsejä ja pyörötankojen kylkihitsien mitoitusta. Tässä yhteydessä tarkastellaan pienahitsejä ja päittäishitsejä. Pienahitsejä käytetään liitettäessä kappaleita, joiden liitospintojen välinen kulma on 60° - 120° ja päittäishitsiä käytetään päittäin linjattujen kappaleiden hitsaukseen, jolloin ne hitsataan yhteen koko aineen paksuudeltaan. Päittäishitsit voivat olla myös osittain läpihitsattuja, jolloin hitsautumissyvyys on pienempi kuin aineen paksuus. [12, s. 41]

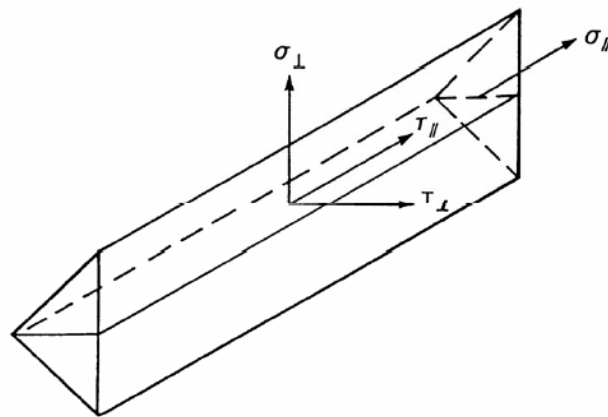
Hitsien kestävyuden lisäksi riittävällä muodonmuutoskyvyllä ja lujuudella varmistetaan, että hitsi ei murru ennen viereisten perusaineiden yleistä myötäämistä. Hitsien kestävyysmitoituksessa ei tarvitse ottaa huomioon hitsauksesta aiheutuneita jäännösjännityksiä tai muita aiheutuneita jännityksiä, joilla ei ole vaikutusta kuorman siirtämiseen etenkin tarkasteltaessa hitsin pituussuuntaisia normaalijännityksiä. [8, s. 105]

Pienahitsin kestävyuden mitoituksessa voidaan käyttää komponenttimenetelmää tai yksinkertaistettua menetelmää, joka katsotaan riittäväksi, jos hitsin yksikköpituutta kohti

kohdistuvien kaikkien voimien mitoitusarvo $F_{w,Ed}$ on korkeintaan yhtä suuri kuin hitsin yksikköpituuden kestävyden mitoitusarvo $F_{w,Rd}$.

$$F_{w,Ed} \leq F_{w,Rd} \quad (29)$$

Jos ehto ei täyty, käytetään komponenttimenetelmää. Siinä yksikköpituutta kohden vaikuttavat voimat jaetaan hitsin pituuden sekä laskentapinnan suuntaisiin komponentteihin, jotka ovat niiden suuntaisia ja niitä vastaan kohtisuoria. Komponenttien oletetaan jakautuvan tasan hitsin poikkipinnalla, josta seuraa, että komponentit ovat normaali ja leikkausjännityksiä kuvan 5 mukaisesti. [8, s. 106.]



Kuva 5 Pienahitsin laskentapoikkipinnan normaali- ja leikkausjännitykset [12].

Komponenttimenetelmän mukainen pienahitsin kestävyys katsotaan riittäväksi, jos kumpikin seuraavista ehdoista täyttyy:

$$[\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}} \text{ ja } \sigma_{\perp} \leq 0,9 \frac{f_u}{\gamma_{M2}} \quad (30)$$

kaavoissa f_u on heikomman osan vetomurtolujuuden nimellisarvo ja β_w on pienahitsin korrelaatiokerroin standardin taulukosta 4.1.

Yksinkertaistetussa menetelmässä hitsin pituusyksikön kestävyden mitoitusarvo $F_{w,Rd}$ saadaan seuraavalla kaavalla [12, s. 46 - 47]:

$$F_{w,Rd} = f_{vw,d} a = \frac{f_u a}{\beta_w \gamma_{M2} \sqrt{3}} \quad (31)$$

Läpihitsatuissa päittäishitseissä kestävyys oletetaan saman suuruiseksi kuin heikoimman liitettävän materiaalin kestävyuden mitoitusarvo, kun hitsauksessa käytetty lisäaine on vähimmäismyötö- ja vähimmäismurtolujuudeltaan vähintäänkin perusaineen vastaavien arvojen suuruisia. [12, s. 48.]

H- ja I-profiilien välisten rakenteellisten liitosten mitoitusmenetelmiä käsitellään standardin EN 1993-1-8 kappaleessa 6, jossa määritetään kehien liitosten rakenteellisia ominaisuuksia. Liitokset mallinnetaan standardin taulukon 6.1 peruskomponenttien yhdistelmänä ja niiden kestävyuden mitoituksen, jäykkyystekijöiden ja kiertymiskyvyn soveltamissäännöt on esitetty myös kyseisessä taulukossa.

Pyöreiden, neliön ja suorakaiteen muotoisten rakenneputkien liitoksia käsitellään standardin EN 1993-1-8 kappaleessa 7, jossa on esitetty taso- ja avaruusristikoiden liitosten kestävyysien mitoittamista. Rakenneputkien liitosten tyypit on esitetty standardin taulukossa 7.1.

4.10 Väsymismitoitus

Väsymisellä tarkoitetaan sellaista tilannetta, jossa rakenteeseen vaikuttavat rasitukset vaihtelevat riittävästi pitkällä aikavälillä niin, että se vaikuttaa rakenteen kantokykyyn. Väsyminen saa alkunsa aineen pinnan epäjatkuvuuskohdassa, jossa syntyvä alkusärö alkaa ydintymään ensimmäisen riittävän jännitysvaihteluvälin seurauksena. Särön kasvunopeus riippuu jännitysvaihteluvälin suuruudesta ja jännitysvaihteluiden tiheydestä, mikä määrää rakenteen kestoiän väsymistapauksissa. Väsymiskuormitusta voidaan kuvata ajasta riippuvalla jännitysvaihtelun $\Delta\sigma$ arvolla. [8, s. 152 - 153.]

Standardissa EN 1993-1-9 käsitellään rakenneosien, kiinnitysten ja liitosten väsymiskestävyttä, minkä mukaiset väsymislujuudet perustuvat täysmittakaavaisiin väsyyskokeisiin. Standardin mukaista väsymistarkastelua sovelletaan rakenteisiin, jotka on valmistettu standardin EN 1090-2 mukaisesti. Standardin EN 1993-1-9 mukainen väsymislujuus lasketaan käyttämällä väsymislujuuskäyriin (S-N -käyriin) perustuvaa menetelmää, eikä siinä käsitellä muita menetelmiä kuten loven venymään perustuvaa menetelmää ja murtumismekaniikkaa [13].

Väsymiskestävyuden luotettavuus arvioidaan käyttämällä vaurionsietoperiaatetta tai varman kestoiän periaatetta. Väsymistarkastelun varmuuskertoimet määräytyvät näi-

den periaatteiden ja vaurion seurausten perusteella liitteen 8 taulukon 1 mukaan. Luotettavuustarkastelut perustuvat standardisoitujen rakenneyksityiskohtien ja rakenneyksityiskohtien hitsien väsymislujuuskäyrien käyttöön. Yleensä käytetään varman kestämisen periaatetta, joka antaa hyväksyttävän luotettavuuden siihen nähden, että rakenne kestää sille suunnitellun käyttöiän tyydyttävästi ilman väsymisestä aiheutuneita vaurioita. [13, s. 10 - 11.]

Nimellisen jännityksen laskentamenetelmässä otetaan huomioon kaikki rasituksista aiheutuvat vaikutukset ja menetelmän tulee perustua sauvojen ja liitosten lineaariseen kimmooteoriaan. Jännitykset lasketaan käyttörajatilakuormilla ja nimellinen jännitys lasketaan todennäköisen väsymissärön ydintymiskohdassa ottaen huomioon epäjatkuvuuskohtien vaikutukset yhteen kertaan. Geometrinen jännitysten menetelmää käytetään laskettaessa jännitystä aineen pinnalla kriittisessä kohdassa. Tämä soveltuu vain tapauksille, joissa särö alkaa kasvaa hitsin rajaviivalta. [8, s. 154.]

Väsymistarkastelussa jännitykset ovat hitsien osalta normaalijännitykset σ_{wf} , jotka ovat kohtisuorassa hitsin akselin suhteen ja leikkausjännitykset τ_{wf} , jotka ovat hitsin akselin suuntaiset alla olevien kaavojen mukaisesti:

$$\sigma_{wf} = \sqrt{\sigma_{\perp f}^2 + \tau_{\perp f}^2} \quad (32)$$

$$\tau_{wf} = \tau_{\parallel f} \quad (33)$$

ja perusmateriaalien osalta ne ovat normaalijännitykset σ ja leikkausjännitykset τ . [13, s. 12.]

Väsymistä tarkastellaan käyttämällä standardin EN 1993-1-9 taulukoiden 8.1 – 8.10 ja B.1 mukaisille yksityiskohdille nimellisiä, muunnettuja nimellisiä tai geometria jännitysvaihteluvälejä. Kyseisistä taulukoista selviää kullekin yksityiskohdalle kyseeseen tuleva väsymisluokka [13]. Väsymistarkasteluissa ekvivalentti jännitysvaihteluväli vastaa jännitysvaihteluvälin mitoitusarvoa $\gamma_{Ff} \Delta\sigma_2$ jännityssyklien lukumäärän ollessa $N_C = 2 \times 10^6$. [8, s. 155.] Jännitysvaihteluvälit lasketaan standardin kappaleen 6 mukaisesti.

Rakenneyksityiskohtille ominaisten väsymisluokkien $\Delta\sigma_C$ väsymislujuudet on annettu liitteen 8 kuvan 1 mukaisina S-N -käyrinä. Väsymisluokan arvo vastaa sen väsymis-

lujuutta jännityssyklien ollessa $N = 2 \times 10^6$. Väsymisluokkia on 14 ja ne on jaettu välille 36.100 N/mm^2 . Liitteen 8 kuvan 1 mukaisen vakioamplitudisen normaalijännityksen nimellisen vaihteluvälin $\Delta\sigma_R$ perusteella voidaan laskea sille väsymislujuus jännitysvaihteluvälien lukumäärän N_R funktiona seuraavalla tavalla:

$$\Delta\sigma_R^m N_R = \Delta\sigma_C^m 2 \times 10^6 \quad (34)$$

jossa $m = 3$, kun jännityssyklien lukumäärä $N_R \leq 5 \times 10^6$ ja leikkausjännitykselle väsymislujuus on

$$\Delta\tau_R^m N_R = \Delta\tau_C^m 2 \times 10^6 \quad (35)$$

jossa $m = 5$, kun jännityssyklien lukumäärä $N_R \leq 5 \times 10^8$.

Väsymisrajat $\Delta\sigma_D$ ja $\Delta\sigma_L$ voidaan laskea jännitysvaihteluvälin $\Delta\sigma_R$ perusteella seuraavasti:

$$\Delta\sigma_D = \left(\frac{2}{5}\right)^{1/3} \Delta\sigma_C = 0,737\Delta\sigma_C \quad (36)$$

joka on väsymisraja vakioamplitudisille jännitysvaihteluväleille ja

$$\Delta\sigma_L = \left(\frac{5}{100}\right)^{1/5} \Delta\sigma_C = 0,549\Delta\sigma_D \quad (37)$$

on laajennetun S-N -käyrästä (liite 8, kuva 1) alempi väsymisraja, kun vaihtuvaliittimien jännityksen nimelliset jännitysvaihteluvälit vaihtelevat väsymisrajan $\Delta\sigma_D$ molemmin puolin. Leikkausjännityksen väsymisraja lasketaan vastaavalla tavalla käyttäen väsymislujuuden arvoa $\Delta\tau_C$:

$$\Delta\tau_L = \left(\frac{2}{100}\right)^{1/5} \Delta\tau_C = 0,457\Delta\tau_C \quad (38)$$

Väsymistarkasteluiden päätteeksi tarkastetaan, etteivät tavallisista muuttuvista kuormista aiheutuvat jännitysvaihteluvälit ylitä seuraavia ehtoja:

$$\Delta\sigma \leq 1,5f_y \quad (39)$$

$$\Delta\tau \leq 1,5 \frac{f_y}{\sqrt{3}} \quad (40)$$

Lisäksi on tarkistettava, etteivät jännitysvaihteluvälien mitoitusarvot ylitä väsymislujuu-
den arvoja:

$$\frac{\gamma_{Ff}\Delta\sigma_{E,2}}{\Delta\sigma_C/\gamma_{Mf}} \leq 1,0 \quad (41)$$

$$\frac{\gamma_{Ff}\Delta\tau_{E,2}}{\Delta\tau_C/\gamma_{Mf}} \leq 1,0 \quad (42)$$

ja yhdistettyjen jännitysvaihteluvälien ollessa kyseessä. [13, s. 14 - 16.]

$$\left(\frac{\gamma_{Ff}\Delta\sigma_{E,2}}{\Delta\sigma_C/\gamma_{Mf}}\right)^3 + \left(\frac{\gamma_{Ff}\Delta\tau_{E,2}}{\Delta\tau_C/\gamma_{Mf}}\right)^5 \leq 1,0 \quad (43)$$

4.11 Palomitoitus

Kantavien teräsrakenteiden tulee säilyttää kantavuutensa palotilanteessa riittävän ajan. Eurokoodien mukaisessa palomitoituksessa rakenteille aiheutuvat palokuormat määri-
tetään standardin EN 1991-1-2 ja itse mitoitus standardin EN 1993-1-2 mukaan. Palo-
mitoituksessa voidaan käyttää kyseisen standardin mukaan yksinkertaista tai kehitty-
nyttä laskentamallia rakenteille, jotka ovat suojaamattomia, palosuoja-aineella suojattu-
ja tai lämpösuojilla suojattuja. Palotilanteessa teräksen materiaaliominaisuudet piene-
nevät sekä lämpölaajenemisen seurauksena voi syntyä palautumattomia muodonmuu-
toksia. Yksinkertaiset laskentamallit soveltuvat käytettäväksi mitoitettaessa yksittäisiä
rakenneosia, missä mitoitusmenetelmät pohjautuvat varmalla puolella oleviin oletuksiin.
Tarkempia tarkasteluita voidaan suorittaa kehittyneillä laskentamalleilla, jos mitoituk-
sessa pyritään optimoituun ratkaisuun tai sellaisissa tapauksissa, joissa yksinkertaisia
laskentamalleja ei voi käyttää kuten tarkasteltaessa rakenteen osia tai kokonaisia ra-
kenteita. [8, s. 125.]

Standardipalolla tarkoitetaan palomitoituksessa rakenteiden paloluokittelua varten kehi-
tettyjä aika-lämpötilataulukkoja, joissa oikeasta palosta poiketen lämpötilan katsotaan
nousevan koko ajan. Yksinkertaisten laskentamallien mitoituksen rinnalla voidaan käyt-
tää myös taulukkomitoitusta, jossa rakenteelle valitaan palonsuojaus valmistajien stan-

dardipalotaulukoista vaaditun palonkestoajan, poikkileikkaustekijän ja mitoituslämpötilan mukaan. Laskennallisella palomitoituksella osoitetaan, että rakenneosia kestävä suojaamattomana vaaditun palonkestoajan tai että taulukkomitoituksen perusteella saatu palonsuojauspuksuutta voidaan alentaa. [8, s. 135.]

5 Kehityskohteiden määrittäminen ja toimenpiteet

Seuraavissa kappaleissa määritellään ne standardin EN 1090 osiot rakenteen jaotteen, rakenteellisen suunnittelun ja dokumentoinnin osalta, joiden osalta Industri Textil Jobilla vaaditaan tarkentavia toimenpiteitä, sekä esitetään niiden perusteella tehtyjä toimenpiteitä.

5.1 Rakenteen luokittelu

Industri Textil Jobin toimittamat suodattimet voidaan jakaa rakenteensa puolesta itse suodatinyksikköön ja sitä kantavaan jalustastaan. Standardin EN 1090-1 käytön kannalta erityisen tärkeää on tunnistaa, kuuluuko valmistettava suodattimen jalusta standardin piiriin ja voidaanko se CE-merkitä kyseisen standardin perusteella.

Suodattimen jalusta täyttää standardin EN 1090-1 määritelmän soveltamisalastaan, kun jalustan muodostavia teräskokoonpanoja käytetään rakenteellisina kokoonpanoina rakennuskohteessa. Vaikka jalustan kokoonpanot kuuluvatkin standardin soveltamisalaan, tarkastelu on tehtävä kuitenkin rakennustuoteasetuksen kautta rakennustuotteen ja rakennuskohteen määrittelyiden tarkasteluilla kuvan 6 mukaisesti. Rakennustuoteasetus [15] määrittää artiklan 2 kohdassa 1 rakennustuotteen seuraavasti:

Rakennustuotteella tarkoitetaan tuotetta tai tuotejärjestelmää, joka valmistetaan ja saatetaan markkinoille käytettäväksi pysyvinä osina rakennuskohteissa tai niiden osissa ja jonka suoritustaso vaikuttaa rakennuskohteen suoritustasoon rakennuskohteen perusvaatimusten osalta [15].

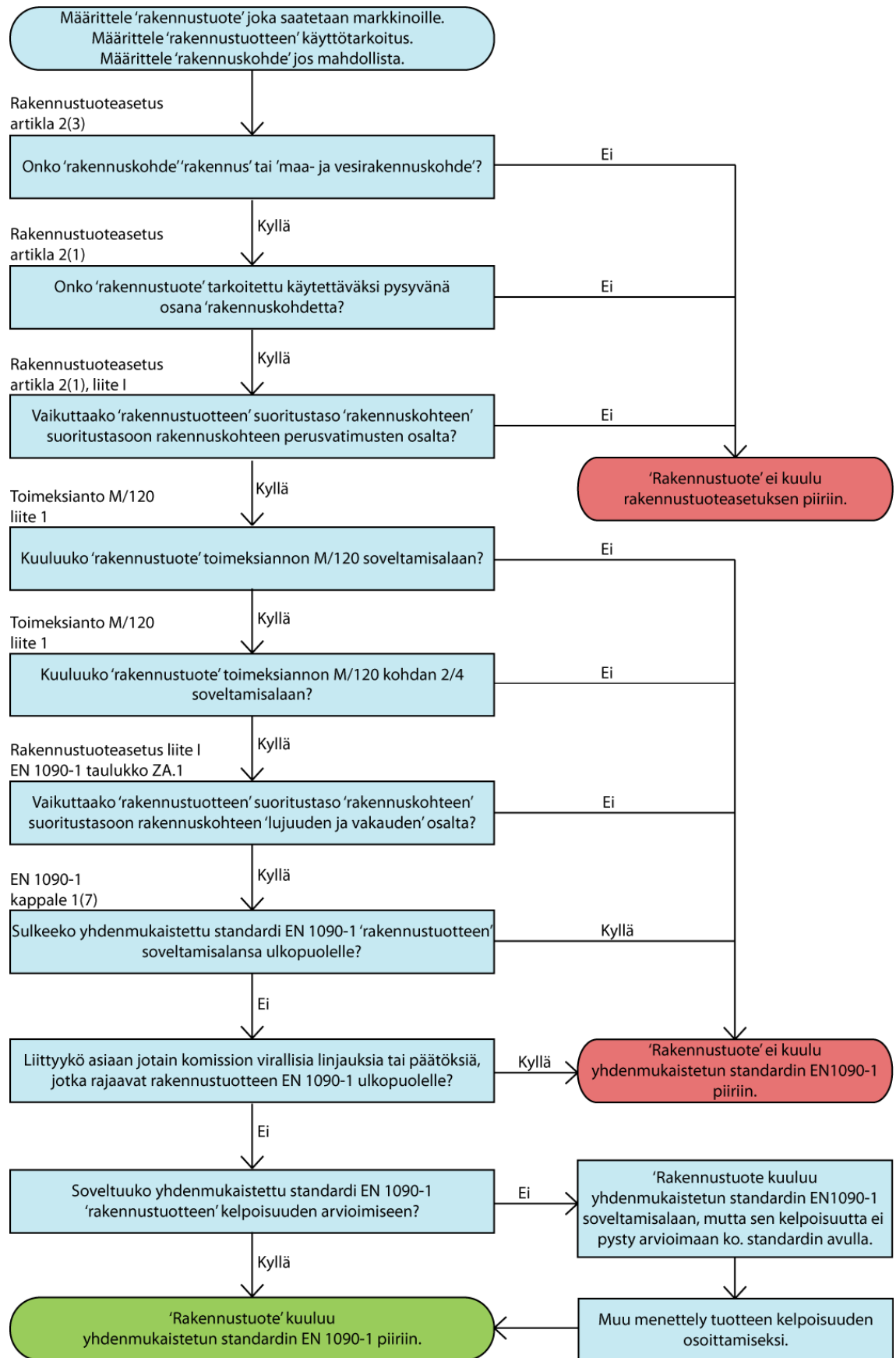
Tämän perusteella voidaan todeta, että suodattimen jalustan teräskokoonpanot täyttävät tämän määrän, jos rakennuskohde on rakennustuoteasetuksen artiklan 2 kohdan 3 mukainen rakennus tai maa- ja vesirakennuskohde. Suomessa Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes) toimii rakennustuotteiden markkinavalvontaviranomaisena, joka ohjeistaa tiedotteessaan [14, s. 3], että rakennuksen määrittelyssä voidaan käyttää maankäyttö- ja rakennuslain 113 §:n [16] määritelmää rakennukselle:

Rakennus on asumiseen, työntekoon, varastointiin tai muuhun käyttöön tarkoitettu kiinteä tai paikallaan pidettäväksi tarkoitettu rakennelma, rakenne tai laitos, joka ominaisuuksiensa vuoksi edellyttää viranomaisvalvontaa turvallisuuteen, terveellisyyteen, maisemaan, viihtyisyyteen, ympäristönäkökohtiin taikka muihin tämän lain tavoitteisiin liittyvistä syistä. Rakennuksena ei kuitenkaan pidetä kooltaan vähäistä ja kevytrakenteista rakennelmaa tai pienehköä laitosta, ellei sillä ole erityisiä maankäyttöllisiä tai ympäristöllisiä vaikutuksia [16].

Tämän lisäksi lain 125 §:ssä mainitaan, että rakennuksen rakentamiseen on oltava rakennuslupa ja 126 a §:ssä on määritelty vielä täydentävät toimenpiteet, jos rakennelmaa tai laitosta ei pidetä rakennuksena. Tällöin niiden pystyttämiseen vaaditaan toimenpidelupa. Toisin sanoen rakennustuoteasetuksen mukaiset rakennustuotteet on tarkoitettu käytettäväksi pysyvinä osina luvanvaraisissa rakennuskohteissa, joita ovat joko rakennukset, rakennelmat, laitokset tai maa- ja vesirakennuskohteet. Jos suodattimen jalustan osat ovat täyttäneet määritelmän rakennustuoteasetuksen mukaisesta rakennustuotteesta sekä rakennuskohde on myös asetuksen mukainen ja osien suoritustasot vaikuttavat kohteen suoritustasoon perusvaatimusten osalta, voidaan todeta jalustan osien kuuluvan rakennustuoteasetuksen piiriin.

Rakennustuotteen kuulumisen standardin EN 1090-1 soveltamisalaan tulee tarkastaa Euroopan komission laatiman mandaatin M/120 liitteen 1 (tämän työn liite 9) pohjalta vastaako kohdan 2/4 määritelmä valmistettavaa rakennustuotetta ja vaikuttaako se lujuuden ja vakauden osalta rakennuskohteen suoritustasoon. Suodatinyksikön jalustan kokoonpanot täyttävät nämäkin määreet.

Kuvan 6 luokitteluperusteilla voidaan määrittää rakennustuotteen kuulumisen standardin EN 1090-1 piiriin, soveltuuko kyseinen standardi rakennustuotteen vaatimusten mukaisuuden arviointiin ja sitä kautta rakennustuotteen CE-merkitseminen standardiin perustuen. Ainoana rajaavana luokitteluperusteena suodatinyksikön jalustan kokoonpanojen osalta voidaan pitää rakennuskohdetta, sillä muut luokitteluperusteet ovat selkeitä jalustan kuulumiselle standardin EN 1090-1 piiriin. Jos jalustan rakennuskohde ei ole rakennustuoteasetuksen mukainen rakennuskohde, rajautuu se silloin heti rakennustuoteasetuksen ulkopuolelle eikä sitä voi silloin CE-merkitä standardin EN 1090-1 tai minkään muun rakennustuoteasetukseen pohjautuvan yhdenmukaistetun tuotestandardin perusteella. Kuvan 6 mukainen luokittelu on tehtävä jokaisen projektin yhteydessä.



Kuva 6 Luokitteluperusteet standardin EN 1090-1 piiriin kuulumiselle [14].

5.2 Jalustan rakenteellinen suunnittelu

Suodatinyksikön ja jalustan suunnittelu voidaan aloittaa asiakkaalta saatujen lähtötietojen ja sijoituspaikan tasokuvien pohjalta. Jalustan päämitat saadaan sijoituspaikan ja suodatinyksikön koon perusteella, joista tarjousvaiheessa muodostetaan tarjouskuva suodatinkokonaisuudesta, jonka pohjalta asiakas näkee toimitettavan kokonaisuuden mittasuhteet sijoituspaikkaan nähden. Suunnittelun aloituspalaverissa käynnistetään lopullinen layout suunnittelu, jossa suodatinkokonaisuuden lopulliset mittasuhteet ja päämitat määritetään. Hyväksytyyn layout-piirustuksen perusteella voidaan aloittaa rakenneosien suunnittelu. Jalustan rakenneosien kannalta olennaisimpia tietoja ovat koko suodattimeen vaikuttavat kuormat. Jalustaan vaikuttavat pysyvät kuormat pystytään laskemaan suodatinyksikön oman painon perusteella. Muuttuvien kuormien osalta pöly-, tuuli- ja lumikuormat ovat vaikuttavia tekijöitä, joista pölykuorma voidaan laskea lähtötiedoissa asiakkaalta saadun pölyn ominaispainon ja suodattimen pohjalle kerääntyvän arvioidun enimmäistilavuuden osalta. Tuuli- ja lumikuormia ei lähtötiedoissa vaadita, joten ne on määritetty myöhemmin yhdessä asiakkaan kanssa.

Jalustan varsinainen rakennemalli tehdään layout-kuvien perusteella, joista rakenneosille saadaan päämitat, ja alustavalla mitoituksella niille pystytään valitsemaan käytettävän teräsprofiilin koko. Jalustan alustava mitoitus tehdään Industri Textil Jobilla käyttäen Excel-laskentapohjaa, joka perustuu EN 1993-1-1:n mukaisiin rakenteellisiin laskelmiin. Laskentapohjassa määritetään jalustan rakenne kokonaispituuden, -leveyden ja -korkeuden perusteella sekä määritetään jalkapilarien yläpäät yhdistävien palkkien ja jalkojen keskivaiheilla sijaitsevien tukipalkkien sijaintikorkeudet. Näiden tietojen lisäksi määritetään jalustan jalkojen lukumäärä pituus- ja leveyssuunnassa. Materiaalin valinnan sekä jalustaan vaikuttavien kuormien eli suodattimen oman painon, mahdollisen pölykuorman sekä tuuli- ja lumikuormien ilmoittamisen jälkeen laskentapohjalla saadaan määritettyä jaloissa ja tukipalkeissa käytettävien teräsprofiilien alustavat koot. Varsinaista lujuuslaskentaa ei yrityksessä suoriteta, sillä se on ulkoistettu alihankkijalle, joka tarkastaa rakenteen mekaanisen kestävyuden ja vakauden mallintamalla rakenteen valitun rakennemallin ja valittujen teräsprofiilien perusteella elementtimenetelmäohjelmalla (FEM) sekä analysoimalla siinä saadut tulokset. Jos analyysissä saatujen tulosten perusteella rakennetta tai rakenneosia on tarvetta muuttaa, se tehdään ja rakenteelle suoritetaan uusi analyysikerros. Kun analyysillä on todettu rakenteen mekaaninen kestävyys ja vakaus, voidaan rakenneosista tämän jälkeen muodostaa valmistuskuvat valmistusta varten.

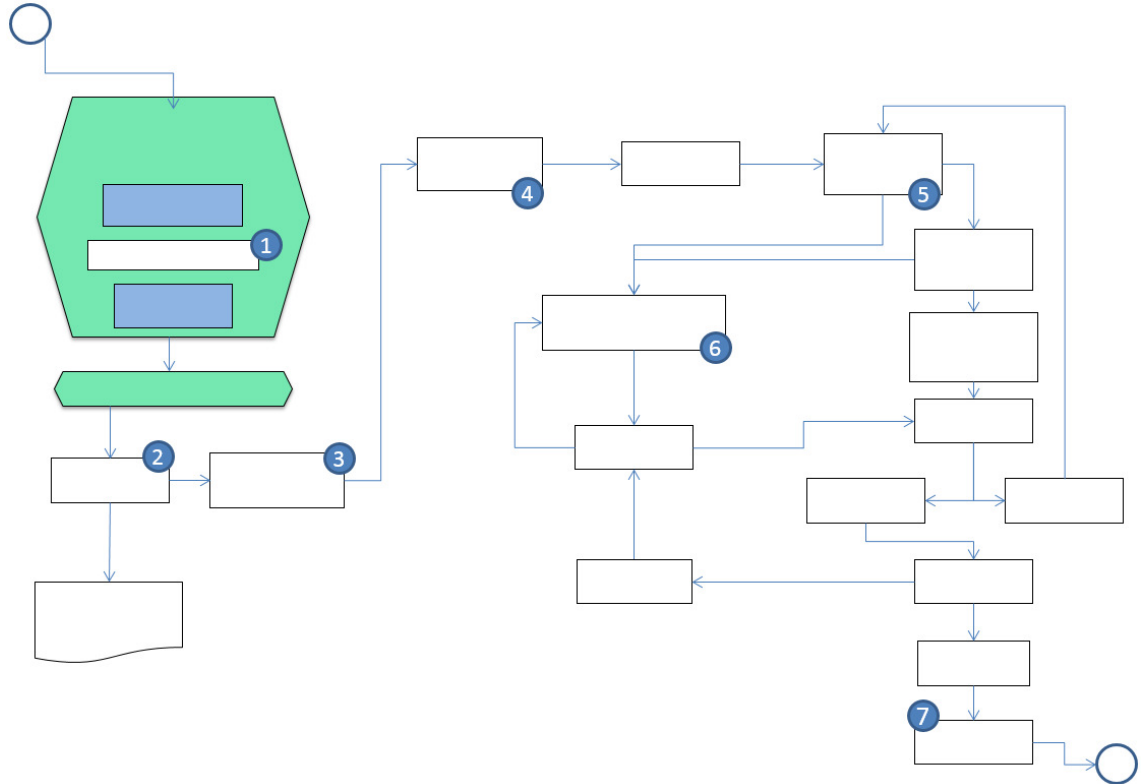
Jotta suodattimen jalustan rakenteellinen suunnittelu täyttäisi standardin EN 1090-1 vaatimukset, siinä tulisi huomioida standardin EN 1090-2 vaatimukset rakennemateriaalien ja liitoksissa käytettävien tuotteiden osalta. Jotta rakenteellinen suunnittelu voidaan arvioida EN 1993-1-1:n mukaisilla rakenteellisilla laskelmilla, tulisi etenkin kuormien olla soveltuvien EN 1991-1:n osien mukaan laskettuja, koska jos kuormat eivät ole eurokoodien mukaisesti laskettuja, ei alihankintana suoritettava FEM-analyysi ole myöskään sen mukainen. FEM-analyysiä varten Industri Textil Jobilla lasketut kuormitukset ilmoitetaan jalustan rakennemallin kuvauksen yhteydessä lujuuslaskijalle, minkä perusteella analyysi suoritetaan. Tässä ei kuitenkaan huomioida suodattimen sijaintipaikkaa eikä ympäröivää maastoa, jotka ovat olennaisia tekijöitä tuulikuorman määrityksessä. Tuuli- ja lumikuormien määrittämiseen tulisi käyttää kohdemaan eurokoodien kansallisten liitteiden ominaislumikuormia ja tuulen nopeuden perusarvoja huomioiden ympäröivä maasto ja sijaintipaikka. Liitosten suunnittelussa on huomioitava standardin EN 1993-1-8 vaatimukset, jonka mukaan ruuviliitoksissa käytettävien ruuvien lujuusluokiksi suositellaan kansallisen liitteen perusteella 8.8 tai 10.9 ja ruvin pienimmäksi kooksi 12 mm EN 1090-2:n mukaisesti. Standardi EN 1993-1-8 on eurokoodeista ainoa, jota on kuitenkin syytä käyttää rakenteellisessa suunnittelussa, jos itse jalustarakenteen lujuuslaskentaa ei Industri Textil Jobilla suoriteta. Liitosten lopullinen mitoitus voidaan tehdä vasta, kun rakenneanalyysi on alihankitulla lujuuslaskijalla suoritettu. Analyysistä Industri Textil Job tarvitsee tiedon liitoksissa vaikuttavista voimista, jotta liitosten mitoitus voidaan tehdä.

Toimenpiteenä tulevaisuudessa alihankintana suoritettavat lujuuslaskelmat ja FEM-analyysi tulisi tilata tehtäväksi niin, että myös kuormat lasketaan eurokoodien mukaisesti alihankitun lujuuslaskijan toimesta sekä laskelmista ja analyysistä on vaadittava virallinen raportti, jonka alihankkija on itse tarkastanut ja hyväksynyt. Tällöin varmistetaan siitä, että laskelmat ovat varmennettuja, oikein laskettuja ja rakenteelliset laskelmat täyttävät EN 1090:n mukaisen vaatimuksen eurokoodien mukaisesta lujuuslaskennasta. Jatkossa laskentaa varten alihankitulle lujuuslaskijalle tulisi toimittaa jalustan rakennemallin kuvaavat piirustukset, tieto jalustaan vaikuttavista pysyvistä kuormista, rakenteen luokituksessa käytetystä seuraamusluokasta CC, luotettavuusluokasta RC, eurokoodien kansallisten liitteiden tuulen nopeuden perusarvosta ja ominaislumikuormasta sekä sijaintipaikasta, jotta laskennassa tarvittava maastoluokka voidaan määrittää. Alihankitun lujuuslaskijan toimittamasta virallisesta loppuraportista tulisi tarkastaa saadut tulokset ja esitetyt suositukset, joilla rakennemallia voidaan vielä parantaa. Raportissa tulisi huomioida käytetyt kuormitustapaukset, rajatilaehtojes täyttyminen, liitok-

sisä vaikuttavat voimat ja analyysin tulosten tarkastus käsinlaskentamenetelmillä. Eurokoodien käyttöönotto yrityksessä olisi järkevää, sillä eurokoodi järjestelmä on Euroopassa yleisesti käytössä oleva mitoitusjärjestelmä. Mitä tutumpia mitoitusjärjestelmä ja sen mukainen mitoitus ovat, sitä helpompaa alihankintana suoritettujen lujuuslaskelmien tarkastaminen on ja sitä kautta myös mahdollisesti tulevaisuudessa Industri Textil Jobilla suoritettavan eurokoodipohjaisen lujuuslaskennan aloittaminen olisi. Eurokoodi järjestelmällä voidaan mitoittaa niin suodattimen jalusta kuin suodattimen kuorirakenekin.

5.3 Suunnitteluprosessi

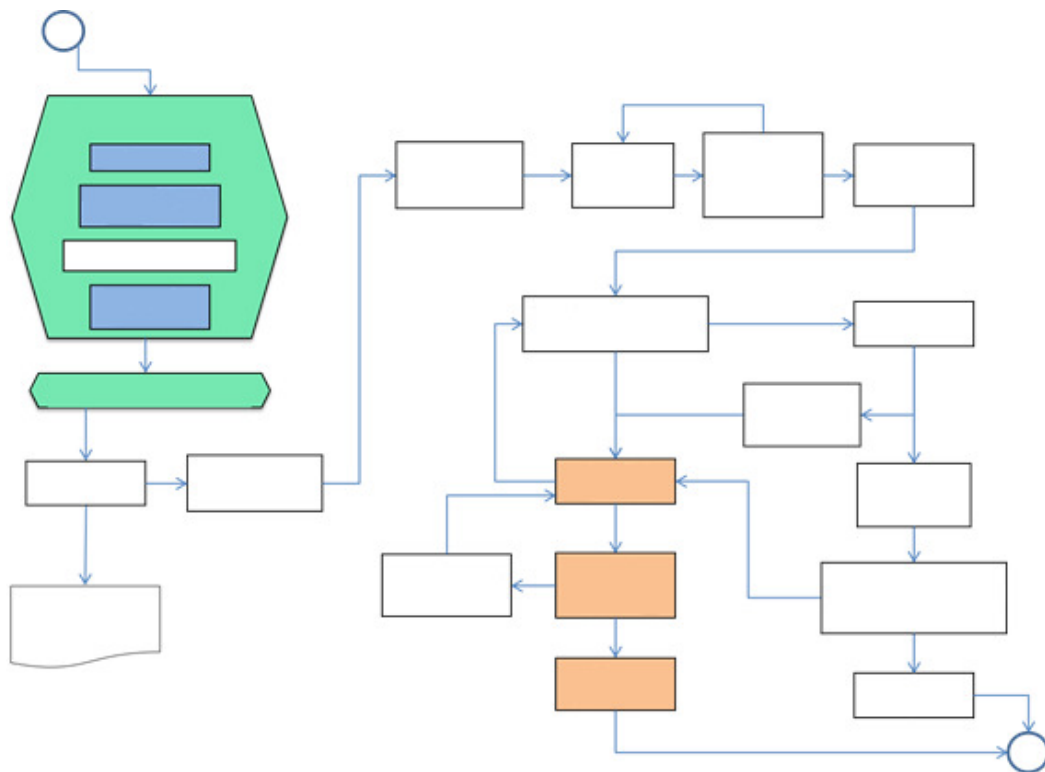
Industri Textil Jobilla on käytössään EN ISO 9001 mukainen laatujärjestelmä, jossa suunnitteluprosessi on kuvattu kuvan 7 mukaisella tavalla. Standardin EN ISO 9001 laatujärjestelmän katsotaan täyttävän standardin EN 1090-1 mukaisen FPC-laadunvalvontajärjestelmän määreet, jos siinä on otettu huomioon standardin EN 1090-1 edellyttämät vaatimukset. Standardi edellyttää suunnitteluprosessilta, että siinä varmistetaan, että suunnittelu vastaa suunnitteluselostetta, laskelmat ovat tarkastettuja ja suunnittelusta vastaava henkilö on nimetty.



Kuva 7 Industri Textil Jobin laatujärjestelmän suunnitteluprosessi. Numeroidut kohdat on kuvattu tarkemmin tämän työn liitteessä 10. (Vain työn tilaajan käyttöön.)

Industri Textil Jobin suunnitteluprosessi vastaa standardin EN 1090-1 mukaista suunnitteluprosessia sen osalta, että suunnittelusta vastaava henkilö nimetään tai suunnittelun ulkoistamisesta tehdään päätös suunnittelun aloituspalaverissa. Toimenpiteinä suunnitteluselosteen laadintaan ja piirustusten tarkastamiseen tarvitaan vielä tarkennusta, vaikka prosessiin on jo kuvattu piirustusten hyväksyminen ja menettely, jos kuvista on havaittu virhe valmistusvaiheessa. Prosessiin tulisi tarkentaa piirustusten tarkastusmenettelyitä, jotta virheen mahdollisuutta piirustuksissa vielä valmistusvaiheessa voitaisiin pienentää. Koska Industri Textil Jobilla ei suoriteta lujuuslaskentaa, suunnitteluprosessiin ei tarvitse sisällyttää laskelmien tarkastusta, sillä vastuu lujuuslaskelmien ja -analyysien tarkastamisesta on alihankkijalla. Sen sijaan Industri Textil Jobin tulisi varmistua suunnitteluprosessissaan siitä, että alihankintatyönä suoritettavat lujuusanalyysit ja -laskelmat ovat asianmukaisten suunnittelustandardien mukaisia.

Keväällä 2016 Industri Textil Jobin laatujärjestelmän määräaikaistarkastusta varten suunnitteluprosessia päivitettiin ja tarkennettiin niin, että siinä huomioidaan EN 1090:n tuomat lisävaatimukset. Kuvassa 8 on esitelty uusi suunnitteluprosessin kaavio ja suunnitteluprosessin tarkat kuvaukset on esitetty tämän työn liitteen 10 taulukossa 2.



Kuva 8 Industri Textil Jobin laatujärjestelmään laadittu uusi suunnitteluprosessi. (Vain työn tilaajan käyttöön)

EN 1090 ei määrittele rakenteellista suunnittelua muuten kuin, että se arvioidaan rakenteellisilla laskelmilla. Standardi edellyttää myös, että laatujärjestelmässä esitetään rakenteellisen suunnittelun ja rakenteellisten laskelmien tarkastamisessa käytettävät menettelyt. Nykymenettelyllä vastuut on jaettu niin, että Industri Textil Job suorittaa rakenteellisen suunnittelun sekä laskee jalustaan vaikuttavat kuormat ja niiden perusteella rakenteelliset laskelmat suoritetaan alihankintana. Standardin EN 1090 mukaisessa suunnittelussa Industri Textil Jobin vastuulla on silloin suunnitella sellainen rakenne, joka täyttää standardin rakenteelliset ominaisuudet käyttäen EN 1090:n mukaisia materiaaleja ja muita käytettäviä tuotteita. Toimenpiteenä uutta suunnitteluprosessia tarkennettiin niin, että suunnittelukatselmusten yhtenä tarkoituksena on hyväksyä lujuuslaskelmat ja tarkastaa projektissa laaditut piirustukset. Vaikka alihankkijalla teettävät lujuuslaskelmat tarkastetaan ja hyväksytään virallisesti alihankkijan toimesta, Industri Textil Job hyväksyy tehdyt lujuuslaskelmat vielä alihankkijan laatiman loppuraportin perusteella suunnittelukatselmuksissa. Kun loppuraportissa on todettu rakenteen täyttävän sille asetetut rakenteelliset vaatimukset, piirustukset voidaan tarkastaa ja hyväksyä. Ennen piirustusten lähettämistä konepajalle, laaditaan vielä tekniset tiedot sisältävä toteutuseritelmä, joka vielä hyväksytään suunnittelukatselmuksessa. Tämän jälkeen osien valmistus voidaan käynnistää.

Industri Textil Jobin rakenteellisen suunnittelun prosessia päivitetessä huomattiin, että projektissa laadittavaa dokumentaatiota alihankitulle konepajalle ja lujuuslaskijalle tulee tarkentaa niin, että sen perusteella pystytään suorittamaan standardin EN 1090 mukaista valmistusta ja lujuustarkasteluita standardin edellyttämin vaatimuksin. Laatujärjestelmää päätettiin täydentää luomalla uusi prosessi, dokumentointiprosessi, jossa eritellään projektissa laadittavat dokumentit.

5.4 Dokumentointi

Rakenteellisen suunnittelun osalta huomattiin, että standardi EN 1090 tuo suurimmat muutokset Industri Textil Jobin dokumentointiin. Uutta suunnitteluprosessia varten laadittiin toimenpiteinä kaksi uutta dokumenttia, toteutuseritelmä ja suunnitteluseloste, sekä muokattiin jalustarakenteen pääkokoonpanokuvan asiasisältöä niin, että se täyttäisi standardin määreet kokoonpanoeritelmälle. Seuraavissa luvuissa on esitelty nämä dokumentit.

5.4.1 Kokoonpanoeritelmä

Industri Textil Jobilla tieto suunnittelusta valmistukseen on kulkenut piirustusten kautta, minkä voidaan todeta täyttävän standardin EN 1090-1 määreen kokoonpanoeritelmästä. Koska standardi ei ole ollut yrityksessä vielä käytössä, pitää piirustusten asiasisältöä tarkastella, jotta ne saadaan täysin vastaamaan EN 1090-1:n mukaisia vaatimuksia. Kokoonpanoeritelmäksi määritetään jalustan pääkokoonpanokuva, josta käyvät ilmi kaikkien osakokoonpanojen piirustusnumerot ja kokoonpanossa käytettävät tuotteet. Industri Textil Jobin alihankitulla konepajalla on tuotannon sisäisen laadunvalvonnan vaatimustenmukaisuuden sertifikaatti, joten valmius CE-merkitä standardin EN 1090-1 mukaisia teräskokoonpanoja on, jos konepajalle voidaan toimittaa standardin vaatima tieto suunnittelusta valmistusta varten. Piirustusten lisäksi konepajalle määritetään valmistusta koskevat vaatimukset ja projektikohtaisesti määritettävät lisävaatimukset toteutuseritelmän muodossa.

Kokoonpanoeritelmän mukaisissa piirustuksissa tulee tarkastaa, että niistä löytyy EN 1090-2:n mukaista valmistusta varten riittävä tieto. Industri Textil Jobin piirustuksia ei tarvitse päivittää, mutta materiaalitietojen ja toleranssitietojen osalta tietoja päivitetään. Piirustuksien materiaalitiedot tulisivat olla rakenneterästuotteiden osalta eurooppalaisten standardien EN 10025, EN 10210-1 tai EN 10219-1 mukaisia käytettävästä teräsprofiilista riippuen. Piirustuksista on käytävä ilmi materiaalin nimellimitat, laatu, kyseessä olevan standardin numero, teräslajin nimike tai numerotunnus sekä toimitustila. Kiinnittimien osalta piirustuksiin merkitään myös käytettävä standardi, mitat, lujuusluokka ja viimeistely tai pinnoitus. Toleranssien ilmoittaminen valmistuksen kannalta on tärkeä tieto piirustuksissa. Standardi EN 1090-2 määrittää kaksi toleranssityyppiä, joita ovat olennaiset ja toiminnalliset toleranssit. Olennaiset toleranssit vaikuttavat mekaaniseen kestävyYTEEN ja stabiiliuteen ja toiminnalliset toleranssit vaikuttavat osien yhteen sovittamiseen. Molemmat toleranssityypit on jaettu vielä valmistustoleransseihin ja asennustoleransseihin. Jos ei valmisteta hitsattuja profiileja, ei olennaisia valmistustoleransseja ole tarpeen ilmoittaa ja olennaiset asennustoleranssit tulisi ilmoittaa suodatimen jalustan kokoonpanon asennuspiirustuksissa. Standardin EN 1090-2 toiminnallisten toleranssien taulukkoarvojen sijasta standardi antaa mahdollisuuden käyttää hitsatuille rakenteille standardin EN ISO 13920 mukaisia vaihtoehtoisia toleranssiluokkia pituudelle ja kulmasuureille luokkaa C sekä suoruudelle, tasomaisuudelle ja yhden-suuntaisuudelle luokkaa G. EN ISO 13920 hitsaustoleranssi on jo ilmoitettu yrityksen piirustuksissa, joten ainoana lisänä on ilmoitettava toleranssiluokat C ja G.

Industri Textil Jobin piirustuksiin on sisältynyt myös tieto pintakäsittelyistä sekä hitsauksen laatuvaatimuksista standardin EN 25817 mukaisesti. Näiden tietojen lisäksi piirustuksissa ilmoitetaan jatkossa ISO 8501-3 mukainen esikäsitteilyaste ja toteutusluokasta riippuva EN ISO 5817 mukainen hitsausluokka, joka on esimerkiksi toteutusluokassa EXC2 luokka C. EN 25817 sijasta käytetään vastaavaa ISO-standardia EN ISO 5817, koska sitä merkintää käytetään myös standardissa EN 1090. Näitä tietoja täydennetään tarvittaessa toteutuseritelmissä.

5.4.2 Toteutuseritelmä


Toteutuseritelmillä täydennetään kokoonpanoeritelmiä ja Industri Textil Jobin suunnitteleman suodattimen jalustan tapauksessa toteutuseritelmiä sisältää ainakin seuraavat tiedot:

- Yleiset tiedot kohteesta
- Toteutusluokka
- Kokoonpanon CE-merkitä
- Suunnittelun perustiedot
- Valmistajalle luovutettavat dokumentit
- Esikäsitteilyaste ja pintakäsittelytiedot
- Toleranssit
- Valmistuksesta laadittavat dokumentit
- EN 1090-2 liitteen A lisätiedot tarvittaessa
- Rakennustöiden turvallisuutta koskevat teknilliset vaatimukset.

Toteutuseritelmästä tulisi tehdä erillinen dokumentti, jotta tämän menettelyn alkuvaiheessa tiedon kulku konepajalle varmistettaisiin. Toteutuseritelmän tärkein tieto on ilmoittaa konepajalle toteutusluokka, jonka mukaan määritty valmistusta koskevat standardin EN 1090-2 liitteen A taulukon A.3 (tämän työn liite 6) mukaiset vaatimukset toteutusluokittain. Suodattimen jalustan toteutusluokkana voidaan käyttää toteutusluokkaa EXC2. Valinta perustuu aiemmin tässä työssä esitetyn taulukon 4 mukaiseen toteutusluokan valintaan seuraamus-, käyttö- ja tuotantoluokkien perusteella. Suodattimet ovat sijoitettuna tuotantolaitokselle, joten suodattimien välittömässä läheisyydessä ei ole ihmisiä kuin satunnaisesti ja suodattimen työtasoja käytetään vain huoltotöissä. Seuraamukset suodattimen menettäessä mekaanisen kestävyytensä tai stabiiliu-

tensa vaaraa hengenmenetyksen osalta voidaan pitää vähäisinä, joten sivun 20 taulukon 6 perusteella seuraamusluokaksi valitaan CC1. Käyttöluokka valitaan tämän työn liitteen 4 taulukon 1 kriteerein. Koska suodattimen jalusta suunnitellaan staattisille kuormille, vaikka siihen vaikuttaa muuttuvia kuormia tuulesta, lumesta ja mahdollisesta pölykuormasta, ei jalustan mitoituksessa näitä pidetä väsyttävänä kuormina, jolloin käyttöluokaksi valitaan SC1. Tuotantoluokaksi valitaan liitteen 4 taulukon 2 mukaisesti PC2, koska jalustan rakenteissa teräsprofiilit ovat yleensä S355-materiaalia ja ovat hitsattuja rakenteita. Näin ollen toteutusluokaksi on taulukosta 4 saatu EXC2. Industri Textil Jobin käyttämällä konepajalla on valmius suorittaa EN 1090-2:n mukaista valmistusta luokkaan EXC3 asti, joten luokan EXC2 valinta ei tuota ongelmia.

Suodattimen jalustan osakokoonpanojen CE-merkitysijänä toimii valmistaja eli tässä tapauksessa alihankittu konepaja, jolta Industri Textil Job tilaa suodattimen jalustan sekä suodattimen valmistuksen omien suunnitelmiensa mukaisesti kuvan 9 mukaisesti.

 01234
Konepaja Oy, Esimerkkitie 1, 12345 Kaupunki, Suomi 16 01234-CPD-00000
<p style="text-align: center;">EN 1090-1:2009+A1:2011</p> <p style="text-align: center;">Suodattimen jalustan muodostavat teräskokoonpanot Piirustuksen xxxxxxx mukaisesti.</p> <p>Geometrinen arvojen toleranssit: EN 1090-2. Hitsattavuus: Standardien EN 10025-2 ja EN 10219-1 mukaisesti. Murtumismitkeyden: Teräslaadun mukainen. Palokäyttäytyminen: NPD. Kadmiumin päästöt: NPD. Radioaktiivinen säteily: NPD. Säilyvyys: Esikäsitteilyaste P2, suihkupuhdistusaste Sa 2½, EN ISO 12944-5 mukainen maalauksjärjestelmä A3.11</p> <p><u>Rakenteelliset ominaisuudet:</u> <u>Suunnittelu:</u> Industri Textil Job Oy:n suorittama. <u>Valmistus:</u> Toteutuseritelmän xxxx ja standardin EN 1090-2 mukaisesti, toteutusluokassa EXC2</p>

Kuva 9 Esimerkki suodattimen jalustan CE-merkinnästä standardiin EN 1090-1 perustuen.

Tällöin käytetään CE-merkintämenetelmää M3a eli standardin EN 1090-1 kohdan ZA.3.4 menetelmää. Toteutuseritelmässä esitetään, mitkä kokonaisuudet CE-merkitään. Esimerkiksi siinä voidaan ilmoittaa, että suodattimen jalustan pystypilarien, vaakapalkkien ja tuulisiteiden kokoonpanot CE-merkitään yhdessä. Jos eri kokoonpanoilla on eri toteutusluokka, ne on mahdollista CE-merkitä erikseen. CE-merkinnässä konepaja ilmoittaa kokoonpanojen geometriatiedot, hitsattavuuden, terästuotteiden murtumissitkeyden, palokäyttäytymisen ja rakenteelliset ominaisuudet kuvan 9 esimerkin mukaisesti.

Suunnittelun perustiedoista ilmoitetaan toteutuseritelmässä, että suunnittelun perusteena on käytetty eurokoodien mukaista mitoitusta ja eritellään mitoituksessa käytetyt eurokoodit EN 1990, EN 1991, EN 1993. Nykyisellä menetelmällä näin ei voida ilmoittaa, sillä tuulikuormien laskenta tapahtuu vain alustavassa mitoituksessa, joka antaa suuntaa antavan tuloksen. Aiemmin jo todettiin, että laskennassa ei huomioida sijaintipaikkaa eikä ympäröivää maastoa. Kun tulevaisuudessa lujuuslaskijalta vaaditaan virallinen varmennettu loppuraportti lujuuslaskelmista sekä FEM-analyysistä, toteutuseritelmässä voidaan viitata eurokoodien lisäksi kyseiseen raporttiin. Tällöin dokumentaatio on jäljitettävissä tarpeen tullen jälkikäteen.

Valmistajalle luovutettavien dokumenttien osalta toteutuseritelmästä käy ilmi, että kaikki piirustukset ja muu tarvittava dokumentaatio on luovutettu valmistajalle. Toteutuseritelmässä viitataan luovutettavien piirustusten osalta kokoonpanoeritelmiin ja piirustusluetteloon. Kokoonpanoeritelmiä on jalustarakenteen kokoonpanopiirustus, johon viitataan toteutuseritelmässä piirustusnumerolla ja kokoonpanoeritelmiin osaluettelossa on puolestaan viittaus kunkin osakokoonpanon valmistuspiirustukseen. Valmistajalle luovutettavasta kokoonpanoeritelmästä ei ilmene käytettävää revisiota, joten tämän lisäksi toimitetaan piirustusluettelo, johon merkitään piirustusten revisionumerot. Piirustusluettelossa ilmoitetaan myös sellaiset piirustukset, joita ei kokoonpanoeritelmässä ilmoiteta, kuten esimerkiksi asennusmittapiirustukset. Valmistajalle luovutettavien dokumenttien yhteydessä määritellään myös tarvittaessa kontrollipisteet, joiden laadusta halutaan varmistua ennalta määritellyillä tarkastuksilla ja testauksilla. Kontrollipisteet voivat olla esimerkiksi rakenteen kriittisissä paikoissa olevia tarkastettavia hitsausaumoja tai ongelmakohtia, joissa on ollut aikaisemminkin ongelmia mittojen tai työn laadun kanssa.

Standardin ISO 8501-3 esikäsitelyaste ja pintakäsittelytiedot maalaukseen sekä termiseen ruiskutukseen tai kuumasinkitykseen liittyvän viitestandardin tiedot voidaan ilmoittaa piirustuksissa, mutta niitä tarkentavat tiedot esitetään toteutuseritelmässä. Esikäsitelyasteen valinta tehdään aiemmin tämän työn kappaleessa 3.2.4. esitettyjen valintakriteerien perusteella. Jos korroosioneston odotettu käyttöikä on 5 - 15 vuotta tai yli kohtalaisissa C3 tai ankarissa C4 ilmastorasitusluokissa, esikäsitelyasteeksi valitaan P2. Pintakäsittelymaalaukseen tehdään standardin EN ISO 12944 osien 1 - 6 mukaan, terminen ruiskutus standardien EN 14616 suositusten ja EN 15311 ruiskutuspinnoitteiden mukaisesti ja kuumasinkitys standardien EN ISO 1461 yleisten vaatimusten ja EN ISO 14713 osien 1 ja 2 mukaisesti. Esi- ja pintakäsittelytiedot esitetään piirustuksissa, mutta niitä täydentävät tarkat tiedot esitetään toteutuseritelmässä. Esimerkkinä toteutuseritelmässä esitetään jalustan osille tehtävä pintakäsittelymaalauksen esikäsitelyaste P2 sekä korroosioneston rasitusluokka C3 ja kestoikä H, jonka perusteella maaliyhdistelmäksi valitaan standardin EN ISO 12944-5 liitteen A taulukosta A.3 käytettäväksi maaliyhdistelmäksi A3.11, jonka mukaan määräytyy esikäsitelynä tehtävä suihkupuhdistus Sa 2½. Piirustuksiin merkitään maaliyhdistelmä esimerkin tapauksessa EN ISO 12944-5/A3.11 ja pintakäsittelyaste EN ISO 8501-3 P2.

Toleranssit ovat olennainen osa valmistusta, joten ne on järkevintä esittää piirustuksissa. Toteutuseritelmässä esitetään, että käytetään toiminnallisina toleransseina EN ISO 13920 toleranssiluokkia ja olennaisten toleranssien osalta käytetään EN 1090-2:n mukaisia olennaisia toleransseja, jotka on esitetty myös piirustuksissa.

Valmistuksesta laadittavat dokumentit ilmoitetaan toteutuseritelmässä. Projektissa valmistetuissa teräskokoonpanoissa CE-merkintä on valmistajan vastuulla samoin kuin sitä varten laadittavat asiakirjat. Valmistaja laatii ja toimittaa CE-merkin ja suoritussoilmoituksen valmiiden kokoonpanojen yhteydessä sekä loppuasiakkaalle että Industri Textil Jobille. Muun projektissa laadittavan dokumentaation laajuutta mietittäessä päätetään, kerätäänkö kaikki valmistuksessa laadittava laatudokumentaatio myös itselle vai jätetäänkö se vain valmistajalle, jolla on virallinen velvollisuus dokumentaation säilyttämisestä. Tämä on päätettävä sen takia, että jos konepaja vaihtuu tai lopettaa toimintansa, dokumenttien hankkiminen jälkikäteen on erittäin hankalaa. Lisäksi, jos suodattimen tilaaja haluaa katsastaa tätä dokumentaatiota ennen suodatinkokonaisuuden luovutusta, on käytännöllisempää säilyttää ne Industri Textil Jobilla itsellään. Käytettäessä uutta konepajaa valmistuksessa on konepajan toimitettava standardin EN 1090-2 kohdan 4.2.1 mukaiset laatuasiakirjat ja kohdan 4.2.2 laatusuunnitelma, johon kuuluvat

yleinen laadunhallinnan dokumentaatio, ennen toteutusta tarvittavat laatuasiakirjat ja valmistuksen dokumentaatio. Koska laatuasiakirjat eivät liity suoranaisesti kokoonpanon valmistukseen, niitä ei loppuasiakkaalle toimiteta vaan ne säilytetään Industri Textil Jobilla, jos uusi konepaja otetaan käyttöön. Sen sijaan valmistuksesta laadittavan dokumentaation tulee sisältää seuraavat dokumentit:

- CE-merkintä ja suoritustasoilmoitus
- Sertifikaatti sisäisestä laadunvalvonnasta (FPC)
- Pätevyystodistukset kootusti
- Hitsausohjeet ja niiden hyväksymispöytäkirjat kootusti
- Ainestodistukset
- Hitsausloki
- Tarkastusraportit
- Pintakäsittelyraportti
- Mittatarkastukset
- Poikkeamat ja korjaavat toimenpiteet.

CE-merkin ja suoritustasoilmoituksen lisäksi valmistajalta vaaditaan toimitettavaksi sertifikaatti tuotannon sisäisestä laadunvalvonnasta (FPC), joka oikeuttaa konepajan CE-merkitsemään teräskokoonpanoja EN 1090:n mukaisesti. Konepajalta kerätään kootusti kaikki pätevyystodistukset hitsaajien ja hitsauskoordinoijien osalta, jolloin näitä ei tarvitse kerätä jokaisessa projektissa erikseen, kun ne löytyvät Industri Textil Jobin tietokannoista. Tällöin projektikohtaisesti kerättävän dokumentaation määrä pienenee hieman. Ainoastaan silloin toimitetaan hitsaajan pätevyystodistus projektin dokumentaation yhteydessä, jos projektissa käytetään uutta hitsaajaa. Pätevyystodistusten umpeutuessa uusitut todistukset on myös toimitettava Industri Textil Jobille. Sama pätee hitsausohjeisiin (WPS) ja niiden hyväksymispöytäkirjoihin (WPQR), jolloin valmistettavan kokoonpanon hitsauslokin tarkastukseen vaaditaan vielä työssä käytettyjen materiaalien standardin EN 1090-2 taulukon 1 mukaiset ainestodistukset sekä hitsien tarkastuksen raportit NDT- ja silmämääräisten tarkastusten osalta. Tarkastusraporttien yhteydessä on toimitettava myös tarkastajien pätevyystodistukset. Toteutuseritelmässä esitetään myös vaatimus pintakäsittelyraportista, josta käy ilmi, että vaadittu pintakäsittely on tehty, ja se osoittaa, että sillä saavutetaan suunniteltu korroosioneston kestoikä vallitsevassa ilmastorasitusluokassa. Pintakäsittelymaalauksen raportti laaditaan standardin EN ISO 12944-8 liitteen J pohjalta. Konepajalla valmistettavan suodattimen ja lustan osakokoonpanot tarkastetaan mittauksilla ja kokoonpano koeasennetaan, jotta

osakokoonpanojen yhteen sopiminen varmistetaan. Konepajan mittatarkastuksista laaditaan myös dokumentti loppudokumentaatioon, jos niin vaaditaan. Valmistettujen osakokoonpanojen toiminnallisten mittojen on oltava piirustuksissa annettujen standardin EN ISO 13920 toleranssiluokkien rajoissa. Valmistajan tulee myös kirjata toteutuseritelmän dokumentaatioon kaikki valmiiden osakokoonpanojen havaitut poikkeamat niitä koskeviin raportteihinsa sekä kirjata korjaavat toimenpiteet niiden osalta. Yksittäisissä tarkastuksissa havaittujen poikkeamien lisäksi yleiset poikkeamat ja korjaavat toimenpiteet on kirjattava toteutuseritelämään. Tällaisia poikkeamia voivat olla esimerkiksi valmiin maalipinnan rikkoutuminen osakokoonpanoja käsiteltäessä konepajalla, jolloin korjaavaksi toimenpiteeksi toteutuseritelämään voitaisiin kirjata, että rikkoutunut pinta hiottiin, pohja sekä pintamaalattiin. Tai esimerkiksi, jos piirustuksissa teräslevyn materiaaliksi osakokoonpanon osassa on määritetty S235, mutta konepaja on käyttänyt materiaalia S355. Konepaja kirjaa poikkeaman toteutuseritelämään ja varmistaa osan kelpoisuuden suunnittelijalta. Jos havaitulla poikkeamalla ei ole vaikutusta osakokoonpanoon, korjaavaksi toimenpiteeksi kirjataan, että poikkeama on hyväksytetty suunnittelijalla eikä se vaadi tarkentavia lujuuslaskelmia. Konepaja kuittaa korjaavat toimenpiteet tehdyiksi lopuksi vielä allekirjoituksella.

Toteutuseritelmissä on esitettävä standardin EN 1090-2 liitteessä A taulukon A.1 mukaiset lisätiedot. Taulukossa esitetään ne kohdat, joihin standardin tekstissä käytetään sanamuotoa ”tulee esittää”, jolloin virheellisesti luullaan, että taulukon jokaiseen kohtaan tulisi esittää vaatimus. Todellisuudessa vain niihin kohtiin, jotka ovat olennaisia kyseeseen tulevan kokoonpanon valmistuksessa, tulee ilmoittaa lisätietoja. Toisin sanoen taulukolla suunnittelija välittää toteutuseritelmissä riittävän yksityiskohtaisen tiedon valmistukselle ja taulukko toimii ikään kuin tarkistuslistana tarpeellisista tiedoista. Taulukon tiedoista karsittiin sellaiset kohdat pois, jotka eivät tule kyseeseen suodattimen jalustan valmistuksessa. Karsitusta taulukosta valitaan vielä tapauskohtaisesti ne tiedot, joita juuri tietyssä projektissa tarvitaan ja esitetäänkö nämä tiedot toteutuseritelmissä vai sisällytetäänkö nämä tiedot piirustuksiin. Samoin tehtiin standardin EN 1090-2 liitteen A taulukon A.2 lisätietojen kanssa, mutta näiden tietojen osalta todettiin, että nämä tiedot esitettäisiin joka tapauksessa piirustuksissa niin taulukon yksityiskohtaiset tiedot päätettiin jättää pois toteutuseritelmästä. Liitteen 11 taulukossa 1 on esitetty lista karsittu lista EN 1090-2:n lisätiedoista. Kohtien numeroinnissa on käytetty samaa numerointia kuin standardin EN 1090-2 taulukossa A.1, jotka viittaavat standardin tekstiosuuden kappaleeseen sekä liitteen 11 taulukon 1 kohtien eteen on merkitty kirjain p, jos kyseinen tieto voidaan esittää piirustuksissa.

Toteutuseritelmän viimeisessä kohdassa esitetään rakennustöiden turvallisuutta koskevat teknilliset vaatimukset. Konepajalta valmistunut suodatinyksikkö ja jalusta lähetetään suoraan asennuspaikalle, jossa Industri Textil Jobin asennusryhmä suorittaa suodatinkokonaisuuden pystytyksen ja asennuksen. Jalustan osalta suunnittelija laatii pystytysohjeen sekä pakkauskuvan, joista käy ilmi asennusjärjestys ja se että konepajalla pakattava jalusta on pakattu se huomioiden. Industri Textil Jobin asennusryhmä laatii erikseen pystytys- ja asennussuunnitelman, jossa on huomioitu asennusta ja töiden turvallisuutta koskevat vaatimukset. Asennusryhmän tulisi suorittaa töiden valmistuttua jalustalle vielä tarkastusmittaukset erillisen asennusmittapiirustuksen mukaisesti. Tarkastettavat mitat ovat jalustan ristimitat, leveys ja korkeus, joiden on oltava annettujen toleranssien rajoissa. Tällöin saadaan myös varmistus jalustan asennuksen onnistumisesta, jolloin suodatinyksikön asentaminen jalustaan on turvallista. Asennuksesta dokumentoidaan mittatarkastusraportti sekä asennuspalaute suunnittelijalle, jossa esitetään yleisiä huomioita jalustan toimivuudesta asennuksen näkökulmasta.

5.4.3 Suunnitteluseloste

Standardissa EN 1090 mainitaan useaan otteeseen suunnitteluseloste, mutta sen sisällöstä ei siinä kerrota mitään toisin kuin kokoonpanoeritelmästä ja toteutuseritelmästä. Tästä päätettiin laatia erillinen dokumentti, joka sisällytetään dokumentointiprosessiin. Standardi ei esitä suunnitteluselosteen sisällölle vaatimuksia, joten siitä tehtiin ikään kuin lähtötietolomake lujuustarkasteluista varten. Jalustarakenteesta tehtävät lujuustarkastelut tulisi sisältää samat tiedot, oli ne suoritettu alihankkijan tai Industri Textil Jobin toimesta. Kuten aiemmin jo todettiin, tulevaisuudessa lujuustarkasteluista on laadittava virallinen dokumentti rakenteen lujuusvaatimusten täyttymisestä sekä selostus tarkasteluissa käytetyistä menetelmistä. Nyky menetelyn mukaisesti lujuustarkastelut toteutetaan alihankkijan toimesta, ja tähän mennessä alihankkijalle toimitettavia lähtötietoja ei ole dokumentoitu. Jotta alihankkija pystyy toteuttamaan EN 1090:n vaatimusten mukaiset lujuustarkastelut, täytyy Industri Textil Jobin toimittaa tarvittavat lähtötiedot suunnittelusta ja halutuista eurokoodeihin perustuvista lujuustarkasteluista alihankkijalle. Laadittu suunnitteluselostedokumentti on esitetty tämän työn liitteessä 12. Suunnitteluselosteessa esitetään projektin ja rakenteen perustiedot lyhyesti, määritetään tehtävät lujuustarkastelut, luetellaan käytettävät standardit ja ohjeet, kuormitustiedot, rakenteessa käytettävät materiaalit, lujuustarkasteluiden laskentamenetelmät ja niistä laadittavat dokumentit.

Suunnitteluselosteen rakennetta koskevissa perustiedoissa viitataan rakennemallia kuvaavaan piirustukseen, jossa on esitetty jalustan rakenne, tarvittavat mitat ja käytettävät rakennemateriaalit, jotta se voidaan mallintaa FEM-ohjelmalla analyysiä varten. Rakenne kuvataan lyhyesti: mihin käyttötarkoitukseen jalusta tulee, millaisille kuormille se altistuu ja millaiselle pohjalle se rakennetaan. Rakennetta kuvaamaan esitetään myös suodatinkokonaisuuden layout-piirustus. Loppusijoituspaikka kuvataan myös suunnitteluselosteessa ja esitetään aluepiirustus tuulikuormien laskentaan tarvittavan maastoluokan määrittämiseksi. Lisäksi, jos loppusijoituspaikka sijaitsee maanjäristysalueella, se ilmoitetaan loppusijoituspaikan kuvauksen yhteydessä.

Jotta alihankkijan ja Industri Textil Jobin tehtävät rakenteen lujuustarkasteluiden osalta olisivat selvät ja siitä jäisi selkeä merkintä projektikohtaiseen dokumentaatioon, kummankin tehtävä määritellään suunnitteluselosteessa. Alihankkijan tehtävänä on suorittaa suodattimen jalustan lujuustarkastelut Industri Textil Jobin laatiman suunnitteluselosteen perusteella. Alihankkija tarkastaa jalustarakenteen kestävyysstandardien ja laskentamenetelmien mukaisesti. Tarkasteluissa käytettävät eurokoodistandardit ja ohjeet eritellään ja niitä täydentämään ilmoitetaan seuraamus- ja luotettavuusluokat, jotta laskelmissa tarvittavat kertoimet ja valvontatasot määrittyvät. Laskentamenetelmien määrittelyllä varmistetaan, että alihankkija laskee rakenteeseen kohdistuvat tuuli- ja lumikuormat FEM-mallia varten sekä poikkileikkausten kestävyysmitoitusravot, jotta FEM-mallin tulosten kelpoisuus voidaan analysoida. Industri Textil Jobilla lasketaan lujuustarkasteluita varten jalustaan vaikuttavat pysyvät kuormat kuten suodattimen omapaino. Muuttuvista kuormista ilmoitetaan suodattimen laskettu pölykuorma sekä ilmoitetaan alihankkijan toimesta laskettavien tuuli- ja lumikuormien lähtöarvot. Jos laskelmia tai analyysiä varten tarvittavia lähtötietoja puuttuu, on alihankkijalla velvollisuus pyytää niitä Industri Textil Jobilta. Lujuustarkasteluissa rakenteelle suoritetaan tarvittava määrä iterointikierroksia, kunnes rakenteen on todettu kestävän sille määritellyt kuormitukset.

Alihankkija laatii loppuraportin suoritetuista tarkasteluista, laskentamenetelmistä ja tulosten oikeellisuudesta. Raportti voidaan laatia alihankkijan raporttipohjaa käyttäen, mutta sen on sisällettävä suunnitteluselosteessa määritellyt loppuraportin vähimmäistiedot. Huomattavaa raportissa Industri Textil Jobin kannalta on, että raporttiin tulee myös dokumentoitua iterointikierroksilla tehdyt muutokset, joiden perusteella pystytään tulevaisuudessa kehittämään rakenteellista suunnittelua, kun vanhoja raportteja vertai-

lemalla pystytään välttämään samankaltaisten rakenteiden ongelmakohtia uusissa suunnitelmissa. Ennen kaikkea loppuraportti toimii virallisena todistuksena standardin EN 1090 vaatimustenmukaisuuden täyttymisestä rakenteellisen suunnittelun osalta, kun se on osoitettu suunnitteluselosteen mukaisilla lujuustarkasteluilla.

5.5 Dokumentointiprosessi

Dokumentointiprosessia ei saatu valmiiksi kaikkien suunnittelussa laadittavien dokumenttien osalta, joihin kuuluu myös suodatinyksikön suunnittelu. Jalustan suunnittelun osalta määriteltiin projektissa laadittavia valmistusdokumentteja sekä suunnitteluprosessista laadittavia jalustan suunnitteludokumentteja standardiin EN 1090 perustuvan suunnittelun osalta. Dokumentointiprosessin laadintaan täytyy suunnittelun osalta sisällyttää vielä konedirektiiviin alaisissa projekteissa laadittavat suodatinyksikön ja jalustan suunnittelu- ja valmistusdokumentit.

6 Tulosten tarkastelu

Seuraavaksi tarkastellaan määritettyjä toimenpiteitä rakenteen luokittelun, jalustarakenteen suunnittelun sekä suunnittelu- ja dokumentointiprosessin osalta. Kappaleissa esitetään työn tärkeimmät tulokset ja niistä seuranneet jatkotoimenpiteet.

6.1 Rakenteen luokittelu

Ensisijaisen tärkeää standardin käytön kannalta on tunnistaa rakennustuoteasetuksen määrittelemä rakennuskohde. Kuten aikaisemmin todettiin, rakennuskohde on ainoa tekijä, joka rajaisi suodattimen jalustan standardin EN 1090-1 soveltamisalan ulkopuolelle. Suodatinkokonaisuuksien tilausten yhteydessä on tuloksena jatkossa selvitettävä asiakkaalta, onko kyseistä suodattimen rakennuskohdetta varten anottu erillistä lupaa kohteen rakentamista varten. Jos asiakas toteaa, että suodatin on rinnastettu rakennukseksi, rakennelmaksi, rakenteeksi, laitokseksi tai erillislaitteeksi, joka vaatii rakennus- tai toimenpidelupaa, se tarkoittaa silloin EN 1090:n soveltumista kohteeseen. Tällöin tilaajalla on mahdollisuus vaatia suodattimen jalustan CE-merkintää standardiin EN 1090-1 perustuen. Vastuu CE-merkinnästä on ainoastaan valmistajalla, ja jos perusteet CE-merkinnälle ovat väärä, tällöin on CE-merkintäkin väärä. Tilaaja ei voi päättää,

minkä mukaan tuote CE-merkitään, sillä CE-merkinnällä on oltava perusteltu syy, sille mihin standardiin, direktiiviin tai asetukseen merkintä perustuu. Tässä korostuu Industri Textil Jobin rooli lähtötietojen keräämisessä ja niiden arvioimisessa. Asiakkaat voivat esittää monenlaisia vaatimuksia, joten Industri Textil Jobin tehtävä onkin perustella itsellensä sekä lopuksi asiakkaalle mahdollisuudetta soveltaa kohteeseen standardia EN 1090 lähtötietojen perusteella. Esimerkiksi, jos luvun 5.1 mukaisen luokittelun perusteella ei pystytä rakennuskohdetta selkeästi rajaamaan rakennukseksi tai rakennelmaksi, voidaan luokittelun apuna käyttää konedirektiivin [21] 2 artiklan kohdan a kolmannen luetelmakohdan määritelmää koneelle:

ensimmäisessä tai toisessa luetelmakohdassa tarkoitettua yhdistelmää, joka on valmis asennettavaksi ja joka voi toimia vasta kun se on kiinnitetty liikennevälineeseen tai asennettu rakennukseen tai rakennelmaan [21].

Tämän perusteella voi myös tehdä johtopäätöksen, että yllä mainittava rakennus tai rakennelma ei ole rakennustuoteasetuksen mukainen rakennus tai rakennelma eikä suodattimen jalustaa voi sellaiseksi rinnastaa, jalusta on tällöin sellainen kiinteä koneen osa, jota ilman kone ei voi toimia. Kun suodatin joka tapauksessa määritellään konedirektiivimukaiseksi koneeksi, jalusta voidaan silloin olettaa koneeseen integroiduksi osaksi. Varsinkin, kun Industri Textil Job tilaa suodatinkokonaisuuden alihankitulta konepajalta kokonaisuutena sisältäen suodatinyksikön ja jalustan, ei tässä yhteydessä voida vedota siihen määrittelyyn, jossa koneiden kantavat tukirakenteet määritetään standardin EN 1090-1 soveltamisalaan kuuluvaksi, jos ne toimitetaan erikseen. Tällaisen perustelun voi usein joutua antamaan asiakkaalle, jos asiakkaan vaatimus EN 1090:n käytöstä ei ole asianmukaisesti perusteltua.

6.2 Jalustan suunnittelu ja suunnitteluprosessi

Jalustan suunnittelun osalta muuttuvien kuormien laskennan siirtäminen alihankkijalle toisi tuloksena tietynlaista varmuutta eurokoodien mukaisiin lujuustarkasteluihin, kun sen suorittaisi yksi taho alusta loppuun. Tärkeää olisi lujuustarkasteluiden suorittaminen sellaisella alihankkijalla, jolla on vankka kokemus eurokoodien mukaisesta laskennasta, koska etenkin kuormien laskenta on tuottanut eniten kritiikkiä eurokoodien käyttönotosta Industri Textil Jobilla. Tämä selkeyttäisi huomattavasti jalustan suunnittelua, kun kokonaisuudet olisi jaettu selkeästi Industri Textil Jobin vastatessa rakenteellisesta suunnittelusta ja suunnittelun alihankkijan eurokoodien mukaisista rakenteellisista laskelmista. Suunnitteluprosessia päivitettiin huomioimaan standardi EN 1090-1. Proses-

sin kulkua tarkennettiin ja prosessin kuvauksiin tehtiin lisäyksiä tarkastusmenettelyiden osalta niin, että suunnittelukatselmuksissa hyväksytään lujuustarkasteluiden loppuraportti ja tarkastetaan piirustukset. Prosessista ei haluttu tehdä liian tarkkaa, jotta se olisi pätevä myös konedirektiivin alaisessa suunnittelussa. Standardi EN 1090-1 ei niinkään tuo merkittäviä muutoksia suunnitteluprosessiin vaan ennemminkin itse suunnittelutyöhön. Konkreettisia muutoksia ovat laadittavat suunnitteluseloste ja toteutuseritelmä sekä liitosten eurokoodimitoitus. Tällöin liitosten mitoitukseen tarvittava eurokoodi EN 1993-1-8 tulisi hankkia suunnittelijoiden käyttöön. Suositeltavaa olisi hankkia myös kaikki rakenteellisten laskelmien perusteena olevat eurokoodit, jotta eurokoodien yleinen tuntemus yrityksessä paranisi. Suunnitteluprosessin yhtenä tuloksena huomattiin myös, että suunnittelun dokumentointia tulee tarkentaa.

6.3 Dokumentointi ja dokumentointiprosessi

Dokumentoinnin osalta tuloksena ero normaaliin on dokumenttien määrä, joka lisääntyi. Lisäksi laatujärjestelmään luotiin yksi prosessi lisää, dokumentointiprosessi, joka on sama, oli sitten kyseessä EN 1090:n tai konedirektiivin mukainen prosessi. Tehdyt muutokset eivät vaikuttaneet merkittävästi suodattimen jalustan rakenteelliseen suunnitteluun vaan ainoastaan siitä laadittavan dokumentaation määrään sekä sitä tarkentavaan asiasisältöön. Ainoana muuttujana on käytännössä CE-merkinnän peruste ja mahdollisesti rakenteellisissa laskelmissa käytettävät eurokoodit, vaikka ne ovatkin yleispäteviä suunnittelustandardeja teräsrakenteille EN 1090:sta riippumatta. Dokumentoinnin tuloksena laadittiin suunnitteluseloste, joka on toimeksianto suunnittelun alihankkijalle sekä lähtötietolomake tehtävistä lujuustarkasteluista. Suunnitteluselostetta ei ole aikaisemmin ollut eikä virallista dokumenttia saaduista tuloksista eikä virallista todistusta kestävydestä, vaikka lujuustarkastelut on aikaisemminkin suoritettu, joten loppuraporttia rakenteellisista laskelmista voidaan pitää myös tuloksena. Rakenteellinen suunnittelu on tällöin todettu rakenteellisilla laskelmilla, josta syntyi uusi dokumentti projektidokumentointiin ja dokumentointiprosessiin. Toisena uutena dokumenttina laadittiin toteutuseritelmä, jolla varmistetaan tiedon kulku valmistajan kanssa sekä välitetään tieto EN 1090:n tuomista lisävaatimuksista. Sen perusteella uutena menettelynä projektista kerätään valmistusdokumentaatio myös yritykselle, jolloin laadusta saadaan varmuus. Lisäksi määritettiin kokoonpanoeritelmä ja täydennettiin sen sisältöä valmistuksen laatuvaatimusten ja toleranssietojen osalta. Suunnitteluprosessiin on kuvattu nämä menettelyt sekä dokumentointiprosessiin on eritelty dokumentit, jotka on laadittava projektissa. Lopputuloksena näillä toimenpiteillä saatiin sisällytettyä EN 1090:n vaa-

timukset Industri Textil Jobin laatujärjestelmään, joilla saavutettiin valmius standardin käytölle.

7 Yhteenveto

Tämän insinööriyön myötä on määritetty ne tärkeimmät tekijät, joilla saavutetaan valmius suorittaa EN 1090:n mukaista rakenteellista suunnittelua. Työssä tutkittiin erityisesti standardeja EN 1090-1 ja EN 1090-2, niiden viitestandardeja ja soveltuvia eurokoodeja sekä aiheeseen liittyviä julkaisuja, jotta vaadittavat tarkennukset voitiin tehdä suunnitteluprosessiin ja etenkin laatia uudet dokumentit dokumentointiprosessia varten. Niiden lisäksi rakenteen luokittelu vaati tutkimaan EU:n rakennusteollisuutta koskevaa rakennustuoteasetusta ja Suomen lainsäädäntöä maankäyttö- ja rakennuslain osalta sekä lyhyesti konedirektiiviä.

Insinööriyön alussa oli monenlaisia oletuksia EN 1090:n käyttökelpoisuudesta suodattimen jalustan suunnitteluun. Yksi sellainen oli, että suodattimen jalustan suunnittelulle vaadittaisiin jonkinlainen sertifikaatti, jotta kokoonpano voitaisiin ylipäätään CE-merkitä standardin EN 1090-1 perusteella. Sen takia työn toteutuksen kannalta tärkeintä oli selvittää standardin EN 1090 määritelmät suunnittelulle ja sen vaatimukset suunnittelulta. Toimenpiteiden osalta olennaista oli tunnistaa vastuut EN 1090-1:n mukaisessa suunnitteluprosessissa, jotta kehityskohteiden määrittäminen helpottuisi ja sitä kautta toimenpiteet standardin edellyttämien vaatimusten täyttymiseksi löytyisivät. Tärkeänä tekijänä työn toteutuksen kannalta oli myös erottaa Industri Textil Jobin suorittama suunnittelu valmistajasta, jolla on velvollisuus valmistettavien teräskokoonpanojen CE-merkinnästä, koska vain valmistaja voi sertifioida suorittamansa rakenteellisen suunnittelun EN 1090:n mukaiseen FPC-järjestelmäänsä sekä ilmoittaa valmistetun kokoonpanon rakenteelliset ominaisuudet CE-merkinnän yhteydessä. Koska Industri Texti Job valmistuttaa teräskokoonpanonsa alihankintana, määrittyy valmistajaksi alihankittu konepaja. Tämä johti siihen, että insinööriyön alussa Industri Textil Jobilla oletuksena ollut pätevänti EN 1090:n mukaisesta suunnittelusta ei toteutunut, koska FPC-järjestelmään ei voi sertifioida vain suunnittelua, jolloin vaihtoehdoksi jäi todeta suunnittelupätevyys yrityksen ISO 9001 laatujärjestelmään. Vastuu rakenteellisen suunnittelun ja alihankitun rakenteellisen laskennan välillä oli olennainen tekijä suunnittelupätevyyden toteamisessa, sillä vain rakenteellisen laskennan pätevyys voitaisiin todeta laskentaa suorittavan osapuolen laatujärjestelmään, jolloin sekin karsiutui pois Industri Textil Jobin laatujärjestelmän päivityksen yhteydestä.

Työssä tutkittujen lähteiden perusteella ei lopputuloksena voida absoluuttisesti sanoa, että suodattimen jalustaan tulisi soveltaa CE-merkinnässä standardia EN 1090-1. Kuiten lopputuloksista käy ilmi, sen luokittelu on suodattimen jalustan tapauksessa hyvin tulkinnanvaraista. Tämän insinööriyön myötä on määritelty luokitteluperusteet, joilla yritys voi perustella EN 1090:n soveltuvuuden tai vastaavasti soveltumattomuuden projekteissaan, minkä perusteella myös konedirektiiviin luokittelu on todennäköistä. Jos suodattimen jalustan suunnittelu ja toteutus perustuvat konedirektiiviin, ei tämän insinööriyön myötä määritettyjä toimenpiteitä suunnitteluun ja dokumentointiin tarvitsisi ottaa huomioon, jolloin suunnittelun ja toteutuksen perusteena voidaan käyttää muitakin standardeja kuin eurokoodit ja EN 1090.

Tämän insinööriyön luvussa 4 esiteltiin eurokoodien mukaista laskentaa, sillä sen tarkoituksena oli määrittää yleiskuva suodattimen jalustan suunnittelussa tarvittavien eurokoodien sisällöstä ja laskentamenetelmistä. Sitä voidaan pitää lyhyenä perehdytyksenä eurokoodien mukaisesta mitoituksesta, ja se osoittautui hyödylliseksi kehityskohteita ja toimenpiteitä määrittäessä, koska sen perusteella voitiin määrittää yksityiskohtaisempia vaatimuksia suunnittelun alihankkijan lujuuslaskelmia varten laadittuun suunnitteluselosteeseen. Eurokoodeja käsittelevässä luvussa on toisaalta käsitelty laskentaa hyvin yleisellä tasolla eikä esimerkiksi perehdytä yksityiskohtaisesti kuormien laskentaan vaan yleisesti kuormitusyhdistelmien määrittämiseen osavarmuuslukumenetelmällä.

Suunnitteluselosteen myötä lujuuslaskijalle on toimeksiantojen yhteydessä antaa ennalta määritetty lähtötietolomake, jolla Industri Textil Job esittää selkeät vaatimukset lujuustarkasteluiden sisällöstä ja tulosten esittämisestä loppuraportin muodossa. Alihankkijan toimittaman loppuraportin perusteella osoituksena on siten virallinen todistus siitä, että rakenteellinen suunnittelu täyttää sille asetetut vaatimukset, kun kestävyys osoitetaan eurokoodien mukaisilla lujuuslaskelmilla ja pätevytyneen lujuuslaskijan toimesta. Koska suunnittelun alihankkija ei mitoita liitoksia, sen tulee ilmoittaa liitoksissa vaikuttavat voimat loppuraportissa.

Hitsausliitosten ja pulttiliitosten mitoitukseen tulisi löytää jatkokehitystoimenpiteinä Industri Textil Jobilla työmenetelmät, joilla voidaan mitoittaa kaikki liitokset eurokoodien mukaisesti eikä niiden kestävyiden tarkastamiseen ja iterointiin kuluisi liikaa suunnittelu-aikaa. Ovatpa ne sitten mallinnusohjelmien liitosten mitoitusmoduuleita tai parametri-

sia käsinlaskentapohjia, niiden tarve ja käytettävyys tulisi arvioida samoin kuin suunnittelijoiden kouluttaminen liitosten eurokoodimitoitukseen. Jos Industri Textil Jobilla päätettäisiin tulevaisuudessa alkaa toteuttamaan myös rakenteellisia laskelmia, olisi yrityksen käyttöön kannattavaa hankkia FEM-ohjelmisto ja kouluttaa suunnittelijat eurokoodien mukaiseen mitoitukseen perusteellisesti. Silloin myös yrityksen laatujärjestelmän suunnitteluprosessiin tulisi sisällyttää rakenteellisen suunnittelun lisäksi rakenteellisten laskelmien suorittamisessa käytettävät välineet ja menettelyt, joilla laskelmat tarkastetaan ja varmennetaan sekä varmistetaan, että niitä suorittavilla henkilöillä on riittävä tietämys eurokoodien mukaisesta lujuuslaskennasta.

Tässä insinööriyössä laaditut toteutuseritelmä ja suunnitteluseloste (liitteet 11 ja 12) tuovat lisäarvoa Industri Textil Jobille, sillä niiden myötä saavutettiin EN 1090 valmius rakenteellisen suunnittelun prosessiin. Kun laatuksiteerit esitetään selkeästi valmistajalle toteutuseritelmässä ja kriteereiden toteutumiseksi halutaan todistus, on todennäköistä, että valmistuksen laatu myös paranee, kun valmistajan tuottamaa laatua seurataan tarkasti niin valmistajan kuin tilaajankin toimesta. EN 1090:n mukaisessa suunnitteluprosessissa suunnittelijalla on käytössään selkeät raamit siitä, mitä tietoja valmistajalle on toimitettava, jotta se pystyy suorittamaan tietyt vaatimukset täyttävää valmistusta. Jos vaatimustasoa on tarvetta nostaa, ovat standardissa jo valmiina määriteltynä ne kriteerit, joilla se voidaan tehdä kuten toteutusluokkaa nostamalla.

Etenkin valmistuksen valvontaan tulisi huomattavasti parannusta, jos valmistuksesta vaadittaisiin toteutuseritelmän mukaiset valmistusdokumentit. Vaikka se tuo käyttöönoton alussa lisätyötä suunnittelijalle ja valmistajalle lisädokumenttien muodossa, menettelyn rutinoituessa hyödyt ovat varmasti lisätyömäärään nähden kannattavia, kun laadun jäljitettävyys paranee dokumentoinnin osalta. Toteutuseritelmässä vaadittavan hitsauslokin käyttöönotto toisi huomattavan parannuksen valmistuksen seurantaan etenkin kontrollipisteiden, kuten esimerkiksi ennaltamäärättyjen NDT-tarkastusten osalta, kun yhdestä dokumentista ilmenisi suoraan kaikki tarvittava tieto kontrollipisteiden tarkastusten jäljitettävyyteen. Lisääntynyt dokumentaatio velvoittaa Industri Textil Jobia tietysti tarkistamaan valmistuksessa laaditut dokumentit, jotta niiden laadinnasta olisi mitään lisäarvoa projektissa.

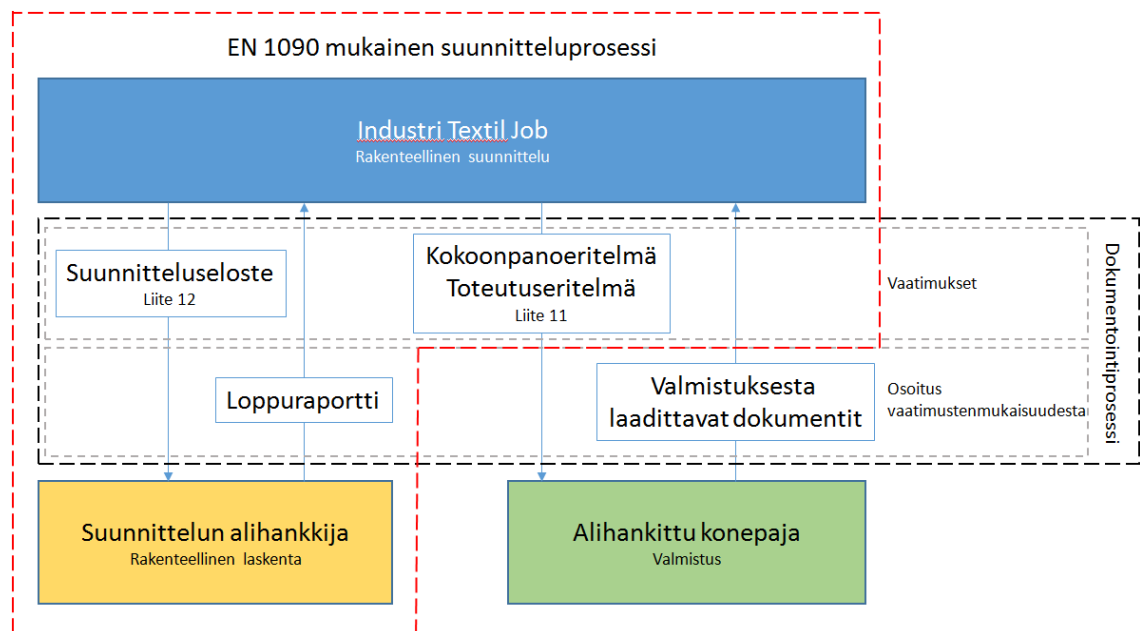
Lisäarvoa tuo standardille EN 1090-2 myös se, että sitä voidaan käyttää valmistuksen perusteena suunnittelusäännöistä riippumatta. Sen soveltamisalassa mainitaan, että se on myös sovellettavissa sellaisille rakenteille, joita ei ole suunniteltu eurokoodien mu-

kaan, jolloin se soveltuu myös muiden suunnittelusääntöjen mukaan suunniteltujen rakenteiden toteutukseen. Jos käytetään muita kuin eurokoodien mukaisia suunnittelusääntöjä, se vaatii huomattavasti ristiin tarkastuksia etenkin kuormien ja rakenneosien mitoituksen osalta, jotta niiden vaatimuksia voidaan pitää sekä yhtenevinä että niillä saavutetaan rakenteen riittävä varmuustaso vastaavaan eurokoodimitoitukseen nähden. Helpointa EN 1090:n käytön kannalta kuitenkin on käyttää suunnittelusääntöinä eurokoodeja, sillä niin standardin EN 1090 käyttö on alun perin suunniteltukin.

Tässä insinööriyössä laaditut dokumentit ovat käyttökelpoisia kaikissa projekteissa. Toteutuseritelmä on sinänsä käyttökelpoinen dokumentti konedirektiivin alaisissa projekteissa välittämään valmistusvaatimukset konepajalle vain, jos sen tekniset tiedot muokataan konedirektiivin vaatimusten mukaisiksi. Laadittu suunnitteluseloste on käyttökelpoinen sellaisenaan konedirektiivin alaisissa projekteissakin, jos jalustan suunnittelu tehdään eurokoodien mukaan. Tämän insinööriyön tuloksina määritettyihin menettelyihin tulee varmasti käytön myötä muutoksia, mutta ainakin niille on määritetty lähtökohdat. Dokumentaation taso tulisi olla sama, oli sitten kyseessä konedirektiiviin tai rakennustuoteasetukseen perustuva suodatinkokonaisuuden osan suunnittelu, lujuuslaskenta tai valmistus, jolloin ainoana muuttujana on periaatteessa vain CE-merkintämenetelmä. Dokumentointiprosessin käyttöönotolla varmistutaan siitä, että dokumentaation laatu paranee, kun se on sisällytettyinä yrityksen sertifioituun laatujärjestelmään. Jatkotoimenpiteinä alihankitun konepajan kanssa tarvitsee varmasti käydä neuvottelu toteutuseritelmän sisällöstä, sen käyttöönoton käytännön asioista ja varsinkin siinä määritettyjen projektikohtaisten dokumenttien laadinnasta ja toimituksesta Industri Textil Jobille. Samoin kokoonpanoeritelmä tulisi käydä läpi yhdessä konepajan kanssa siihen päivitettyjen toleranssi- ja laatuvaatimusten osalta. Tehtyjen muutosten lisäksi täytyy ennen kaikkea varmistaa, että konepajat pystyvät ylipäättään täyttämään siinä esitetyt lisävaatimukset, sillä EN 1090-2:n vaatimukset saattavat rajoittaa nykyisten konepajojen käyttöä siltä osin, että siinä esitetyt vaatimukset ovat osittain vaativampia kuin konedirektiivin alaisen valmistuksen vaatimukset, mitä osa nykyään käytössä olevista konepajoista ei välttämättä pysty täyttämään.

Insinööriyön alussa oletettiin, että standardin käyttö vaatisi huomattavia muutoksia yrityksen suunnitteluun, mutta lopputulokset olivat kuitenkin melko yksinkertaisia rakenteellisen suunnittelun osalta. Työn tavoitteena oli osoittaa polku, jolla voidaan suorittaa EN 1090:n mukaista suunnittelua niin, että siinä huomioidaan standardin edellyttämät vaatimukset, sekä ohjeistaa suunnittelua laadittavasta dokumentaatiosta, jonka stan-

dardi suunnitteluprosessista vaatii. Jalustan rakenteellisen suunnittelun osalta EN 1090-valmius saavutettiin laadittujen dokumenttien osalta. Työn lopputulos voidaan havainnollistaa parhaiten kuvan 10 mukaisessa yksinkertaistetussa muodossa. Työn perusteella suodattimen jalustan rakenteellisesta suunnitteluprosessista laadittavat dokumentit on esitetty kuvassa sekä alihankkijoilta vaadittavat rakenteellisen laskennan ja valmistuksen dokumentit, joilla he osoittavat, että heille osoitetut EN 1090 mukaiset vaatimukset ovat täyttyneet. Kuvan mukaisella prosessilla saavutetaan valmius suorittaa standardin EN 1090 mukaista suunnittelua.



Kuva 10 EN 1090 mukainen suunnitteluprosessi Industri Textil Job Oy:ssä.

Lopputulema oli enemmän yleistä projektikohtaisen dokumentointitason parannusta kuin yksistään EN 1090:n käyttöönottoa, kun Industri Textil Jobilla toimenpiteet olivat lähinnä jo olemassa olevan dokumentoinnin päivitystä ja sellaisten suunnitteludokumenttien laadintaa, joilla välitetään riittävä tieto vaatimusten tasosta lujuuslaskijalle eurokoodien ja valmistajalle EN 1090:n osalta, jotta he osaavat määrittää oman toimintansa tason niin että Industri Textil Jobin vaatima EN 1090-laatusaavoitetaan.

Lähteet

- 1 Martinkauppi, Kirsi. 2012. *Rakennustuoteasetus*. Helsinki: Edita
- 2 *CE-merkittyjen rakennustuotteiden oikea käyttö*. 2013. Tampere: Rakennusmedia
- 3 *Siirtyminen rakennustuotteiden pakolliseen CE-merkintään 1.7.2013*. Rakennusteollisuus RT ry. Verkkojulkaisu. 2013. <<http://www.henhelpdesk.fi/www/fi/ce-merkinta/CPRohje---RTT.pdf>>. Julkaistu 4.11.2013. Luettu 21.10.2015.
- 4 *Rakennustuotteiden CE-merkintä rakennustuotedirektiivin mukaisesti*. Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto. 2004. Helsinki: Edita.
- 5 *Teräskokoonpanojen CE-merkintäopas*. 2012. Helsinki: Julkaisumonistamo Ete-läranta Oy.
- 6 EN 1090-1 + A1. *Teräs- ja alumiinirakenteiden toteutus, Osa 1: Vaatimukset rakenteellisten kokoonpanojen vaatimustenmukaisuuden arviointiin*. 2012. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 7 EN 1090-2 + A1. *Teräs- ja alumiinirakenteiden toteutus, Osa 2: Teräsrakenteita koskevat tekniset vaatimukset*. 2012. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 8 *Teräsrakenteiden suunnittelu ja mitoitus, Eurocode 3 –oppikirja*. 2010. Helsinki: Teräsrakeneyhdistys ry.
- 9 *Teräsrakenteiden toteuttaminen, Ohjeita toteutuseritelmän laatimiseksi EN 1090-2 liite A*. 2010. Helsinki: Teräsrakeneyhdistys ry.
- 10 EN ISO 8501-3. *Teräspintojen esikäsitteily ennen pinnoitusta maalilla tai vastaavilla tuotteilla, Pinnan puhtauden arviointi silmämääräisesti, Osa 3: hitsien, leikkaussärmien ja muiden pintavirheellisten alueiden esikäsitteilyasteet*. 2007. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 11 EN 1993-1-1. *Teräsrakenteiden suunnittelu, Osa 1-1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt*. 2005. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 12 EN 1993-1-8. *Teräsrakenteiden suunnittelu, Osa 1-8: Liitosten mitoitus*. 2005. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.

- 13 EN 1993-1-9. *Teräsrakenteiden suunnittelu, Osa 1-9: Väsyminen*. 2005. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 14 *CE-merkinnän kiinnittäminen rakennustuotteeseen yhdenmukaistetun standardin EN 1090-1 perusteella*. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes). 2015. Verkkojulkaisu. <http://www.tukes.fi/Tiedostot/rakennustuotteet/CE-merkinnan_kiinnittaminen_rakennustuotteeseen.pdf>. Julkaistu: 24.4.2015. Luettu: 1.12.2015.
- 15 Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus 305/2011
- 16 Maankäyttö- ja rakennuslaki, 132/5.2.1999
- 17 Euroopan komission mandaatti M/120. 1998.
- 18 EN 1990+A1. *Rakenteiden suunnitteluperusteet*. 2006. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 19 *Ympäristöministeriön asetus Eurocode-standardien soveltamisesta talonrakentamisessa, Eurokoodien kansalliset liitteet*. 2007. Helsinki: Ympäristöministeriö.
- 20 *RIL 201-1-2011, Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat*. 2011. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
- 21 Euroopan parlamentin ja neuvoston konedirektiivi 2006/42/EY
- 22 *RIL 229-1-2013, Rakennesuunnittelun asiakirjaohje, Tekstiosa*. 2013. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

LIITE III

SUORITUSTASOILMOITUS

Nro

1. Tuotetyypin yksilöllinen tunnistus:
2. Tyyppi-, erä- tai sarjanumero tai muu merkintä, jonka ansiosta rakennustuotteet voidaan tunnistaa, kuten 11 artiklan 4 kohdassa edellytetään:
.....
3. Valmistajan ennakoima, sovellettavan yhdenmukaistetun teknisen eritelmän mukainen rakennustuotteen aiottu käyttötarkoitus tai -tarkoitukset:
.....
.....
4. Valmistajan nimi, rekisteröity kaupp nimi tai tavaramerkki sekä osoite, josta valmistajaan saa yhteyden, kuten 11 artiklan 5 kohdassa edellytetään:
.....
.....
5. Mahdollisen valtuutetun edustajan, jonka toimeksiantoon kuuluvat 12 artiklan 2 kohdassa eriteltyt tehtävät, nimi sekä osoite, josta tähän saa yhteyden:
.....
.....
6. Rakennustuotteen suoritusasteen pysyvyyden arviointi- ja varmennusjärjestelmä(t) liitteen V mukaisesti:
.....
.....
7. Kun kyse on yhdenmukaistetun standardin piiriin kuuluvan rakennustuotteen suoritusasteoilmoituksesta:
.....
(ilmoitetun laitoksen nimi ja numero tarvittaessa)
suorittijärjestelmänmukaisesti
(liitteessä V esitettyjen kolmannen osapuolen tehtävien kuvaus)
ja antoi
(sertifikaatin suoritusasteojen pysyvyydestä, tuotannon sisäisen laadunvalvonnan vaatimustenmukaisuustodistuksen, testi/laskentareportit – tarpeen mukaan)
8. Kun kyse on suoritusasteoilmoituksesta, joka koskee rakennustuotetta, josta on annettu eurooppalainen tekninen arviointi:
.....
(tekisestä arvioinnista vastaavan laitoksen nimi ja numero tarvittaessa)
antoi
(eurooppalaisen teknisen arvioinnin viitenumero)
joka perustuu
(eurooppalaisen arviointiasiakirjan viitenumero)

suorittijärjestelmänmukaisesti
(liitteessä V esitettyjen kolmannen osapuolen tehtävien kuvaus)

ja antoi
(sertifikaatin suoritustasojen pysyvyydestä, tuotannon sisäisen laadunvalvonnan vaatimustenmukaisuustodistuksen, testi/laskentaraportit – tarpeen mukaan)

9. Ilmoitetut suoritustasot

Taulukkoa koskeva huomautus:

1. Sarake 1 sisältää luettelon perusominaisuuksista, siten kuin ne määritetään yhtä tai useampaa edellä 3 kohdassa ilmoitettua käyttötarkoitusta koskevissa kyseisissä yhdenmukaistetuissa teknisissä eritelmissä;
2. Sarake 2 sisältää kutakin sarakkeessa 1 luetteloitua 6 artiklan vaatimukset täyttävää perusominaisuutta kohti ilmoitetun suoritustason, ilmaistuna tasoittain, luokittain tai kuvauksittain, joka liittyy vastaavaan perusominaisuuteen. Sarakkeeseen merkitään lyhenne "NPD" (No Performance Determined, suoritustasoa ei ole määritelty), kun suoritustasoa ei ilmoiteta;
3. Sarake 3 sisältää kutakin sarakkeessa 1 luetteloitua perusominaisuutta kohden:
 - a) vastaavan yhdenmukaistetun standardin päivätyn viitteen ja tarvittaessa käytetyn teknisen erityisasiakirjan tai asianmukaisen teknisen asiakirjan viitenumeron;

tai

 - b) vastaavan eurooppalaisen arviointiasiakirjan päivätyn viitteen, mikäli se on saatavilla, ja käytetyn eurooppalaisen teknisen arvioinnin viitenumeron.

Perusominaisuudet (ks. huomautus 1)	Suoritustaso (ks. huomautus 2)	Yhdenmukaistetut tekniset eritelmät (ks. huomautus 3)

Vaatimukset, jotka tuote täyttää, kun teknistä erityisasiakirjaa on käytetty 37 ja 38 artiklan nojalla:

.....
.....

10. Edellä 1 ja 2 kohdassa yksilöidyn tuotteen suoritustasot ovat 9 kohdassa ilmoitettujen suoritustasojen mukaiset.

Tämä suoritustasoilmoitus on annettu 4 kohdassa ilmoitetun valmistajan yksinomisella vastuulla:

Valmistajan puolesta allekirjoittanut:

.....
(nimi, tehtävä)

.....
(paikka ja päivämäärä) (allekirjoitus)

LIITE V

SUORITUSTASON PYSYVYYDEN ARVIOINTI JA VARMENTAMINEN

1. SUORITUSTASON PYSYVYYDEN ARVIOINTI- JA VARMENNUSJÄRJESTELMÄT
 - 1.1 Järjestelmä 1+ – Valmistajan ilmoitus rakennustuotteen perusominaisuuksien suoritusasoista seuraavien seikkojen perusteella:
 - a) Valmistajan on järjestettävä:
 - i) tuotannon sisäinen laadunvalvonta;
 - ii) tehtaalla määräystenmukaisen testausohjelman mukaisesti otettujen näytteiden lisätästä;
 - b) Ilmoitetun tuotesertifiointilaitoksen on myönnettävä sertifikaatti tuotteen suoritusason pysyvyydestä seuraavien seikkojen perusteella:
 - i) tuotetyypin määritys tuotteen tyyppitestauksen (myös näytteenotto), tyyppilaskennan, taulukoitujen arvojen tai tuotetta kuvailevien asiakirjojen perusteella;
 - ii) tuotantolaitoksen sekä tuotannon sisäisen laadunvalvonnan alkutarkastus;
 - iii) tuotannon sisäisen laadunvalvonnan jatkuva valvonta, arviointi ja evaluointi;
 - iv) ennen tuotteen saattamista unionin markkinoille otettujen näytteiden pistokoetästä.
 - 1.2 Järjestelmä 1 – Valmistajan ilmoitus rakennustuotteen perusominaisuuksien suoritusasoista seuraavien seikkojen perusteella:
 - a) Valmistajan on järjestettävä:
 - i) tuotannon sisäinen laadunvalvonta;
 - ii) valmistajan tehtaalla määräystenmukaisen testausohjelman mukaisesti ottamien näytteiden lisätästä;
 - b) Ilmoitetun tuotesertifiointilaitoksen on myönnettävä sertifikaatti tuotteen suoritusason pysyvyydestä seuraavien seikkojen perusteella:
 - i) tuotetyypin määritys tuotteen tyyppitestauksen (myös näytteenotto), tyyppilaskennan, taulukoitujen arvojen tai tuotetta kuvailevien asiakirjojen perusteella;
 - ii) tuotantolaitoksen sekä tuotannon sisäisen laadunvalvonnan alkutarkastus;
 - iii) tuotannon sisäisen laadunvalvonnan jatkuva valvonta, arviointi ja evaluointi.
 - 1.3 Järjestelmä 2+ – Valmistajan ilmoitus rakennustuotteen perusominaisuuksien suoritusasoista seuraavien seikkojen perusteella:
 - a) Valmistajan on järjestettävä:
 - i) tuotetyypin määritys tuotteen tyyppitestauksen (myös näytteenotto), tyyppilaskennan, taulukoitujen arvojen tai tuotetta kuvailevien asiakirjojen perusteella;
 - ii) tuotannon sisäinen laadunvalvonta;
 - iii) tehtaalla määräystenmukaisen testausohjelman mukaisesti otettujen näytteiden tästä;

- b) Ilmoitetun laadunvalvonnan sertifiointista vastaavan sertifiointilaitoksen on annettava tuotannon sisäisen laadunvalvonnan vaatimustenmukaisuustodistus seuraavien seikkojen perusteella:
- i) tuotantolaitoksen sekä tuotannon sisäisen laadunvalvonnan alkutarkastus;
 - ii) tuotannon sisäisen laadunvalvonnan jatkuva valvonta, arviointi ja evaluointi.
- 1.4 Järjestelmä 3 – Valmistajan ilmoitus rakennustuotteen perusominaisuuksien suoritustasoista seuraavien seikkojen perusteella:
- a) valmistajan on järjestettävä tuotannon sisäinen laadunvalvonta;
 - b) ilmoitetun testauslaboratorion on suoritettava tuotetyypin määrittäminen tuotteen tyyppitestauksen (valmistajan suorittaman näytteenoton perusteella), tyyppilaskennan, taulukoitujen arvojen tai tuotetta kuvaavien asiakirjojen perusteella.
- 1.5 Järjestelmä 4 – Valmistajan ilmoitus rakennustuotteen perusominaisuuksien suoritustasoista seuraavien seikkojen perusteella:
- a) Valmistajan on järjestettävä:
 - i) tuotetyypin määrittäminen tuotteen tyyppitestauksen, tyyppilaskennan, taulukoitujen arvojen tai tuotetta kuvaavien asiakirjojen perusteella;
 - ii) tuotannon sisäinen laadunvalvonta;
 - b) Ilmoitetulla laitoksella ei tehtäviä.
2. SUORITUSTASON PYSYVYYDEN ARVIOINTIIN JA VARMENTAMISEEN OSALLISTUVAT LAITOKSET
- Rakennustuotteiden suoritustason pysyvyyden arviointiin ja varmentamiseen osallistuvien ilmoitettujen laitosten tehtävien osalta on erotettava toisistaan:
- 1) Tuotesertifiointilaitos: ilmoitettu valtionhallintoon kuuluva tai yksityinen laitos, jolla on tarvittava pätevyys ja velvollisuus suorittaa tuotesertifiointia tiettyjen menettelyä ja johtamista koskevien sääntöjen mukaisesti.
 - 2) Tuotannon sisäisestä laadunvalvonnan sertifiointista vastaava laitos: ilmoitettu valtionhallintoon kuuluva tai yksityinen laitos, jolla on tarvittava pätevyys ja velvollisuus suorittaa tuotannon sisäisen laadunvalvonnan sertifiointia tiettyjen menettelyä ja johtamista koskevien sääntöjen mukaisesti.
 - 3) Testauslaboratorio: ilmoitettu laboratorio, joka mittaa, tutkii, testaa, kalibroi tai muutoin määrittää materiaalien tai rakennustuotteiden ominaisuuksia tai suoritustasoja.
3. PERUSOMINAISUUKSIA, JOIDEN OSALTA EI EDELLYTETÄ VIITTAUSTA ASIAANKUULUVAAN YHDENMUKAISTETTUUN TEKNISEEN ERITELMÄÄN
- 1) Palotekninen käyttäytyminen.
 - 2) Palonkestävyys.
 - 3) Ulkopuolisessa palossa käyttäytyminen.
 - 4) Äänen absorptio.
 - 5) Vaarallisten aineiden päästöt.
-

Alkutestauksen ja sisäisen laadunvalvonnan arviointimenetelmät

Taulukko 1 Alkutestauksen ja laskennallisen alkutestauksen näytteenotto, arviointi ja vaatimustenmukaisuuskriteerit

Ominaisuus	Vaatimuksia koskeva kohta	Arviointimenetelmä	Näytteiden lukumäärä	Vaatimusten mukaisuuskriteeri
Mittojen ja muodon toleranssit	4.2	Tarkastus ja testaus standardien EN 1090-2 tai EN 1090-3 mukaan	1	5.3
Hitsattavuus	4.3	Käytettäville tuotteille asetettujen vaatimusten tarkistus aineodistusten perusteella	1	5.4
Murtumissitkeys/haurasmurtumislujuus (vain teräskoonpanoille)	4.4	Käytettäville tuotteille asetettujen vaatimusten tarkistus aineodistusten perusteella	1	5.5
Kantavuus	4.5, 4.5.2	Soveltuvan standardien EN 1993, EN 1994, EN 1999 osan mukainen laskelma tai soveltuvan eurooppalaisen teknisen eritelmän mukainen testaus ^b Kokoonpanoeritelmän ja standardien EN 1090-2 tai EN 1090-3 mukainen valmistus ^c	1 ^a	5.6
Väsymislujuus	4.5, 4.5.3	Soveltuvan standardien EN 1993, EN 1994 tai EN 1999 osan mukainen laskelma ^b Valmistus kokoonpanoeritelmän ja standardien EN 1090-2 tai EN 1090-3 mukaan ^c	1 ^a	5.6
[A1] Muodonmuutos käyttörajatilassa ^b	4.5.5	Soveltuvan standardien EN 1990, EN 1993, EN 1994, EN 1999 osan mukainen laskelma tai soveltuvan eurooppalaisen teknisen eritelmän mukainen testaus ^b Kokoonpanoeritelmän ja standardien EN 1090-2 tai EN 1090-3 mukainen valmistus ^c	1 ^a	5.6 <A1]
Palonkestävyys	4.5, 4.5.4	Toiminnalliselle ominaisuudelle R standardien EN 1993, EN 1994 tai EN 1999 mukainen laskelma tai standardiin EN 13501-2 mukainen testaus ja luokitus toiminnallisille ominaisuuksille R, E, I ja/tai M ^b Valmistus kokoonpanoeritelmän ja standardien EN 1090-2 tai EN 1090-3 mukaan ^c	1 ^a	5.7
Palokäyttäytyminen	4.6	Pinnoitettujen kokoonpanojen tarkistaminen standardin EN 13501-1 mukaisesti	1	5.8
Vaaralliset aineet	4.7	Käytettävien tuotteiden tarkistaminen eurooppalaisten standardien mukaisesti	1	5.9
Iskunkestävyys	4.8	Arviointi murtumissitkeyden perusteella	1	5.10
Säilyvyys	4.9	Pinnan esikäsitteilyn toteuttaminen kokoonpanoeritelmän ja standardien EN 1090-2 tai EN 1090-3 mukaan	1	5.11

^a Yhden laskelman tulee riittää vaatimustenmukaisuuden arviointiin. Jos ominaisuus määritetään testeillä, koekappaleiden lukumäärä tulee valita standardeissa EN 1990, EN 1993, EN 1994 ja EN 1999 koetulosten arvioinnille esitettyjen ohjeiden mukaan.

^b Jos valmistaja ilmoittaa rakenteellisen suunnittelun perusteella määritettyjä ominaisuuksia.

^c Alkutestauksen kohteena olevan toteutusluokan mukaisesti.

[6, s.30]

Taulukko 2 Tehtaan sisäisen laadunvalvonnan sisältämän tuotetestauksen taajuus

Ominaisuus	Vaatimuksia koskeva kohta	Arviointimenetelmä	Näytteenotto	Vaatimustenmukaisuuskriteeri
Mittojen ja muodon toleranssit	4.2	Tarkastus ja testaus standardien EN 1090-2 tai EN 1090-3 mukaisesti	Jokainen kokoonpano ^a	5.3
Hitsattavuus	4.3	Käytettävälle tuotteille asetettujen vaatimusten tarkistus aineodistusten perusteella	Kaikkien valmistuksessa käytettävien tuotteiden dokumenttien tarkistus	5.4
Murtumismitkeyshaurasmitkeysmislujuus (vain teräskokoonpanoille) + Iskun kestävyys ^b	4.4 4.8	Käytettävälle tuotteille asetettujen vaatimusten tarkistus aineodistusten perusteella	Kaikkien valmistuksessa käytettävien tuotteiden dokumenttien tarkistus	5.5 5.10
Valmistuksessa käytettävien tuotteiden myötölujuus, suhteellisuusraja tai murtolujuus	4.5	Käytettävälle tuotteille asetettujen vaatimusten tarkistus aineodistusten perusteella	Kaikkien valmistuksessa käytettävien tuotteiden dokumenttien tarkistus	5.2
[A1> Rakenteellisen suunnittelun perusteella määräytyvät rakenteelliset ominaisuudet (kantavuus, muodonmuutos käyttörajatilassa, väsymislujuus, palonkestävyys) <A1]	4.1	Tarkistetaan, että suunnittelu tehdään soveltuvan eurokoodin mukaisesti	Tarkistetaan, että valmistettuja kokoonpanoja koskevat laskelmat ovat asianmukaiset ja varmennetut	5.6.2
Valmistuksen perusteella määräytyvät rakenteelliset ominaisuudet	4.5.1	Tarkistetaan, että valmistus tehdään kokoonpanoeritelmän ja standardien EN 1090-2 tai EN 1090-3 mukaisesti	Tarkistus standardien EN 1090-2 tai EN 1090-3 tarkastusta koskevien vaatimusten ja kokoonpanoeritelmän mukaisesti	5.6.3
Säilyvyys	4.9	Tarkistetaan, että valmistus tehdään standardien EN 1090-2 ja EN 1090-3 mukaisesti	Tarkistus standardien EN 1090-2 tai EN 1090-3 tarkastusta koskevien vaatimusten mukaisesti	5.11
^a Tätä vaatimusta voidaan lieventää, jos kokoonpanot valmistetaan samalla tavalla tai, jos geometria ei ole kriittinen tekijä niiden käytölle.				
^b Katso 4.8 ja 5.10.				

[6, s.36]

Kriteerit valmistusluokille ja käyttöluokille

Taulukko 1 Kriteerit käyttöluokille. [7, s.103]

Luokat	Kriteerit
SC1	<ul style="list-style-type: none"> – Rakenteet ja kokoonpanot, jotka suunnitellaan pääosin vain staattisille kuormituksille (Esimerkki: Rakennukset) – Rakenteet ja kokoonpanot ja niiden kiinnitykset, jotka suunnitellaan seismisille vaikutuksille matalan seismisen aktiviteetin perusteella ja luokassa DCL* – Rakenteet ja kokoonpanot, jotka suunnitellaan nostureista aiheutuville väsytkuormille (luokka S_0)**
SC2	<ul style="list-style-type: none"> – Rakenteet ja kokoonpanot, jotka suunnitellaan standardin EN 1993 mukaisille väsytkuormille. (Esimerkkejä: Maantie- ja rautatiesillat, nosturit (luokat $S_1 \dots S_9$)**, 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 väsytkuormitusten luokittelu standardeista EN 1991-3 ja EN 13001-1.

Taulukko 2 Kriteerit valmistusluokille. [7, s.103]

Luokat	Kriteerit
PC1	<ul style="list-style-type: none"> – Terästuotteista valmistetut kokoonpanot, joissa ei ole hitsejä – Hitsatut kokoonpanot, jotka on valmistettu terästuotteista, joiden lujuusluokka on alempi kuin S355
PC2	<ul style="list-style-type: none"> – 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.

Teräslajit

Taulukko 1 Kuumavalssattujen rakenneterästen myötörajan f_y ja vetomurtolujuuden f_u nimellisarvot. [11, s.26]

Standardi ja teräslaji	Nimellispaksuus t [mm]			
	$t \leq 40$ mm		$40 \text{ mm} < t \leq 80$ mm	
	f_y [N/mm ²]	f_u [N/mm ²]	f_y [N/mm ²]	f_u [N/mm ²]
EN 10025-2				
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	510	335	470
S 450	440	550	410	550
EN 10025-3				
S 275 N/NL	275	390	255	370
S 355 N/NL	355	490	335	470
S 420 N/NL	420	520	390	520
S 460 N/NL	460	540	430	540
EN 10025-4				
S 275 M/ML	275	370	255	360
S 355 M/ML	355	470	335	450
S 420 M/ML	420	520	390	500
S 460 M/ML	460	540	430	530
EN 10025-5				
S 235 W	235	360	215	340
S 355 W	355	510	335	490
EN 10025-6				
S 460 Q/QL/QL1	460	570	440	550

Taulukko 2 Rakenneputkien myötörajan f_y ja vetomurtolujuuden f_u nimellisarvot. [11, s.27]

Standardi ja teräslaji	Nimellispaksuus t [mm]			
	$t \leq 40$ mm		$40 \text{ mm} < t \leq 65$ mm	
	f_y [N/mm ²]	f_u [N/mm ²]	f_y [N/mm ²]	f_u [N/mm ²]
EN 10210-1				
S 235 H	235	360	215	340
S 275 H	275	430	255	410
S 355 H	355	510	335	490
S 275 NH/NLH	275	390	255	370
S 355 NH/NLH	355	490	335	470
S 420 NH/NLH	420	540	390	520
S 460 NH/NLH	460	560	430	550
EN 10219-1				
S 235 H	235	360		
S 275 H	275	430		
S 355 H	355	510		
S 275 NH/NLH	275	370		
S 355 NH/NLH	355	470		
S 460 NH/NLH	460	550		
S 275 MH/MLH	275	360		
S 355 MH/MLH	355	470		
S 420 MH/MLH	420	500		
S 460 MH/MLH	460	530		

Taulukko 3 Standardin EN 10088 mukaiset myötörajan f_y ja vetomurtolujuuden f_u nimellisarvot ruostumattomille rakenneteräksille. [8, s.29]

Ruostumattoman teräksen tyyppi	Teräslaji	Tuotemuoto							
		Kylmävalssattu nauha		Kuumavalssattu nauha		Kuumavalssattu levy		Tangot, langat ja profiilit	
		Nimellispaksuus t							
		$t \leq 6$ mm		$t \leq 12$ mm		$t \leq 75$ mm		$t \leq 250$ mm	
		f_y	f_u	f_y	f_u	f_y	f_u	f_y	f_u
		N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²
Ferriittiset teräokset	1.4003	280	450	280	450	250 ³⁾	450 ³⁾	260 ⁴⁾	450 ⁴⁾
	1.4016	260	450	240	450	240 ³⁾	430 ³⁾	240 ⁴⁾	400 ⁴⁾
	1.4512	210	380	210	380	-	-	-	-
Austeniittiset teräokset	1.4306							180	460
	1.4307	220	520	200	520	200	500	175	450
	1.4541							190	500
	1.4301	230	540	210	520	210	520		
	1.4401							200	500
	1.4404	240	530	220	530	220	520	230	530
	1.4539								
	1.4571		540		540				
	1.4432	240	550	220	550	220	520	200	500
	1.4435								
	1.4311	290	550	270	550	270	550	270	550
	1.4406	300	580	280	580	280	580	280	580
	1.4439	290		270		270			
	1.4529	300	650	300	650	300	650		
	1.4547	320	650	300	650	300	650	300	650
1.4318	350	650	330	650	330	630	-	-	
Austeniittisferriittiset teräokset	1.4362	420	600	400	600	400	630	400 ²⁾	600 ²⁾
	1.4462	480	660	460	660	460	640	450	650

¹⁾ Tässä taulukossa esitettyjä nimellisiä f_y - ja f_u -arvoja voidaan käyttää mitoituksessa ottamatta erityisesti huomioon anisotropian tai muokkauslujittumisen vaikutuksia

²⁾ $t \leq 160$ mm

³⁾ $t \leq 25$ mm

⁴⁾ $t \leq 100$ mm

Toteutusluokkakohtaiset vaatimukset

Taulukko 1 Vaatimukset toteutusluokille standardin EN 1090-2 liitteen A.3 mukaan [7, s.92-94]

Kohta	EXC1	EXC2	EXC3	EXC4
4 Eritelmät ja asiakirjat				
4.2 Toteuttajan asiakirjat				
4.2.1 Laatuasiakirjat	Nr (Ei vaatimuksia)	Kyllä	Kyllä	Kyllä
5 Käytettävät tuotteet				
5.2 Tunnistaminen, aineodistukset ja jäljitettävyys				
Aineodistukset	Ks. taulukko 1	Ks. taulukko 1	Ks. taulukko 1	Ks. taulukko 1
Jäljitettävyys	Nr (Ei vaatimuksia)	Kyllä (osittainen)	Kyllä (täydellinen)	Kyllä (täydellinen)
Merkintä	Nr	Kyllä	Kyllä	Kyllä

(Taulukko jatkuu)

5.3 Rakenneterästuotteet				
5.3.2 Paksuustoleranssit	Luokka A	Luokka A	Luokka A	Luokka B
5.3.3 Pinnan laadut	Levyt – Luokka A2 Pitkät tuotteet – Luokka C1	Levyt – Luokka A2 Pitkät tuotteet – Luokka C1	Tiukempia vaatimuksia, jos erikseen vaaditaan	Tiukempia vaatimuksia, jos erikseen vaaditaan
5.3.4 Erityisominaisuudet	Nr	Nr	Laatuluokka S1 sisäisille epäjatkuvuuksille hitsatuissa ristiliitoksissa	Laatuluokka S1 sisäisille epäjatkuvuuksille hitsatuissa ristiliitoksissa
6 Esivalmistus ja kokoaminen				
6.2 Tunnistaminen	Nr	Nr	Valmiit kokonpanot/ Ainestodistukset	Valmiit kokonpanot/ Ainestodistukset
6.4 Leikkaus				
6.4.3 Polttoleikkaus	Ei merkittäviä epätasaisuuksia Kovuus taulukon 10 mukaisesti, jos vaaditaan	EN ISO 9013 u = alue 4 Rz5 = alue 4 Kovuus taulukon 10 mukaisesti, jos vaaditaan	EN ISO 9013 u = alue 4 Rz5 = alue 4 Kovuus taulukon 10 mukaisesti, jos vaaditaan	EN ISO 9013 u = alue 3 Rz5 = alue 3 Kovuus taulukon 10 mukaisesti, jos vaaditaan
6.5 Muotoilu				
6.5.3 Kuumalla oikaisu	Nr	Nr	Kehitettävä soveltuva menettelytapa	Kehitettävä soveltuva menettelytapa
6.6 Rei'itys				
6.6.3 Reikien tekeminen	Lävistäminen	Lävistäminen	Lävistäminen + avartaminen	Lävistäminen + avartaminen
6.7 Aukot	Nr	Pienin pyöristyssäde 5 mm	Pienin pyöristyssäde 5 mm	Pienin pyöristyssäde 10 mm Lävistäminen ei ole sallittua
6.9 Kokoaminen	Sovittaminen: Reikien pidentäminen Toiminnallinen toleranssi Luokka 1	Sovittaminen: Reikien pidentäminen Toiminnallinen toleranssi Luokka 1	Sovittaminen: Reikien pidentäminen Toiminnallinen toleranssi Luokka 2	Sovittaminen: Reikien pidentäminen Toiminnallinen toleranssi Luokka 2
7 Hitsaus				
7.1 Yleistä	EN ISO 3834-4	EN ISO 3834-3	EN ISO 3834-2	EN ISO 3834-2

(Taulukko jatkuu)

7.4 Hitsausmenetelmien ja hitsaushenkilöstön hyväksyminen				
7.4.1 Hitsausmenetelmien hyväksyminen	Nr	Ks. taulukko 12 ja taulukko 13	Ks. taulukko 12 ja taulukko 13	Ks. taulukko 12 ja taulukko 13
7.4.2 Hitsaajat ja hitsausoperaattorit	Hitsaajat: EN 287-1 Operaattorit: EN 1418	Hitsaajat: EN 287-1 Operaattorit: EN 1418	Hitsaajat: EN 287-1 Operaattorit: EN 1418	Hitsaajat: EN 287-1 Operaattorit: EN 1418
7.4.3 Hitsauksen koordinointi	Nr	Tekninen tietämys taulukoiden 14 tai 15 mukainen	Tekninen tietämys taulukoiden 14 tai 15 mukainen	Tekninen tietämys taulukoiden 14 tai 15 mukainen
7.5.1 Railot	Nr	Nr	Konepajapohjamaalia ei sallita	Konepajapohjamaalia ei sallita
7.5.6 Tilapäiset kiinnitykset	Nr	Nr	Käyttö on esitettävä Leikkaaminen ja lastuaminen eivät ole sallittuja	Käyttö on esitettävä Leikkaaminen ja lastuaminen eivät ole sallittuja
7.5.7 Siltahitsit	Nr	Hyväksytty hitsausmenetelmä	Hyväksytty hitsausmenetelmä	Hyväksytty hitsausmenetelmä
7.5.9 Päittäishitsit 7.5.9.1 Yleistä 7.5.9.2 Yhdeltä puolelta hitsatut hitsit	Nr	Aloitus- ja lopetuspalat, jos vaaditaan	Aloitus- ja lopetuspalat Pysyvä jatkuva juurituki	Aloitus- ja lopetuspalat Pysyvä jatkuva juurituki
7.5.17 Hitsaustyön suoritus			Roiskeiden poisto	Roiskeiden poisto
7.6 Hyväksymiskriteerit	EN ISO 5817 Hitsiluokka D [A1> poistettu teksti <A1]	EN ISO 5817 Yleensä hitsiluokka C	EN ISO 5817 Hitsiluokka B	EN ISO 5817 Hitsiluokka B+
9 Asentaminen				
9.6 Asentaminen ja työskentely työmaalla				
9.6.3 Käsittely ja varastointi työmaalla	Nr	Dokumentoitu korjausmenetelmä	Dokumentoitu korjausmenetelmä	Dokumentoitu korjausmenetelmä
9.6.5.3 Sovitus ja linjaus	Nr	Nr	Kohdan 7 vaatimukset koskevat täytelevyjen hitsaamalla tapahtuvaa varmistamista	Kohdan 7 vaatimukset koskevat täytelevyjen hitsaamalla tapahtuvaa varmistamista

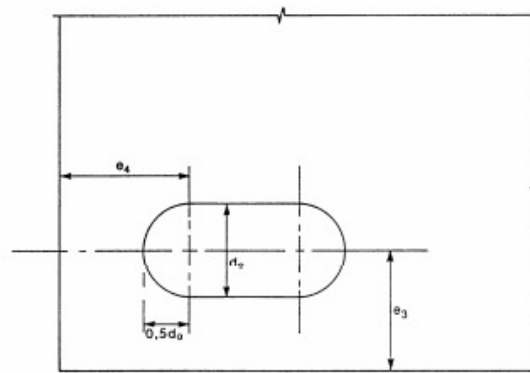
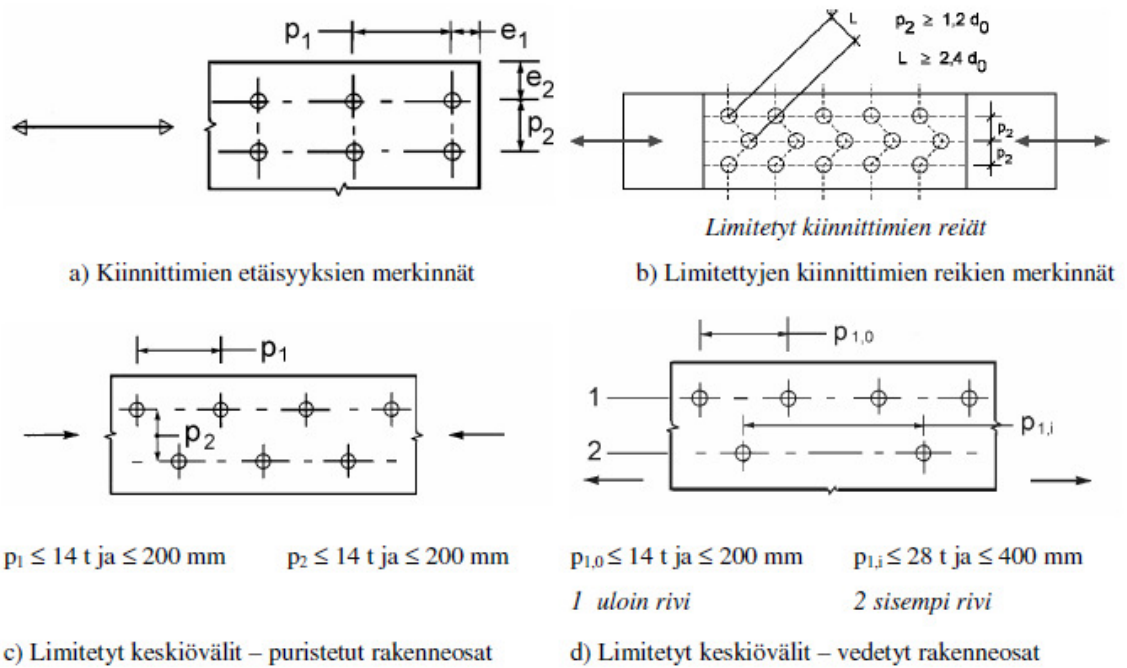
(Taulukko jatkuu)

12 Tarkastus, testaus ja korjaaminen				
12.4.2 Tarkastus hitsauksen jälkeen				
12.4.2.2 Tarkastuslaajuus	Silmämääräinen tarkastus	NDT: Ks. taulukko 24	NDT: Ks. taulukko 24	NDT: Ks. taulukko 24
12.4.2.5 Hitsien korjaus	Ei vaadita hyväksytyä hitsausohjetta	Hyväksytyn hitsausohjeen mukaisesti	Hyväksytyn hitsausohjeen mukaisesti	Hyväksytyn hitsausohjeen mukaisesti
12.4.4 Hitsauksen työkoheet	Nr	Nr	Erikseen vaadittaessa	Erikseen vaadittaessa
12.5.2 Esijännitettyjen ruuviliitosten tarkastaminen ja testaaminen	Nr	seuraavasti	seuraavasti	seuraavasti
12.5.2.2 Ennen kiristämistä		Kiristysmenetelmän tarkastaminen	Kiristysmenetelmän tarkastaminen	Kiristysmenetelmän tarkastaminen
12.5.2.3 Kiristyksen aikana ja kiristyksen jälkeen		Kiristyksen 2. vaihe Peräkkäisnäytetyyppi A	Kiristyksen 1. vaihe Kiristyksen 2. vaihe Peräkkäisnäytetyyppi A	[A1> Kiristyksen 1. vaihe <A1] Kiristyksen 2.vaihe Peräkkäisnäytetyyppi B
12.5.2.4 Vääntömomenttiin perustuva menetelmä		Kokoonpanoerien sijainti 2. kiristysvaihe	Kokoonpanoerien sijainti Kiristysmenetelmän tarkastaminen (jokainen ruuvierä) 2. kiristysvaihe	Kokoonpanoerien sijainti Kiristysmenetelmän tarkastaminen (jokainen ruuvierä) 2. kiristysvaihe
12.5.2.5 Yhdistetty menetelmä		Merkinnän tarkastaminen 2. kiristysvaihe	1. kiristysvaihe Merkinnän tarkastaminen 2. kiristysvaihe	1. kiristysvaihe Merkinnän tarkastaminen 2. kiristysvaihe
12.5.3.1 Kuamaniittien tarkastus, testaus ja korjaus	Nr	Sointikoe Peräkkäisnäytetyyppi A	Sointikoe Peräkkäisnäytetyyppi A	Sointikoe Peräkkäisnäytetyyppi B
12.7.3.1 Liitosnurkkien geometrisen sijainnin tarkastus	Nr	Nr	Tallenne tarkastuksesta	Tallenne tarkastuksesta

Kiinnittimien keskiöväli, pääty- ja reunaetäisyydet

Taulukko 1 Pienin ja suurin keskiöväli, pääty- ja reunaetäisyydet. [12, s.24]

Pääty- ja reunaetäisyydet sekä keskiöväli, ks. kuva 3.1	Minimiarvo	Maksimiarvo ^{1) 2) 3)}		
		EN 10025 mukaisista teräksistä (paitsi EN 10025-5:n mukaiset teräkset) tehdyt rakenteet		EN 10025-5 mukaisista teräksistä tehdyt rakenteet
		Säälle tai muille korroosiorasituksille altis rakenne	Rakenne, joka ei ole altis säälle tai muille korroosiorasituksille	Suojaamaton rakenne
Päätyetäisyys e_1	$1,2d_0$	$4t + 40$ mm		Suurempi arvoista $8t$ ja 125 mm
Reunaetäisyys e_2	$1,2d_0$	$4t + 40$ mm		Suurempi arvoista $8t$ or 125 mm
Etäisyys e_3 Pidennetyissä rei'issä	$1,5d_0$ ⁴⁾			
Etäisyys e_4 Pidennetyissä rei'issä	$1,5d_0$ ⁴⁾			
Keskiöväli p_1	$2,2d_0$	Pienempi arvoista $14t$ ja 200 mm	Pienempi arvoista $14t$ ja 200 mm	Pienempi arvoista $14t_{\min}$ ja 175 mm
Keskiöväli $p_{1,0}$		Pienempi arvoista $14t$ ja 200 mm		
Keskiöväli $p_{1,1}$		Pienempi arvoista $28t$ ja 400 mm		
Keskiöväli p_2 ⁵⁾	$2,4d_0$	Pienempi arvoista $14t$ ja 200 mm	Pienempi arvoista $14t$ ja 200 mm	Pienempi arvoista $14t_{\min}$ ja 175 mm
<p>1) Keskiöväleillä, pääty- ja reunaetäisyyksillä ei ole ylärajaa paitsi seuraavissa tapauksissa:</p> <ul style="list-style-type: none"> - puristetuissa rakenneosissa paikallisen lommahduksen ja korroosion välttämiseksi korroosiorasituksen alaisena ja; - korroosiorasitukselle alttiit vedetyt rakenneosat korroosion välttämiseksi. <p>2) Kiinnittimien välisen puristetun levyn paikallinen lommahdus lasketaan standardin EN 1993-1-1 mukaan olettamalla levy pilariksi ja käyttämällä nurjahduspituutena arvoa $0,6p_1$. Kiinnittimien välisen puristetun levyn paikallista lommahdusta ei tarvitse tarkistaa, jos p_1/t on pienempi kuin 9e. Reunaetäisyys saa olla enintään ulokkeelliselle puristetulle taso-osalle esitetyn arvon suurin paikallisen lommahduksen estämiseksi, ks. standardi EN 1993-1-1. Tämä vaatimus ei koske päätyetäisyyttä.</p> <p>3) t on uloimman liitettävän osan pienempi paksuus.</p> <p>4) Pidennettyjen reikien raja-arvot esitetään kohdan 1.2.7 mukaisessa viitestandardiryhmässä 7.</p> <p>5) Limitetyille kiinnitinriveille voidaan käyttää minimiarvoa $p_2 = 1,2d_0$, jos kahden limityksessä olevan kiinnittimen välinen minimietäisyys $L \geq 2,4d_0$, ks. kuva 3.1b).</p>				

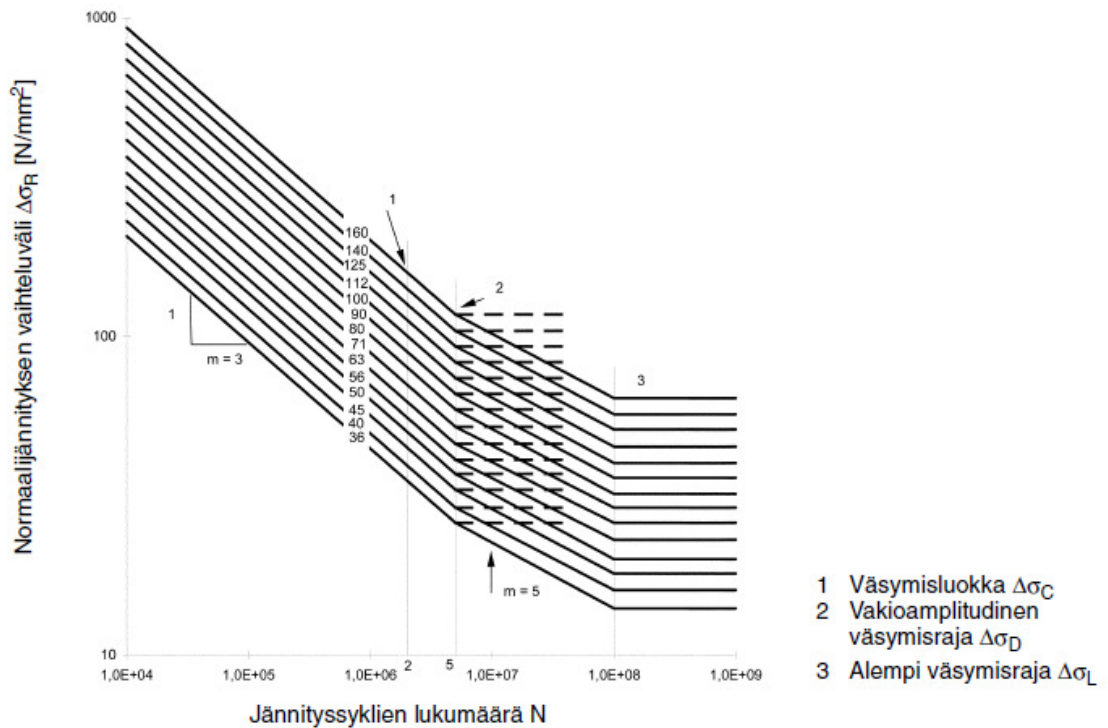


Kuva 1 Kiinnittimien pääty- ja reunaetäisyyksien sekä keskiövälin merkinnät. [12, s.25]

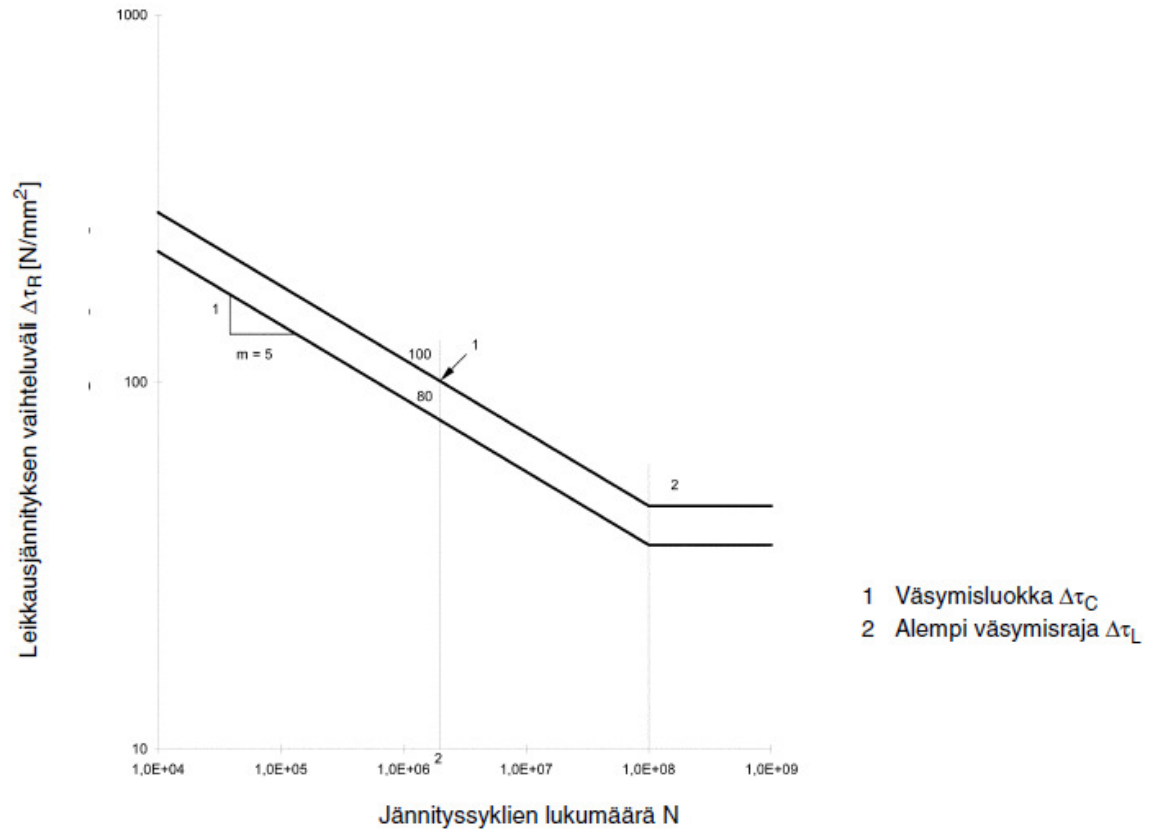
Väsymismitoituksen aineosavarmuusluvut ja S-N -käyrät

Taulukko 1 Väsymismitoituksessa suositeltavat aineosavarmuusluvut γ_{Mf} . [13, s.11]

Luotettavuustarkastelu	Vaurion seuraukset	
	Pienet	Suuret
Vaurionsietoperiaate	1,00	1,15
Varman kestämisen periaate	1,15	1,35



Kuva 1 S-N-käyrät normaalijännitysten vaihteluväleille. [13, s.15]



Kuva 2 S-N-käyrät leikkausjännityksen vaihteluväleille. [13, s.16]

Mandaatin M120 liite 1 kohta 2/4

Taulukko 1 Alla on esitetty Euroopan komission laatiman mandaatin M120 liitteen 1 kohta 2/4, jonka pohjalta standardi EN 1090-1 on laadittu. [17]

II) STRUCTURAL METALLIC CONSTRUCTION MEMBERS
Finished metallic products such as metal framing for suspended ceilings (heavy duty), trusses, girders, columns, beams, stairs, ground piles, bearing piles and sheet piling, cut to size sections designed for certain applications, and rails and sleepers.
They can be unprotected or protected against corrosion by coating, welded or not.

Characteristics to be covered by the harmonized standard will be :

E R	PERFORMANCE CHARACTERISTIC	Durability
1	-Impact resistance -Tolerances on dimension and shape -Weldability [chemical composition] -Load bearing capacity (as relevant to the type of product) -Fatigue strength -Fracture toughness/ brittle strength	Y <i>(against corrosion)</i>
2	-Resistance to fire -Reaction to fire <i>(for metal framing for suspended ceilings)</i>	
3	-Release of cadmium and its compounds -Emission of radioactivity	
4		
5		
6		