



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Julia Piironen

DETALJISUUNNITTELUN YLEISET
PERIAATTEET RUUKKI
CONSTRUCTION OY:SSÄ

Tekniikka
2018

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Julia Piironen
Opinnäytetyön nimi	Detaljisuunnittelun yleiset periaatteet Ruukki Construction Oy:ssä
Vuosi	2018
Kieli	suomi
Sivumäärä	77 + 6 liitettä
Ohjaaja	Tony Lillhannus & Jari Lehtiö

Detaljisuunnittelu on tärkeä osa suunnittelutyötä, sillä rakenteet sisältävät useita detaljeja, joiden suunnittelu vaikuttaa tuotantoon ja asennukseen. Opinnäytetyön tilaajalla Ruukki Construction Oy:llä ei ollut ajan tasalla olevaa ohjeistusta detaljisuunnitteluun. Tämän takia detaljien suunnittelussa on esiintynyt virheitä, joista on aiheutunut ajanhukkaa ja lisäkustannuksia konepajoilla ja asennustyömailla. Opinnäytetyön päämääränä oli luoda teräsrakenteiden detaljisuunnitteluun ohje, jonka tarkoituksena on helpottaa suunnittelutyötä ja välttää suunnitteluvirheitä. Opinnäytetyön tavoitteena oli parantaa tuotannon ja asennuksen kustannustehokkuutta suunnittelun avulla siten, että detaljit suunnitellaan huomioiden valmistus- ja asennusystävällisyys.

Detaljisuunnittelu tarkoittaa rakenteiden yksityiskohtaista suunnittelua. Se käsittää muun muassa hitsi- ja ruuviliitokset, pintakäsittelyn, työmaanostovarustelun sekä jokaiselle rakenteelle ominaisia yksityiskohtia. Opinnäytetyön alkuvaiheessa selvitettiin kyselyn avulla konepaja- sekä asennushenkilöstön havaitsemia virheitä detaljisuunnittelussa. Kyselyn tarkoituksena oli saada selville ongelmakohtia, joihin työssä tulisi keskittyä. Työn tavoitteet saavutettiin perehtymällä muun muassa teräsrakenteita käsitteleviin tietolähteisiin sekä keskustelemalla alan asiantuntijoiden kanssa. Lisäksi ohjetta täydennettiin Tekla Structures -ohjelmistolla mallinnetuilla havainnollistavilla kuvilla.

Opinnäytetyön lopputuloksena oli suunnitteluohje, joka käsittelee eri rakenteiden detaljeja huomioiden valmistus- ja asennusystävällisyys. Näitä rakenteita ovat kuumavalssattu I-profiili, hitsattu I- ja koteloprofiili, WQ-palkki, liittopilari sekä side ja ristikko. Varsinaisen opinnäytetyön lisäksi tehtiin kuvapainotteinen englanninkielinen PowerPoint-esitys, johon tiivistettiin ohjeen sisältö. PowerPoint-esityksen tarkoituksena oli tuoda ohje helposti lähestyttäväksi sekä nopeuttaa oleellisen tiedon löytämistä.

Avainsanat	Detaljisuunnittelu, teräsrakenteet, valmistusystävällisyys ja asennusystävällisyys
------------	--

ABSTRACT

Author	Julia Piironen
Title	The General Principles of Detailed Design at Ruukki Construction Ltd
Year	2018
Language	Finnish
Pages	77 + 6 Appendices
Name of Supervisor	Tony Lillhannus & Jari Lehtiö

Detailed design is an important part of design work because structures contain several details whose design affects production and installation. The client of the thesis Ruukki Construction Ltd did not have an updated guide for detailed design. Therefore, deviations have occurred which have caused waste of time and additional costs in the production and the installation. The aim of the thesis was to create a design guide for details of steel structures. The purpose of the guide is to facilitate the design work and avoid doing deviations in the design phase. The objective of the thesis was to improve the cost-efficiency of the production and the installation with the help of design so that the details will be designed considering production- and installation-friendliness.

Detailed design means that structures are designed in detail. It includes, among other things, welded and screwed connections, surface treatment and lifting accessories as well as typical details of each structures. At the beginning of the thesis the deviations of detailed design were researched using a questionnaire which was sent to the production and the installation personnel. The purpose of the questionnaire was to find out the problematics that the thesis should focus on. The objectives of the thesis were achieved by studying steel structures and detailed design from various sources and by discussing with the experts in the field. In addition, the guide was supplemented with the illustrative images modeled with Tekla Structures software.

The outcome of the thesis was a design guide which deals with the details of various structures considering the production- and the installation-friendliness. These structures are hot-rolled I-profile, welded I-profile and box section, WQ-beam, composite column as well as brace and truss. In addition to the main thesis, an English PowerPoint presentation was created, summarizing the contents of the guide. The purpose of the presentation was to make the guide approachable and to speed up finding the essential information.

Keywords	Detailed design, steel structures, production-friendliness and installation-friendliness
----------	--

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	12
1.1	Tavoitteet	12
1.2	Menetelmät ja aineisto	13
1.3	Työn tilaaja	13
2	TIETOKONEAVUSTEINEN SUUNNITTELU	14
2.1	3D-mallinnus.....	14
2.1.1	Piirustukset.....	14
2.2	Tekla Structures	16
3	DETALJISUUNNITTELU	17
3.1	Suunnittelun vaikutus tuotantoon ja asennukseen	17
3.2	Teräslajit	19
3.3	Liitokset	19
3.3.1	Hitsiliitos.....	20
3.3.2	Ruuviliitos.....	21
3.4	Pintakäsittely.....	23
3.4.1	Korroosionestomaalaus	25
3.4.2	Kuumasinkitys	25
3.4.3	Palosuojamaalaus	26
3.5	Työmaanostot.....	26
3.6	Kuljetus	27
4	SUUNNITTELUN KEHITTÄMISEN PERUSTA.....	29
4.1	Kysely sekä vastaukset	29
4.2	Konepajojen valmistusmahdollisuudet	33
5	DETALJIEN SUUNNITTELU RUUKKI CONSTRUCTION OY:SSÄ	34
5.1	Kuumavalssattu I-palkki ja -pilari	34
5.1.1	Jäykistelevyt.....	34
5.1.2	Päätylevyt.....	35

5.1.3	Nostoreiät	36
5.2	Hitsattu I- ja koteloprofiili	38
5.2.1	Suositteltavat mitat	38
5.2.2	Profiilihitsit	39
5.2.3	Jäykistelevyt	40
5.3	WQ-palkki	41
5.3.1	Suositteltavat mitat	41
5.3.2	Profiilihitsit	44
5.3.3	Korotusteräkkeet	45
5.3.4	Päätylevyt	46
5.3.5	Vääntöluokat	47
5.3.6	Sisäpuoliset jäykisteet	49
5.3.7	Nostoholkit	49
5.3.8	Vedenpoistoreiät	50
5.4	Liittopilari	52
5.4.1	Valuaukko	53
5.4.2	Päätylevyt	53
5.4.3	Nostoreiät	54
5.4.4	Vedenpoistoreiät	55
5.4.5	Höyryreiät	55
5.4.6	Asennusaikainen tuenta	57
5.4.7	Raudoitteet	58
5.4.8	Läpimenevät osat	58
5.5	Side	60
5.5.1	Päätylevyt	60
5.5.2	Nostoholkit	61
5.5.3	Päät yliiitos	62
5.6	Ristikko	66
5.6.1	Vedenpoistoreiät	67
5.6.2	Sisäiset ristikkoliitokset	68
5.6.3	Nostot	70
5.6.4	Sideliitos	71

6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	74
LÄHTEET.....	76

LIITTEET

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuvio 1. Projektioiden kääntömenetelmien tunnuksset.	15
Kuvio 2. Teräsrakenteen tyypillinen kustannusjakauma /10/.	18
Kuvio 3. Ruuvien välisien etäisyyksien merkinnät /12/.	22
Kuvio 4. Esimerkki kahden ja yhden ruuvin sideliitoksesta.	23
Kuvio 5. Konepajahenkilöstön arvio eri rakenteiden detaljisuunnittelussa havaittujen virheiden/puutteiden määrästä /15/.	30
Kuvio 6. Konepajahenkilöstön arvio eri yksityiskohtien detaljisuunnittelussa havaittujen virheiden/puutteiden määrästä /15/.	31
Kuvio 7. Asennushenkilöstön arvio eri rakenteiden detaljisuunnittelussa havaittujen virheiden/puutteiden määrästä /15/.	32
Kuvio 8. Asennushenkilöstön arvio eri yksityiskohtien detaljisuunnittelussa havaittujen virheiden/puutteiden määrästä /15/.	32
Kuvio 9. Kuumavalssatun I-palkin jäykisteet kokonaisena ja vajaamittaisena.	35
Kuvio 10. Esimerkki I-palkin huonosta päätylevyliitoksesta valmistusystävällisyyden kannalta.	35
Kuvio 11. Esimerkki I-palkin hyvästä päätylevyliitoksesta valmistusystävällisyyden kannalta.	36
Kuvio 12. Esimerkki I-pilarin hyvästä pohjalevyliitoksesta valmistusystävällisyyden kannalta.	36
Kuvio 13. I-palkin nostoreikien sijoittelu.	37
Kuvio 14. I-pilarin nostoreiät.	38
Kuvio 15. I- ja koteloprofiilin merkintätavat /12/.	39
Kuvio 16. Hitsatun I- ja koteloprofiilin profiilihitsien merkintätapa konepajapiirustuksissa /19/.	40
Kuvio 17. Hitsatun I-palkin jäykistelevyt.	40
Kuvio 18. WQ-palkin korkeus ontelolaatan korkeuteen nähden /13, 14/.	42
Kuvio 19. WQ-kenttäpalkin ja -reunapalkin mittaamisperiaatteet /20/.	42
Kuvio 20. WQ-profiilin merkintätavat /12/.	44
Kuvio 21. WQ-palkin profiilihitsien merkintätapa konepajapiirustuksissa /19/.	44
Kuvio 22. WQ-palkin korotusteräket.	45
Kuvio 23. Korotetun WQ-palkin mittaamisperiaate /20/.	46

Kuvio 24. WQ-palkin päätylevy.	46
Kuvio 25. WQ-palkin päätylevy aukollisena.	47
Kuvio 26. WQ-palkin korotusterästen päätylevyt.	47
Kuvio 27. WQ-palkin vääntölukon mitat /19/.	48
Kuvio 28. WQ-palkin vääntölukon hitsit /19/.	48
Kuvio 29. WQ-palkin sisäinen jäykistelevy.	49
Kuvio 30. WQ-palkin nostoholkkien etäisyys painopisteestä.	50
Kuvio 31. Nostoholkin ja ruuvien esittäminen konepajapiirustuksessa /18/.	50
Kuvio 32. WQ-palkin vedenpoistoreiät.	51
Kuvio 33. WQ-palkin vedenpoistoreiät sisäisen jäykisteen molemmin puolin.	51
Kuvio 34. WQ-palkin sisäisen jäykisteen vedenpoistoaukot.	52
Kuvio 35. WQ-palkin korotusteräksen sisäisen jäykisteen ja päätylevyn vedenpoistoaukot /21/.	52
Kuvio 36. Liittopilarin valuyhteen toimintaperiaate /22/.	53
Kuvio 37. Liittopilarin ilmareikä.	54
Kuvio 38. Liittopilarin nostoreiät.	55
Kuvio 39. Liittopilarin vedenpoistoreiät.	55
Kuvio 40. Liittopilarin höyryreiät.	56
Kuvio 41. Liittopilarin höyryreiät sijoitetaan liittyvän rakenteen alapuolelle.	56
Kuvio 42. Liittopilarin asennusaikainen tuenta /24/.	57
Kuvio 43. Liittopilarin asennusaikaisen tuen suositeltava korkeusasema /24/.	57
Kuvio 44. Yleiskuva liittopilarin raudoitteiden kiinnittämisestä /19/.	58
Kuvio 45. Liittopilarin ja I-palkkien liitoslevy.	59
Kuvio 46. Liittopilarin palotappi.	59
Kuvio 47. Putkiprofiilin päätylevy.	61
Kuvio 48. Seinän vinositeen nostoholkki painopisteessä, kun putken massa on < 1500 kg /18/.	61
Kuvio 49. Seinän vinositeen nostoholkkien sijainti, kun putken massa on 1500–4000 kg /18/.	62
Kuvio 50. Putken sisäpuolelle hitsattu liitoslevy.	63
Kuvio 51. Liitoslevy hitsataan putken sisäpuolelta, kun putken kapeampi sivu on ≥ 100 mm.	63

Kuvio 52. Putken ulkopuolelle hitsattu liitoslevy.	64
Kuvio 53. Liitoslevy hitsataan putken ulkopuolelta, kun putken kapeampi sivu on < 100 mm.	64
Kuvio 54. Putken päätylevyyn hitsattu liitoslevy.	65
Kuvio 55. Putken päiden reikien välisen etäisyyden toleranssi.	65
Kuvio 56. Kaksileikkeinen liitos.	66
Kuvio 57. Kaksileikkeisen liitoksen liitoslevyjen välinen etäisyys, kun liittyvän levyn paksuus on 10 mm.	66
Kuvio 58. Ristikkotyypit /25/.	67
Kuvio 59. Vaihtoehdot ristikon vedenpoistoreikien sijoittelulle /21/.	68
Kuvio 60. Ristikon uumasauvojen liitoskulman vaikutus hitsaamiseen /25/.	68
Kuvio 61. Ristikon vapaaväli.	69
Kuvio 62. Ristikkoliitoksen oikein ja väärin limitetty liitos /25/.	69
Kuvio 63. Ristikkoliitosten vahvistaminen /25/.	70
Kuvio 64. Usean siteen liittyminen ristikkoon samalla liitoslevyllä.	71
Kuvio 65. Ristikon yläpaarten alapuolelle sijoitettu liitoslevy.	72
Kuvio 66. Ristikon yläpaarten läpi sijoitettu liitoslevy.	72
Kuvio 67. Yläpaarten kylkiin sijoitetut liitoslevyt vaaka- ja pystyasennossa.	73
Taulukko 1. Hitsipalkojen lukumäärä /5/.	20
Taulukko 2. Hitsausluokan valinta toteutusluokan perusteella /12/.	21
Taulukko 3. Ruuvien reikien nimellisvälykset [mm] /12/.	22
Taulukko 4. Minimi- ja suositusetäisyydet ruuvien sijoittelulle /12/.	22
Taulukko 5. Eri pinnoitteiden ominaisuuksien ja kustannusten vertailu /9/.	24
Taulukko 6. Suositeltavat ilmanpoistoreikien koot putkirakenteille /9/.	26
Taulukko 7. Nostureiden nostokapasiteetit /10/.	27
Taulukko 8. Maantiekuljetuksen sallitut maksimitat Suomessa /12/.	28
Taulukko 9. Ruukin konepajojen valmistusmahdollisuudet /16/.	33
Taulukko 10. I-palkin nostoreikien halkaisija /18/.	37
Taulukko 11. WQ-kenttäpalkkien tunnuksot ja mitat /20/.	43
Taulukko 12. WQ-reunapalkkien tunnuksot ja mitat /20/.	43
Taulukko 13. WQ-palkin pituuden vaikutus nostoholkin sijaintiin /18/.	50

Taulukko 14. Putkiprofiilin pyöristyssäde /25/.

Taulukko 15. Liitoslevyn putken sisällä olevan osuuden maksimipituus /13, 14/.

LIITELUETTELO

LIITE 1. Standardin EN 10025 mukaisten teräslajien myötö- ja vetomurtolujuuden nimellisarvot /12/.

LIITE 2. Hitsien perustunnukset /26/.

LIITE 3. Kaksipuolisten hitsien yhdistetyt perustunnukset /26/.

LIITE 4. Erilaiset hitsausasennot /8/.

LIITE 5. Kyselyn vastaukset.

LIITE 6. Suunnitteluohjeesta tiivistetty englanninkielinen PowerPoint-esitys.

1 JOHDANTO

Suunnittelun merkitys rakennusprosessissa on todella suuri, sillä suunnitelmien perusteella rakenteet valmistetaan ja asennetaan paikoilleen. Tämän vuoksi suunnittelun pitäisi olla virheetöntä, kustannustehokasta sekä tuotanto- ja asennusystävällistä. Rakenteissa on paljon yksityiskohtia, joiden suunnittelussa esiintyy helposti virheitä ja puutteita. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on toimia detaljisuunnittelun ohjeena työn tilaajalle Ruukki Construction Oy:lle.

Opinnäytetyö käsittelee vain teräsrakenteiden detaljeja. Se on kirjoitettu suunnittelijan näkökulmasta huomioiden kustannustehokkuus, valmistettavuus ja asennettavuus. Mitoitustekniset asiat on rajattu työn ulkopuolelle, joten teräsdetaljien kesävyys on aina tarkistettava erikseen. Ohje on suuntaa antava ja sitä voidaan soveltaa tapauskohtaisesti.

Opinnäytetyön alussa kerrotaan yleistä teoriatietoa tietokoneavusteisesta suunnittelusta sekä detaljisuunnittelusta. Lisäksi selvitetään Ruukin tuotanto- ja asennushenkilöstön havaitsemat virheet detaljisuunnittelun kehittämisen avuksi sekä Ruukin konepajojen valmistusmahdollisuudet. Työssä käydään läpi kuumavalssatun I-palkin ja -pilarin, hitsatun I- ja koteloprofiilin, WQ-palkin, liittopilarin, sitteen sekä ristikon yleisimpiä detaljeja. Ohjeessa on havainnollistavia kuvia eri detaljeista, jotka on tehty Tekla Structures -ohjelmistolla.

1.1 Tavoitteet

Opinnäytetyön päämääränä on tehdä teräsrakenteiden detaljisuunnitteluun ohje, jonka tavoitteena on tuotannon ja asennuksen kustannustehokkuuden parantaminen suunnittelun avulla. Tarkoituksena on suunnitella tuotteet niin, että tuotannossa ja asennuksessa ei aiheudu ylimääräistä ajanhukkaa. Lisäksi suunnittelussa pyritään toistamaan Ruukin suunnittelijoiden sekä konepaja- ja asennushenkilöstön hyväksi toteamia käytäntöjä, jolloin tuotantoa on mahdollista kehittää. Tavoitteena on myös suunnittelun tehostaminen siten, että ohjeeseen kootaan valmiiksi mietittyjä ratkaisuja helpottamaan suunnittelutyötä. Lisäksi ohje tulee sisältämään esimerkkejä Ruukin konepaja- ja asennushenkilöstön kokemista huonoista suun-

nitteluratkaisuista, minkä tavoitteena on oppia tehdyistä virheistä ja estää niiden syntyminen tulevaisuudessa. Työn lopputuloksena on varsinaisen opinnäytetyön lisäksi englanninkielinen PowerPoint-esitys. Kuvapainotteiseen PowerPointesitykseen tiivistetään ohjeen sisältö, jolloin suunnittelijat voivat nopeasti katsoa mallia toimivista ratkaisuista ja näin välttää tekemästä virheitä. Ohje tulee myös Ruukki Construction Oy:n käyttämien ulkopuolisten suunnittelijoiden käyttöön.

1.2 Menetelmät ja aineisto

Tiedonkeruu aloitettiin kyselyn lähettämällä Ruukin konepajojen ja asennuksen henkilöstölle. Kyselyllä pyrittiin selvittämään detaljisuunnittelun ongelmakohtia, jotta ohjetta tehdessä pystyttäisiin kiinnittämään niihin erityistä huomiota. Työtä tehdessä perehdyttiin teräsrakentamista käsittelevään kirjallisuuteen, standardeihin sekä verkkojulkaisuihin. Lisäksi aineistona on ollut työn tilaajan omia suunniteluohjeita. Tärkeää tietoa on saatu myös Ruukki Construction Oy:n henkilöstön kanssa käydyistä keskusteluista.

1.3 Työn tilaaja

Työn tilaajana toimii Ruukki Construction Oy, joka on yksi SSAB:n divisioonista. SSAB on pohjoismainen ja yhdysvaltalainen teräsyhtiö, joka toimii yli 50 maassa. Ruukki Construction Oy työllistää noin 2500 työntekijää eri puolilla Eurooppaa muun muassa Suomessa, Puolassa ja Liettuassa. SSAB Europe on Ruukki Construction Oy:n suurin teräksen toimittaja. /1, 2/

Ruukki Construction Oy:n ydinliiketoimintasegmentit ovat liike- ja toimitilarakentaminen sekä asuinrakentaminen. Ruukki Construction Oy:n palveluihin kuuluvat rungon, kuorirakenteiden ja vesikaton suunnittelun lisäksi myös tuotteiden valmistus ja asennus. Palvelut voi tilata kokonaisuutena kaikki samalta toimittajalta tai vain tuotekohtaisesti. Tavoitteena on kestävä kehitys rakennusten elinkaaren kaikissa vaiheissa sekä arkkitehtonisesti, teknisesti ja taloudellisesti suorituskykyiset tuotteet. Tuotevalikoimassa on terästä hyödyntäviä rakenteita, kuten sandwich-seinäpaneeleita ja teräsrunkoja sekä rakentamisen komponentteja, esimerkiksi asuinrakentamisessa käytettäviä kattotuotteita sekä kantavia poimulevyjä. /2/

2 TIETOKONEAVUSTEINEN SUUNNITTELU

2000-luvun alussa kaksiulotteinen suunnittelu alkoi siirtyä kohti 3D-mallinnusta. 3D-mallinnusohjelmistot ovat huomattavasti tehokkaampia kuin 2D-ohjelmistot, sillä ne tarjoavat uusia hyödyllisiä ominaisuuksia, joita ovat esimerkiksi rakenteen toimivuuden varmistaminen sekä osien yhteensovittaminen. Eräs 3D-mallinnusohjelmisto on ympäri maailman käytössä oleva Tekla Structures. /3, 4/

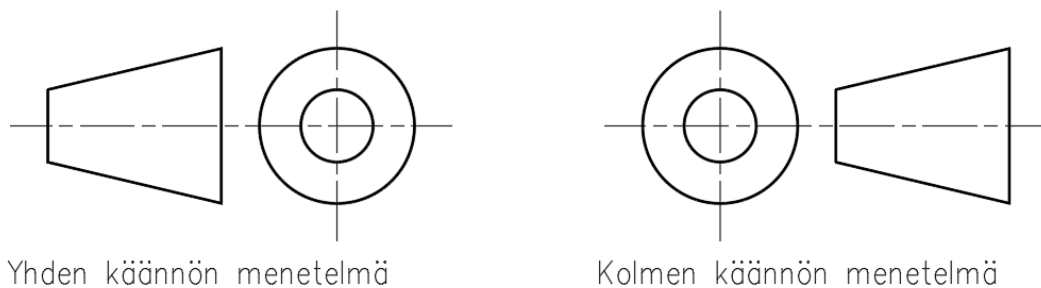
2.1 3D-mallinnus

3D-mallinnus tarkoittaa kolmiulotteista suunnittelua tietokoneohjelmiston avulla. Tämä tarkoittaa sitä, että suunnitellut kappaleet näyttävät tietokoneen ruudulla siltä, miltä ne todellisuudessa näyttävät. Onnistuneen suunnittelun edellytys on, että valmistetut osat sopivat yhteen. Tätä on helppo tarkastella 3D-mallissa sekä silmämääräisesti että törmäystarkastelutyökaluilla. Kun mahdolliset virheet huomataan jo suunnitteluvaiheessa, on ne helppo korjata 3D-mallissa ja siten säästyään lisäkustannuksilta. Kuitenkaan 3D-mallin tuottaminen ei ole päätarkoitus suunnittelussa, vaan malli tehdään kaksiulotteisten tuotantopiirustusten aikaansaamiseksi sekä suunnittelun helpottamiseksi. 3D-mallin tiedostokoko on usein niin suuri, että mallia ei lähetetä valmistajalle vaan ainoastaan 2D-piirustukset. /3/

2.1.1 Piirustukset

Kun 3D-malli on valmis, voidaan sen pohjalta luoda 2D-piirustus. Koska piirustuksien avulla tieto välitetään eteenpäin konepajoille ja asennustyömaille, täytyy piirustuksien sisältää kaikki tarvittava tieto sekä kappaleiden valmistamiseksi että asentamiseksi. Jokaisella kappaleella on oltava omat tunnuksensa. Lisäksi piirustuksista on käytävä ilmi muun muassa valmistusmateriaali, hitsausluokka ja hitsit, pintakäsittely sekä asennuskorot. Piirustusten on oltava selkeitä, mutta kuitenkin niiden tulee sisältää riittävästi tarkoituksenmukaisia mittoja. Mittaviivoja laittaessa suunnittelijan tulee huomioida, että mittaviivan lähtöpisteestä on todellisuudessa mahdollista mitata. /3, 5, 6/

Piirustuksissa rakenteesta on esitettävä useampia näkymiä eli projektioita. Niiden sijoittelusta toisiinsa nähden on olemassa kaksi eri menetelmää (Kuvio 1): eurooppalainen yhden käännön menetelmä ja amerikkalainen kolmen käännön menetelmä. Yhden käännön menetelmässä projektiosta toiseen siirryttäessä kappaletta käännetään 90 astetta. Kolmen käännön menetelmässä puolestaan kappaletta käännetään kolme kertaa 90 astetta. Ruukin projekteissa käytetään aina yhden käännön menetelmää. Piirustuksia tehdessä täytyy varmistaa, että käytössä on oikea menetelmä, jotta konepajalla ei tulisi sekaannuksia. /5/



Kuvio 1. Projektioiden kääntömenetelmien tunnuksat.

Jos kappaletta on jälkikäteen muutettava, on tarvittavat muutokset helppo ja nopea tehdä 3D-mallin puolella. Koska mallin ja piirustusten välillä on linkki, myös piirustus päivittyy automaattisesti. Tämä on yksi 3D-mallinnuksen hyödyistä ja se säästää merkittävästi työtä. Jos piirustus on lähetetty konepajalle jo ennen muutosten tekoa, on piirustuksesta tehtävä uusi versio niin kutsuttu revisio. Jotta konepajalla muuttunut kohta löydetään piirustuksesta nopeasti, on muuttunut kohta merkittävä piirustukseen revisiopilvellä sekä lisäksi kirjoitettava selventävä kuvaus. Tuotanto- ja asennustyön helpottamiseksi piirustusten on oltava yhdenmukaisia. Tarkemmat ohjeet piirustusten luomiseen löytyy Ruukin Konepajapiirustusten laadintaohjeesta 1.4 sekä asennuspiirustusten laadintaohjeesta (Erection Drawing Guide 1.0). /3, 5, 6/

2.2 Tekla Structures

Vuonna 1966 perustettiin ohjelmistoyritys Teknillinen Laskenta Oy Helsingissä. Saman vuoden keväällä yrityksen kutsumanimeksi vakiintui lyhenne Tekla, joka muuttui viralliseksi nimeksi vasta vuonna 1980. Teklan ensimmäinen tuote, tie-suunnitteluun tarkoitettu ohjelmisto, tuli markkinoille vuonna 1990. Rakennesuunnitteluohjelmisto Tekla Structures julkaistiin vuonna 2004. Teklasta tuli osa Trimble-konsernia vuonna 2011. /7/

Tekla Structures -ohjelmisto luotiin yksityiskohtaisten rakennemallien luomiseen, yhdistämiseen ja jakeluun. Onnistuneeseen rakentamisen tietomallinnukseen ja toteutukseen tarvitaan tarkat ja luotettavat tiedot, joita on Tekla Structures -ohjelmistolla luoduissa malleissa. Tekla Structures -ohjelmistolla on mahdollista luoda monimutkaisia rakenteita millä tahansa materiaalilla. Rakennusprojektin eri osapuolien välinen tiedonkulku on tehokasta, sillä Tekla Structures mahdollistaa projektitietojen koordinoinnin ja jakamisen tietomallissa osapuolien välillä. Tekla Structures -ohjelmistoa on käytetty ympäri maailmaa muun muassa asuinrakennusten, tehtaiden, urheiluareenoiden ja pilvenpiirtäjien suunnittelussa. /4/

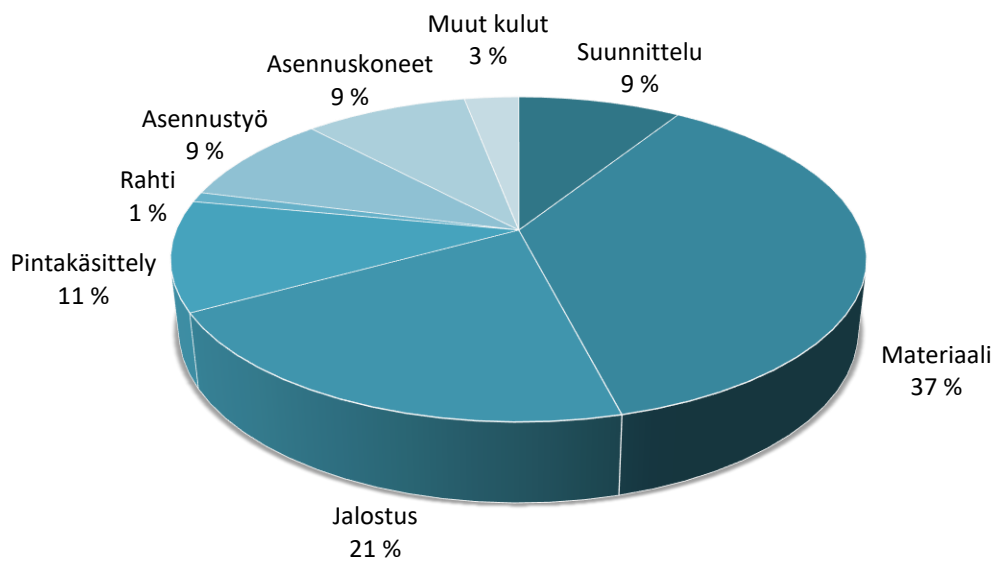
3 DETALJISUUNNITTELU

Detaljisuunnittelu tarkoittaa rakenteiden yksityiskohtaista suunnittelua. Teräsrakenteiden detaljeja ovat esimerkiksi eri rakenneosien väliset liitokset. Suunnittelu-työstä iso osa muodostuu liitosten mitoittamisesta ja toteuttamisesta. Liitosten suunnittelussa ei tule keskittyä vain liitoksen kestävyYTEEN, vaan on otettava huomioon myös tuotanto- ja asennusystävällisyys sekä kustannustehokkuus. Lisäksi monissa julkisissa tiloissa teräsdetaljit saattavat olla näkyvillä, jolloin myös esteettisyys on huomioitava. /8/

Rakenneosissa itsessään on monesti hitsattavia osia, kuten jäykisteitä ja päätylevyjä, jotka ovat myös teräsdetaljeja. Lisäksi detaljisuunnitteluun kuuluvat myös kappaleeseen liittyvät muut yksityiskohtaiset asiat, kuten kappaleen materiaalin, pintakäsittelyn sekä kappaleen nostokohtien suunnittelu. Suunnittelussa täytyy ottaa huomioon myös kuljetusrajoitukset, jotta suunniteltu ja valmistettu kappale on mahdollista kuljettaa konepajalta työmaalle kohtuullisin kustannuksin. /8, 9/

3.1 Suunnittelun vaikutus tuotantoon ja asennukseen

Suunnittelu on yksi tärkeimmistä vaiheista rakennusprojektissa, sillä se vaikuttaa suoraan sekä tuotantoon että asennukseen. Jos suunnittelua ei ole tehty huolella, esimerkiksi jos jotain puuttuu suunnitelmista tai on valittu vääränlainen liitos, voi valmistusprosessi tai asentaminen vaikeutua ja hidastua huomattavasti. Tällöin myös kustannukset luonnollisesti kasvavat. Kuviossa 2 on esitetty teräsrakenteen tyypillinen kustannusjakauma. Materiaali on suurin kustannustekijä, joten se on syytä valita huolella. Taloudellisempaan ja luotettavampaan lopputulokseen päästään, kun rakenteet valmistetaan mahdollisimman pitkälle omiksi kokoonpanoiksi konepajalla säältä suojassa. /10/



Kuvio 2. Teräsrakenteen tyypillinen kustannusjakauma /10/.

Kappaleet tulee suunnitella siten, että ne ovat mahdollisimman helposti ja nopeasti valmistettavissa. Suunnittelijan täytyy tietää, minkälaisia osia konepajalla on mahdollista valmistaa, jotta vältetään lisätyötä ja ajanhukalta. Vaikka materiaali onkin suurin kustannustekijä, ei suunnittelijan ole aina kannattavaa optimoida jokaisen kappaleen mittoja säästääkseen materiaalikustannuksissa, koska konepajalla kuluu paljon aikaa valmistaa monta erilaista kappaletta eri piirustuksien mukaan. Kannattavampaa on yhdistää samankaltaiset osat, jotta konepajalla osat voidaan valmistaa sarjatuotantona yhden piirustuksen mukaan. Näin säästyvä aika työnteossa on edullisempaa kuin materiaalikustannuksista saadut säästöt. Suunnittelijan on oltava tietoinen myös konepajalla käytettävistä valmistusmenetelmistä ja työkaluista. Esimerkiksi kokoonpanoissa liian ahtaiden välien suunnittelua täytyy välttää, jotta osat pystytään hitsaamaan ja pintakäsittämään kunnolla. /9, 11/

Rakenteiden suunnittelussa tulee huomioida myös asennuksen vaatimukset. Rakennneosat täytyy suunnitella siten, että ne ovat turvallisesti ja helposti asennettavissa. Suunnittelijan on suunniteltava raskaisiin rakenneseisiin nostokohdat ja reiät, jotta asentaminen on turvallista. Rakenneseiden välisiä liitoksia ei saa suunnitella liian ahtaiksi, sillä ruuvit on pystyttävä kiristämään koneellisesti. Asennus-

työn helpottamiseksi rakenteet olisi myös hyvä suunnitella siten, että väliaikaisia tuentoja ei tarvita. Tämä ei aina ole mahdollista ja tällöin esimerkiksi pilarien tuenta on otettava huomioon suunnittelemalla niihin väliaikaisen tuen kiinnittämiseen tarvittavat reiät. Jos nosto- tai tuentareiät puuttuvat suunnitelmista eikä niitä siten konepajalla ole tehty, joudutaan reiät poraamaan työmaalla, mikä on huomattavasti kalliimpaa. /11, 12/

3.2 Teräslajit

Teräslajeja on standardisoitu yhtenäisyyden saavuttamiseksi. Rakenneteräksiä koskevan kansallisen standardin SFS-EN 10025 mukaisia teräslajeja on esitelty liitteessä 1. Standardissa teräkset on jaettu seostamattomiin, hienorae-, ilmasto-korroosiota kestäviin sekä nuorrutettuihin lujiin rakenneteräksiin. Yleiset rakenneteräkset kuuluvat seostamattomiin rakenneteräksiin. Ne ovat kaikki kuumavalssattuja tuotteita, joista voidaan jatkojalostaa muun muassa kylmämuovattuja profiileja sekä hitsattuja palkkeja. Kuumavalssattujen levyjen, hitsattujen profiilien ja rakenneputkien rakenneaineeksi suositellaan teräslajia S355. /10–12/

Teräksen valintaan vaikuttavat kuitenkin monet eri asiat. Lujuusluokan valinnassa on huomioitava teräksen saatavuus ja hinta, vaadittu muovattavuus sekä ympäristöolosuhteet. Teräksen laatuluokan valintaan vaikuttavat muun muassa käyttöolosuhteet, kuormitustapa, murtumisen seuraus, ainepaksuus, valmistusmenetelmät, rakenteen muotoilu, pintakäsittelyt sekä hinta. Teräslajin valinnassa ratkaisevaksi tekijäksi nousee yleensä teräksen saatavuus, sillä toimitusajat ovat pitkät teräksille, joita ei ole varastossa. /10/

3.3 Liitokset

Talonrakennuksen teräsrakenteissa käytetään liitosmenetelminä sekä hitsi- että ruuviliitoksia. Liitosmenetelmän valintaan vaikuttaa muun muassa se, missä liitos tehdään, aikataulu, liitoksen sijainti rakenteessa, käytettävissä oleva työskentelytila sekä joskus myös liitoksen ulkonäkö. Konepajoilla osia yhdistetään kokoonpanoiksi yleensä hitsaamalla, sillä se on edullisin tapa tehdä vahvoja liitoksia. Työmaalla kokoonpanoja asennettaessa käytetään tavallisesti ruuviliitoksia, koska

niillä asennus tapahtuu nopeasti. Jonkin verran käytetään myös työmaahitsejä. Kuitenkin taloudellisesti kannattavampaa on tehdä rakenteet konepajalla mahdollisimman valmiiksi, sillä työmaalla säästettävä aika on tärkeämpää projektin viivästymisen sekä kustannusten kasvamisen estämiseksi. Lisäksi hitsaaminen on helpompaa konepajalla sisätiloissa kuin asennustyömaalla, sillä hitsiliitoksen toteutus ja laadunvalvonta ovat haasteellisia huonoissa sääolosuhteissa. Näin ollen liitosmenetelmäksi konepajoille soveltuu parhaiten hitsiliitos ja asennustyömaalle ruuviliitos. /8, 12/

3.3.1 Hitsiliitos

Päittäishitsi ja pienahitsi ovat hitsityyppejä, joita käytetään teräsrakenteissa. Pienahitsiliitos on edullisempi, koska sitä käytettäessä ei liitettäviin osiin tarvitse tehdä railoa. Päittäishitsiä käytettäessä täytyy tavallisesti valmistaa railo, jonka muoto voi vaihdella. Hitsaustyön määrää saadaan vähennettyä, jos railon tunkeuma on mahdollista tehdä osittaisena. Liitteessä 2 on esitelty hitsien perustunnukset ja liitteessä 3 kaksipuolisten hitsien yhdistetyt perustunnukset. Pienahitsiä käytettäessä on pyrittävä siihen, että hitsit saataisiin tehtyä yhtenä palkona, sillä useampaa palkoa käytettäessä kustannukset kasvavat. Hitsipalkojen lukumäärä riippuu monesta asiasta, mutta lukumäärän arvioimiseksi käsinhitsauksessa voidaan käyttää hitsin a-mittaa (Taulukko 1). /8/

Taulukko 1. Hitsipalkojen lukumäärä /5/.

a-mitta [mm]	Hitsipalkojen lukumäärä
5	1
6-7	2
8	3-4
10	4-5

Suunnittelijan on vältettävä vaikeissa asennoissa tehtäviä hitsejä, sillä painovoima vaikuttaa sulaan hitsiaineeseen. Tällöin hitsin laatu saattaa heikentyä ja kustannukset kohota. Erilaisia hitsausasentoja on esitelty liitteessä 4. Vaikein hitsaus-

asento on lakipienahitsissä ja helpoin horisontaalisissa hitseissä. Suunniteltaessa hitsiliitoksia täytyy ottaa huomioon myös hitsipolttimen vaatima tila, jotta hitsi on mahdollista tehdä laatuvaatimusten mukaisesti. /8/

Suunnittelijan on merkittävä piirustuksiin hitsausluokka, jolla ilmaistaan hitseille asetetut vaatimukset. Hitsit jaetaan eri luokkiin sallittujen hitsausvirheiden perusteella. Hitsausluokkia on kolme: B (vaativa), C (hyvä) ja D (tydyttävä). Vaadittava hitsausluokka määräytyy valitun toteutusluokan perusteella (Taulukko 2). /8, 12/

Taulukko 2. Hitsausluokan valinta toteutusluokan perusteella /12/.

	Toteutusluokka (EN 1090-2)			
	EXC1	EXC2	EXC3	EXC4
Hitsausluokka ^{a)}	Luokka D (jos vaaditaan)	Luokka C ^{b)}	Luokka B	Luokka B+ ^{c)}
a) Standardin EN ISO 5817 mukainen hitsausluokka lukuun ottamatta virhetyyppejä: - "Jyrkkä liittyminen" (505) - "Mikroliitosvirhe" (401) joita ei oteta huomioon. b) Yleensä hitsausluokka C, paitsi hitsausluokka D seuraaville virhetyypeille: - "Reunahaava" (5011,5012) - "Pintapalon valuma" (506) - "Sytytysjälki" (601) - "Avoin imuontelo" (2025) c) Hitsausluokka B, sekä lisävaatimukset EN 1090-2 taulukon 17 mukaisesti.				

3.3.2 Ruuviliitos

Ruuviliitoksia suunniteltaessa täytyy ottaa huomioon ruuvin tarvitsema reikäkoko, jotta ruuvi mahtuu reikään (Taulukko 3). Lisäksi piirustuksiin on merkittävä, jos reikä on kierre-reikä, jotta konepajalla tämä huomataan tehdä. Asennusystävällisyyden kannalta olisi hyvä suosia samoja pulttikokoja. Lisäksi täytyy huomioida reikien reunaetäisyydet ja keskiövälit niin, että ruuvit on mahdollista kiristää koneellisesti (Taulukko 4 ja Kuvio 3). Myös momenttivääntimen koko on huomioitava, jotta liitoskohtia ei suunnitella liian ahtaisiin väleihin. /12/

Taulukko 3. Ruuvien reikien nimellisvälykset [mm] /12/.

Ruuvin koko	M12	M16	M20	M22	M24	M27 ja suuremmat
Normaalit pyöreät reijät ^{a)}	1 ^{b) c)}	2				3
Ylisuuret pyöreät reijät	3	4			6	8
Lyhyet pidennetyt reijät (pituudelle) ^{d)}	4	6			8	10
Pitkät pidennetyt reijät (pituudelle) ^{d)}	1,5d					

a) Soviteruuvien vapaareijän halkaisijaksi valitaan ruuvin varren nimellishalkaisija (EN 14399-8 soviteruuveilla varren halkaisija on 1 mm suurempi kuin kierteellisen osan).

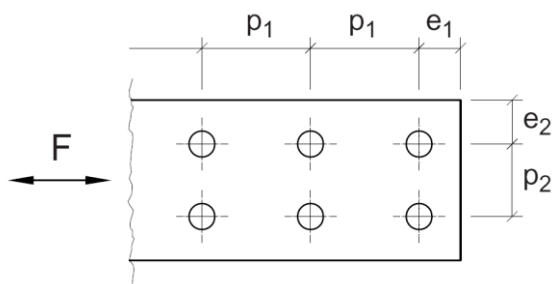
b) Pinnoitetuille kiinnittimille 1 mm:n nimellisvälystä voidaan suurentaa kiinnittimen pinnoitteen paksuuden verran

c) Ruuveilla M12 -M14 ja uppokantaruuveilla voidaan käyttää myös 2 mm nimellisvälystä edellyttäen, että reunapuristuskestävyyteen perustuva ruuvin tai ruuviryhmän kestävyys on pienempi tai yhtäsuuri kuin ruuvien leikkauskestävyyteen perustuva ruuvin tai ruuviryhmän kestävyys. Lisäksi lujuusluokkien 4.8, 5.8, 6.8, 8.8 ja 10.9 leikkauskestävyyden mitoitusarvoa $F_{V,Rd}$ pienennetään kohdassa 3.5.1.7.1 esitetyn mukaisesti.

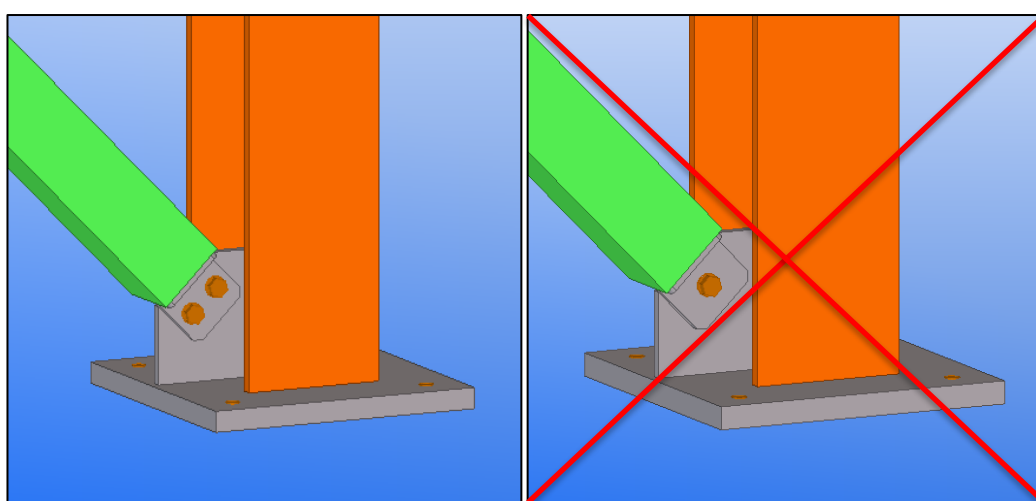
d) Pidennetyissä reijissä ruuvien nimellisvälyksen tulee leveyssuunnassa olla sama kuin normaaleilla pyöreillä reijillä.

Taulukko 4. Minimi- ja suosituksetäisyydet ruuvien sijoittelulle /12/.

Ruuvi ^{a)}	Reikä ^{b)} d_0 (mm)	e_1 (mm)		e_2 (mm)		p_1 (mm)		p_2 (mm)	
		minimi	suositus	minimi	suositus	minimi	suositus	minimi	suositus
M12	13	16	30	16	25	29	40	32	40
M16	18	22	40	22	30	40	55	44	55
M20	22	27	50	27	40	49	70	53	70
(M22)	24	29	55	29	45	53	75	58	75
M24	26	32	60	32	50	58	80	63	80
(M27)	30	36	70	36	55	66	90	72	90
M30	33	40	75	40	60	73	100	80	100
M36	39	47	90	47	70	86	120	94	120

**Kuvio 3.** Ruuvien välisen etäisyyksien merkinnät /12/.

Asennettaessa esimerkiksi siteitä paikalleen, käytetään apuna tuurnaa reikien kohdistamisessa. Tuurna on kiilamainen pyöreä tappi, joka lyödään ruuviryhmän yhteen reikään, jolloin ruuviryhmän toiseen reikään saa asennettua ruuvin helposti. Ruuviliitoksia suunniteltaessa on siis vältettävä suunnittelemasta yhden ruuvin liitoksia (Kuvio 4), koska tällöin tuurnaa ei voida hyödyntää. Lisäksi yhden ruuvin liitoksessa on riskinä, että liitoksen ainoa ruuvi olisi viallinen. Useamman ruuvin liitoksessa on epätodennäköistä, että kaikki liitoksen ruuvit olisivat viallisia. /13, 14/



Kuvio 4. Esimerkki kahden ja yhden ruuvin sideliitoksesta.

3.4 Pintakäsittely

Teräsrakenteet altistuvat korroosiolle ilman suhteellisen kosteuden ollessa yli 60 %. Tämän vuoksi teräsrakenteet on ruostesuojattava. Yleisin menetelmä korroosion estoon on pinnoitus epäorgaanisilla tai orgaanisilla materiaaleilla. Pinnoitteen valinnassa on huomioitava useita teknisiä tekijöitä, kuten suojapinnan kestävyys ja huollon mahdollisuus. Lisäksi taloudellinen vertailu on järkevää. Vertailussa on otettava huomioon kokonaiskustannukset, jossa on alkukustannusten lisäksi huomioitu myös huoltotöiden aiheuttamat kustannukset. Eri pinnoitteita vertailtaessa voidaan käyttää apuna taulukkoa 5. Teräsrakenteiden suojausmenetelmistä yleisimpiä ovat korroosionestomaalaus ja kuumasinkitys. Näitä menetelmiä voidaan käyttää myös yhdessä. /9, 12/

Taulukko 5. Eri pinnoitteiden ominaisuuksien ja kustannusten vertailu /9/.

		Sinkki	Maali	Bitumi	Emali	Muovi
Ruosteensuoja	a	1	2	2	3	1
Katodinen suoja		1	3	4	4	4
Kestävyys ilmassa		1	2	3	1	2
Kestävyys vedessä		2	2	1	1	2
Kiinnittyvyys		1	2	2	1	2
Mekaanisen rasituksen kestävyys		1	3	3	4	2
Hankaavan kulutuksen kestävyys		1	3	4	1	2
Tarkastusmahdollisuus		1	2	2	3	3
Esteettinen ulkonäkö		3	1	4	1	1
Rajoituksia koon suhteen	b	2	1	1	4	2
Muodonmuutosvaara		2	1	1	2	1
Alkukustannukset	c	2	3	2	3	4
Huoltokustannukset		1	3	2	1	2

	a	b	c
1	erittäin hyvä	ei tai vähän	hyvin alhaiset
2	hyvä	vähäiset	alhaiset
3	huono	suuret	korkeat
4	erittäin huono	erittäin suuret	erittäin korkeat

Usein teräsrakenteet on suojattava myös tulipalolta, jotta tulipalotilanteessa estetäisiin palon leviäminen ja välttyttäisiin ihmishenkien menetyksiltä sekä omaisuuden tuhoutumiselta. Rakennuksen paloluokka määrää vaadittavan palosuojauksen. Palosuojaus voidaan toteuttaa joko parantamalla rakenteen kykyä vastaanottaa lämpöä kuumenematta liikaa tai eristämällä rakenne. Myös rakenteiden sijoittelulla voidaan vaikuttaa palosuojaukseen, esimerkiksi seinän sisään upotettu pilari ei välttämättä vaadi erillistä palosuojauksia. Suojausmenetelmää päätettäessä on huomioitava kustannusten lisäksi asennus- ja käyttöolosuhteet sekä arkkitehtoniset seikat. Eräs palosuojamenetelmistä on palosuojamaalaus. /8, 10, 11/

3.4.1 Korroosionestomaalaus

Yleisin korroosiosuojamenetelmä on korroosionestomaalaus. Sillä pyritään suojaamaan teräsrakenne mahdollisimman tehokkaasti korroosiota vastaan kulloinkin vallitsevissa olosuhteissa. Maalin valinnassa on hyvä kiinnittää huomiota maalaus- ja huoltokustannusten lisäksi esteettiseen ja ympäristöön sopeutuvaan ulkonäköön. Rakenneosat tulee suunnitella siten, että maalausmenetelmänä voidaan käyttää tavallisinta ruiskumaalausta. Lisäksi suunnittelussa on pyrittävä välttämään korroosiolle herkkiä kohtia, kuten rakoja, teräviä kulmia ja vesitaskuja. /9, 11, 12/

3.4.2 Kuumasinkitys

Kuumasinkityksessä teräsrakenne upotetaan sulaan sinkkiin, jolloin se saa korroosiolta suojaavan sinkkikerroksen. Tämä on hyvä menetelmä silloin, kun rakenteet ovat vaikeasti maalattavissa. Rakenteiden suunnittelussa tulee kuitenkin huomioda eräitä seikkoja, mikäli suojausmenetelmäksi valitaan kuumasinkitys. Suunnittelijalla tulee olla tiedossa sinkityspadan koko, joka määrittelee rakenteen maksimipituuden. Pidemmät kappaleet voidaan kuitenkin upottaa sinkityspataan kahdessa osassa. Lisäksi hitsatuissa kappaleissa on vältettävä eri ainevahvuisia osia, koska ne kuumenevat epätasaisesti ja voivat muuttaa muotoaan. Sinkittävään kappaleeseen on suunniteltava ilmanpoisto- ja valutusaukkoja, koska muuten kappale voi räjähtää veden höyrystyessä nopeasti umpinaisen kappaleen sisällä. Suositeltavia ilmanpoistoreikien kokoja putkirakenteille on esitelty taulukossa 6. Nämä sinkityksiä edesauttavat sinkin tehokasta leviämistä kappaleen joka kohtaan ja myös ylimääräisen sinkin poisvalumista. Tämä on tärkeää, sillä tavallisesti sinkityksen kustannukset muodostuvat punnitusta massasta ennen ja jälkeen sinkityksen. /8–10, 12/

Taulukko 6. Suositeltavat ilmanpoistoreikien koot putkirakenteille /9/.

Putken sisähalkaisija [mm]	Reikäkoko [mm]
< 13	5–6
13–25	6–8
25–40	8–10
≥ 50	> 15

3.4.3 Palosuojamaalaus

Palosuojamaalauksia voidaan käyttää tavallisimmin kuivissa sisätiloissa palonkestovaatimuksen ollessa enintään R120. Palotilanteessa vaahdoksi muuttuvat palosuojamaalit soveltuvat parhaiten teräsrakenteiden suojaukseen, sillä ne estävät teräsrakennetta kuumenemasta toisin kuin palamisreaktiota pelkästään häiritsevät maalit. Suunnittelussa on huomioitava, että palosuojamaalit eivät kestä kosteutta eivätkä mekaanista rasitusta. Maalin kalvonpaksuus on tavallisesti noin 0,2–3 mm. Liitoslevyt eivät välttämättä mahdu ahtaisiin väleihin, joten liitoskohdat jätetään usein maalaamatta. Palosuojamaalauksen hyötyjä ovat tavallinen ulkonäkö sekä pieni suojapaksuus. Lisäksi palosuojamaalaus voi toimia samalla myös korroosionestomenetelmänä. Kuitenkin kokonaiskustannuksiltaan palosuojamaalaus tulee merkittävästi kalliimmaksi verrattuna tavanomaiseen korroosionestomaalaukseen. /11, 12, 14/

3.5 Työmaanostot

Työmaanostot on mietittävä jo suunnitteluvaiheessa, sillä suunnittelija tuntee rakenteen toiminnan. Raskaisiin rakenteisiin on suunniteltava nostoreiät ja niiden sijainti, jotta nostaminen on mahdollista turvallisesti. Suunnittelijalla on oltava tiedossa myös työmaalla käytettävien nostureiden nostokapasiteetit, jotta rakenneosan maksimipaino tulee huomioitua jo suunnitteluvaiheessa. Taulukossa 7 on esitelty eri nostureiden suuntaa antavia nostokapasiteetteja. Tavallisesti nosturin nostoteho määrää tuntikustannuksen. Nostureiden käyttö ja niiden tarvittava käyttöaika pyritään pitämään mahdollisimman pienenä asennusystävällisessä suunnit-

telussa. Tarkemmat ohjeet nostojen suunnitteluun rakenneosittain löytyy Ruukin Teräsrakenteiden nosto-ohjeesta. /10–12/

Taulukko 7. Nostureiden nostokapasiteetit /10/.

	Nostokapasiteetti [tn]
Torninosturi	3–12
Mobiilinosturi	10–70
Autonosturi	15–300

3.6 Kuljetus

Detaljisuunnittelussa kuljetus on huomioitava siten, että teräsdetaljit eivät estä järkevää lastausta tai vahingoitu kuljetuksen aikana. Kuljetuksessa etenkin ulos-työntyvät ja taipuisat osat vaurioituvat helpoiten. Asennustyö hidastuu ja vaikeutuu, jos osiin on kuljetuksen aikana syntynyt muodonmuutoksia. /8/

Teräsrakenteet kuljetetaan konepajalta asennustyömaalle maantie-, rautatie- tai ilmakuljetuksella tai vesitse. Maantiekuljetus on yleisin, sillä se on joustavin ja nopein sekä yleensä myös halvin vaihtoehto. Rautatiekuljetus on hyvä vaihtoehto silloin, kun konepaja ja asennustyömaa sijaitsevat rautatien läheisyydessä, koska välikuormauksissa ajan tarve, kustannukset sekä pintakäsittelyn vaurioitumismahdollisuudet lisääntyvät. Ilmakuljetusta käytetään harvoin, sillä se on kallis ja se soveltuu vain pienien ja keveiden kappaleiden kuljetukseen. Yleensä ilmakuljetusta käytetään vain hyvin kiireellisissä tapauksissa. Erittäin suurien rakenteiden kuljetukseen soveltuu kuljetus vesitse, sillä se asettaa vähiten mittarajoituksia kuljettavalle rakenteelle. Pakkausvaatimukset kuitenkin lisääntyvät meri-ilmaston vuoksi. /8, 9, 12/

Suunnittelijan on huomioitava maantiekuljetuksessa yleisesti sallitut maksimimitat (Taulukko 8). Yleisesti sallittujen mittojen rajoissa olevat kuljetukset ovat edullisimpia. Usein teräsrakenteet ylittävät nämä mitat, jolloin joudutaan käyttämään erikoiskuljetusta. Erillistä lupaa ei kuitenkaan vaadita, jos mitat ovat eri-

koiskuljetuksen sallituissa mittarajoissa. Jos mitat ylittävät erikoiskuljetuksen sallitut mitat, joudutaan hakemaan erikoiskuljetuslupaa, mikä lisää kustannuksia. Myös kuljetuksen paino on huomioitava, mutta harvemmin sallitut painot ylittyvät. Kuljetusten sallitut mitat ovat maakohtaisia, joten rajoitukset on aina tarkistettava jokaisen maan kohdalla erikseen. /9, 12/

Taulukko 8. Maantiekuljetuksen sallitut maksimitat Suomessa /12/.

	Yleisesti sallitut mitat [m]	Erikoiskuljetuksen sallitut mitat [m]
Korkeus	4,2	4,4
Leveys	2,55	4,0
Pituus kuorma-autolla ja puoliperävaunulla	16,5	30,0
Pituus moduuliyhdistelmällä	25,25	27,0

4 SUUNNITTELUN KEHITTÄMISEN PERUSTA

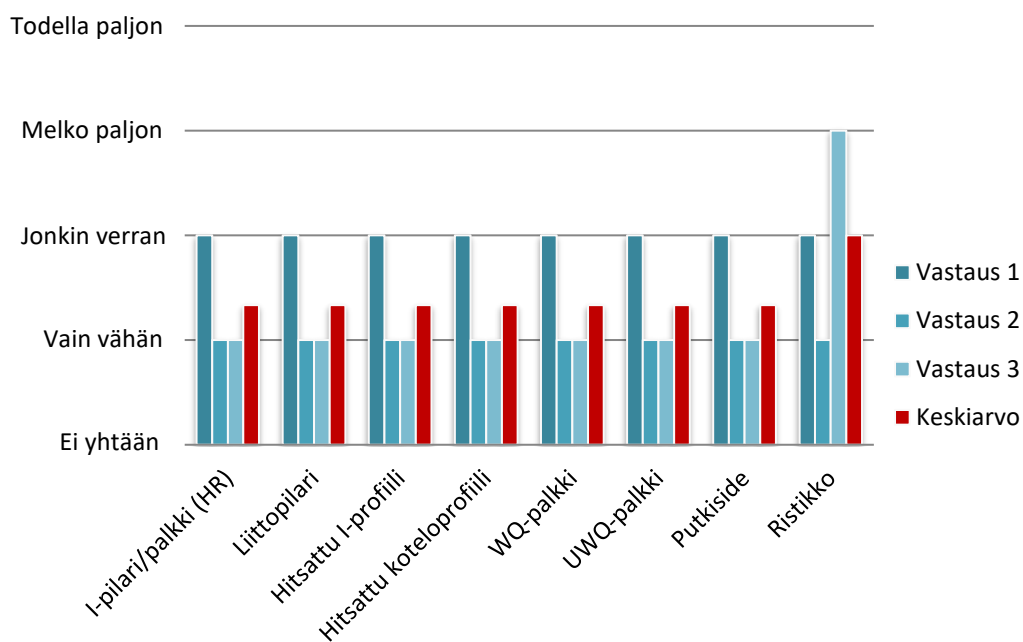
Opinnäytetyön alkuvaiheessa haluttiin saada Ruukin konepaja- sekä asennushenkilöstöltä mielipiteitä detaljisuunnittelusta, sillä tämä detaljisuunnitteluohje tulee vaikuttamaan paljon myös heidän työhönsä. Kohderyhmälle lähetettiin kysely, jonka tarkoituksena oli saada selville, mihin asioihin suunnittelun kehittämisessä olisi hyvä keskittyä. Lisäksi selvitettiin eri konepajojen valmistusmahdollisuudet, sillä ne asettavat tiettyjä rajoituksia esimerkiksi kappaleen mitoille.

4.1 Kysely sekä vastaukset

Kyselyssä selvitettiin, minkä rakenteen ja yksityiskohdan suunnittelussa on esiintynyt eniten virheitä tai parannettavaa. Lisäksi selvitettiin, kuinka nämä virheet ovat vaikuttaneet rakenteen tuotantoon ja asennukseen. Myös parannusehdotuksia kysyttiin näihin suunnitteluongelmiin sekä lisäksi esimerkkejä hyvistä suunnitteluratkaisuista. Kysely tehtiin sekä suomeksi että englanniksi, sillä se lähetettiin Suomessa sijaitsevien konepajojen lisäksi myös ulkomailla sijaitseviin konepajoihin sekä asennushenkilöstölle.

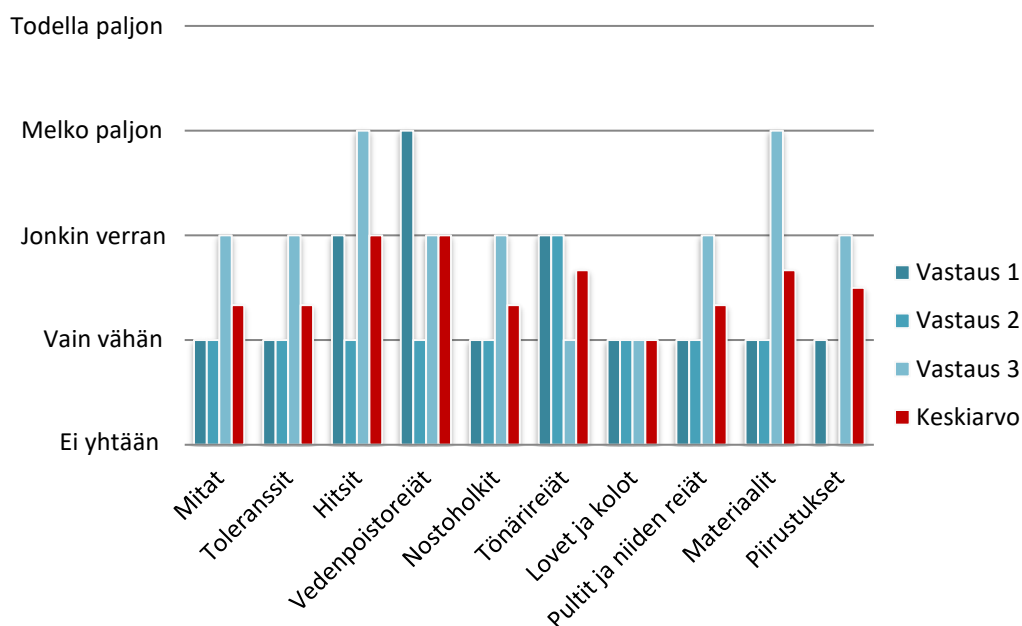
Kyselyvastauksia tuli vain neljä kappaletta, joista yksi oli asennushenkilöstöltä ja loput konepajahenkilöstöltä. Vastaukset kysymyksineen ovat liitteessä 5. Konepaja- sekä asennushenkilöstön vastaukset analysoidaan erikseen, koska detaljisuunnittelussa eri asiat vaikuttavat eri tavalla tuotanto- ja asennustyöhön.

Konepajojen vastauksista selviää, että detaljisuunnittelussa esiintyvät vähäiset virheet jakaantuvat melko tasaisesti eri rakenteille (Kuvio 5). Vain yhdessä vastauksessa ristikko nousi esille. Missään rakenteessa ei ollut esiintynyt ”todella paljon” virheitä, mikä on hyvä lähtökohta suunnittelun kehittämiselle. /15/



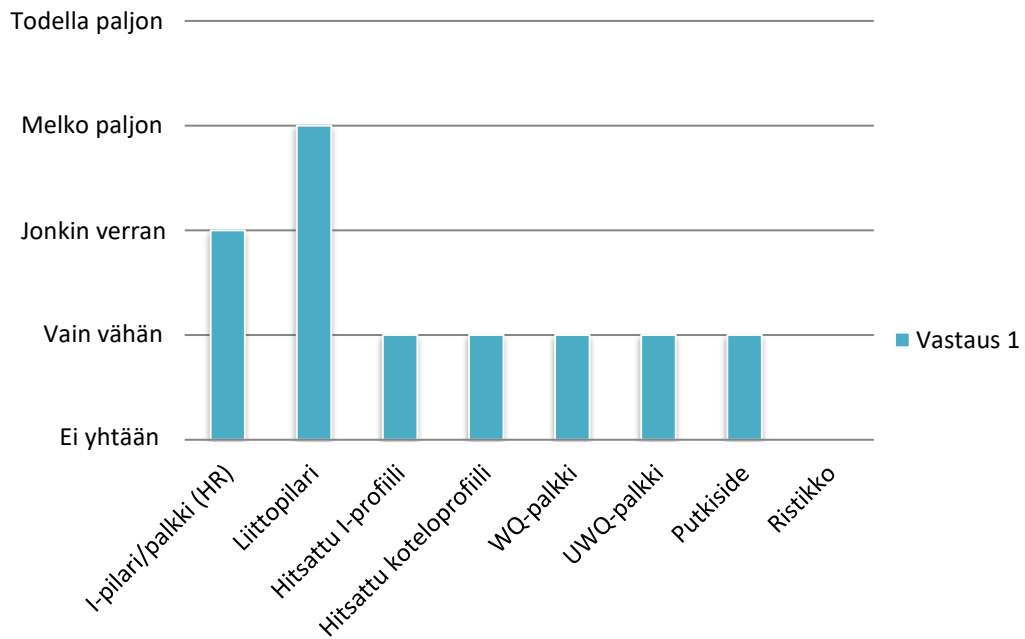
Kuvio 5. Konepajahenkilöstön arvio eri rakenteiden detaljisuunnittelussa havaittujen virheiden/puutteiden määrästä /15/.

Konepajojen vastaukset eri yksityiskohtien suunnittelussa esiintyvien virheiden määrästä eroavat hieman toisistaan (Kuvio 6). Eniten virheitä ilmeni hitseissä ja vedenpoistorei'issä, joten niihin on kiinnitettävä erityistä huomiota suunnitteluvaiheessa. Myös avoimissa kysymyksissä hitsejä nostettiin esille, etenkin niiden puuttumista piirustuksista. Lisäksi väliaikaisen tuen kiinnittämiseen tarvittavien reikien niin kutsuttujen tönärireikien ja materiaalin suunnittelussa ilmeni virheitä. Koska vastauksia on vain kolme ja ne eroavat toisistaan, on kuitenkin vaikeaa saada selville todellisia ongelmakohtia suunnittelussa. /15/

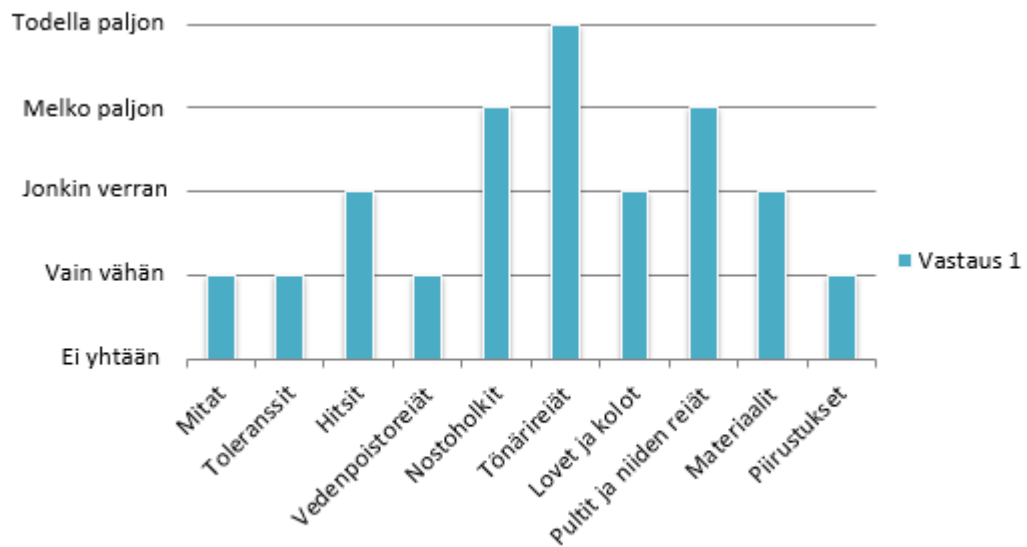


Kuvio 6. Konepajahenkilöstön arvio eri yksityiskohtien detaljisuunnittelussa havaittujen virheiden/puutteiden määrästä /15/.

Asennushenkilöstön vastauksen perusteella liittopilarin sekä kuumavalssatun I-pilarin ja -palkin suunnittelussa on tapahtunut eniten virheitä (Kuvio 7). Virheiden määrä eri yksityiskohtien suunnittelussa on melko vaihtelevaa (Kuvio 8). Kuitenkin eniten virheitä on ilmennyt liittopilarin väliaikaisen tuen kiinnittämiseen tarvittavien reikien suunnittelussa. Myös nostoholkkien sekä pulttien ja niiden reikien suunnittelussa on esiintynyt jonkin verran virheitä. Liittopilarin raudoituksen ja läpimenevien asennusosien yhteensopivuuden suunnittelussa on myös ollut puutteita. Näihin asioihin on kiinnitettävä erityistä huomioita suunnittelussa. Yhden vastauksen perusteella on kuitenkin vaikea saada selville todellisia ongelmakohtia suunnittelussa. /15/



Kuvio 7. Asennushenkilöstön arvio eri rakenteiden detajlisuunnittelussa havaittujen virheiden/puutteiden määrästä /15/.



Kuvio 8. Asennushenkilöstön arvio eri yksityiskohtien detajlisuunnittelussa havaittujen virheiden/puutteiden määrästä /15/.

4.2 Konepajojen valmistusmahdollisuudet

Suunnitteluvaiheessa on huomioitava valmistavan konepajan valmistusmahdollisuudet, jotta jo suunnitteluvaiheessa kiinnitetään huomiota maksimivalmistusmitoihin, joita ovat pituus, leveys ja korkeus sekä paino. Lisäksi suunnittelijalla on oltava tiedossa, minkä toteutusluokan rakenteita konepajoilla voidaan valmistaa. Tällä varmistetaan, että suunniteltu rakenne on mahdollista valmistaa tietyllä konepajalla ongelmitta. Projektin alussa valitaan, missä konepajalla valmistetaan mitäkin rakenteita. Valintaan vaikuttavat konepajojen valmistusmahdollisuuksien lisäksi muun muassa kustannustehokkuus sekä asennustyömaan sijainti. /13, 14/

Ruukilla on neljä konepajaa, joista kaksi sijaitsee Suomessa ja toiset kaksi Puolassa ja Liettuassa. Suomen konepajoista Peräseinäjoen tehdas on erikoistunut ristikoihin ja Ylivieskan tehdas hitsattuihin palkkeihin. Puolan Obornikissa sijaitsevassa tehtaassa valmistetaan rakenteita laidasta laitaan ja Liettuan Gargždain tehtaassa pienempiä rakenteita. Taulukossa 9 on esitelty näiden neljän konepajan valmistusmahdollisuudet. /13, 14/

Taulukko 9. Ruukin konepajojen valmistusmahdollisuudet /16/.

		Peräseinäjoki (Suomi)	Ylivieska (Suomi)	Oborniki (Puola)	Gargždai (Liettua)
	Toteutusluokka	EXC4	EXC4	EXC4	EXC4
Rakenteen maksimi- valmistusmitat	Pituus [m]	28	50	20	14
	Leveys [m]	5,8	8	6	4,9
	Korkeus [m]	3,3	6	4,5	5
	Massa [tn]	10	100	20	5

5 DETALJIEN SUUNNITTELU RUUKKI CONSTRUCTION OY:SSÄ

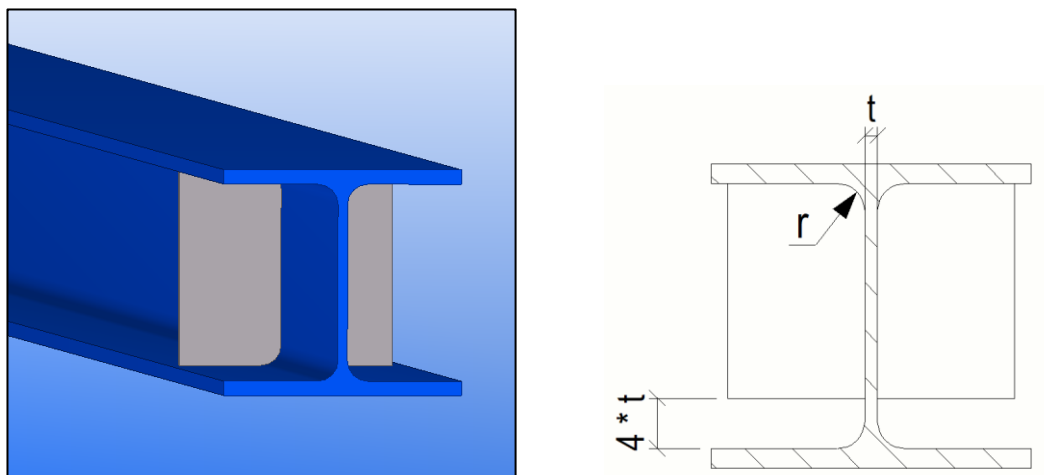
Rakenteiden detaljit pyritään suunnittelemaan aina valmistus- ja asennusystävällisesti, jotta säästetään työkustannuksissa. Eri rakenteisiin liittyy paljon erilaisia detaljeja, joten huolellinen suunnittelu on tärkeää. Tässä ohjeessa on esiteltynä eri rakenneosien yleisimmät detaljit havainnollistavine kuvineen suunnittelun helpottamiseksi. Ohjeen sisältö suunniteltiin yhdessä työn tilaajan kanssa huomioiden myös kyselystä tulleet vastaukset. Suunnitteluvaiheessa on tärkeää huomioida myös konepajojen valmistusmahdollisuudet, jotta suunnitellut rakenteet on mahdollista valmistaa. Ohjeesta tiivistetty englanninkielinen PowerPoint-esitys on liitteessä 6.

5.1 Kuumavalssattu I-palkki ja -pilari

Tavallisimmat ja helposti saatavissa olevat kuumavalssatut I-profiilit ovat standardisoidut IPE-, HEA-, HEB- ja HEM-profiilit. Eri kokojen saatavuus on kuitenkin tarkastettava, sillä kaikkia kokoja ei välttämättä enää valmisteta valikoiman vähentämisen vuoksi. Yleisimpiä I-profiileiden detaljeja ovat jäykiste- ja päätylevyt sekä nostoreiät. /10, 13/

5.1.1 Jäykistelevyt

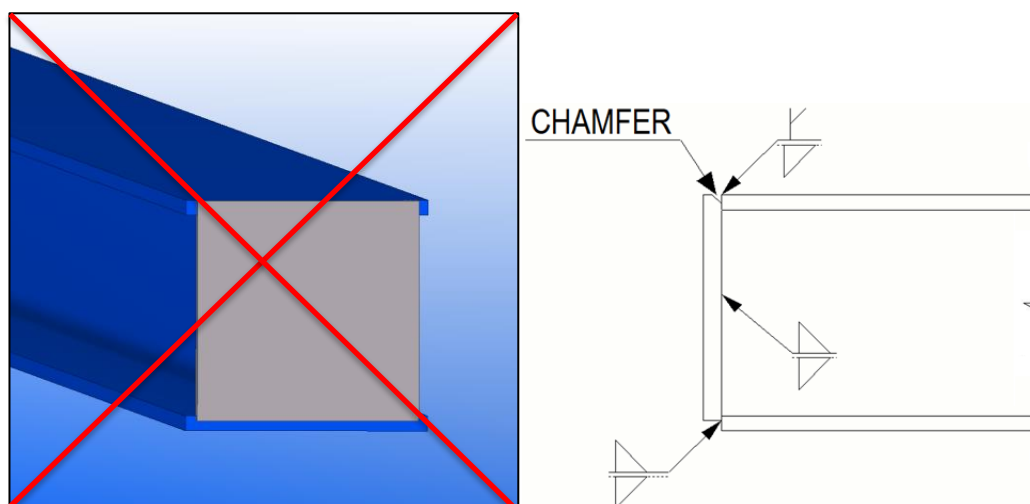
Palkkien jäykisteiden tehtävänä on uuman lommahduskestävyyden lisääminen sekä kuormien siirtäminen alalaipalle. Jäykiste sijoitetaan tiukasti ala- ja ylälaiipan väliin, jolloin jäykistelevyn korkeus on sama kuin uuman korkeus. Alalaipan ja jäykisteen väliin voidaan kuitenkin jättää enintään uuman nelinkertaisen paksuuden kokoinen rako, jos jäykisteen tehtävänä ei ole kuormien siirtäminen alalaipalle (Kuvio 9). Jäykisteen leveys määräytyy hitsausvaran mukaan. Jäykisteen suunnittelussa on huomioitava myös profiilin laippojen ja uuman väliset pyöristykset. Jäykistelevyn pyöristyssäteen r tulee olla samankokoinen kuin profiilin pyöristyssäde, jotta levy asettuu hyvin palkkiin ja taataan hyvä hitsattavuus. /13, 17/



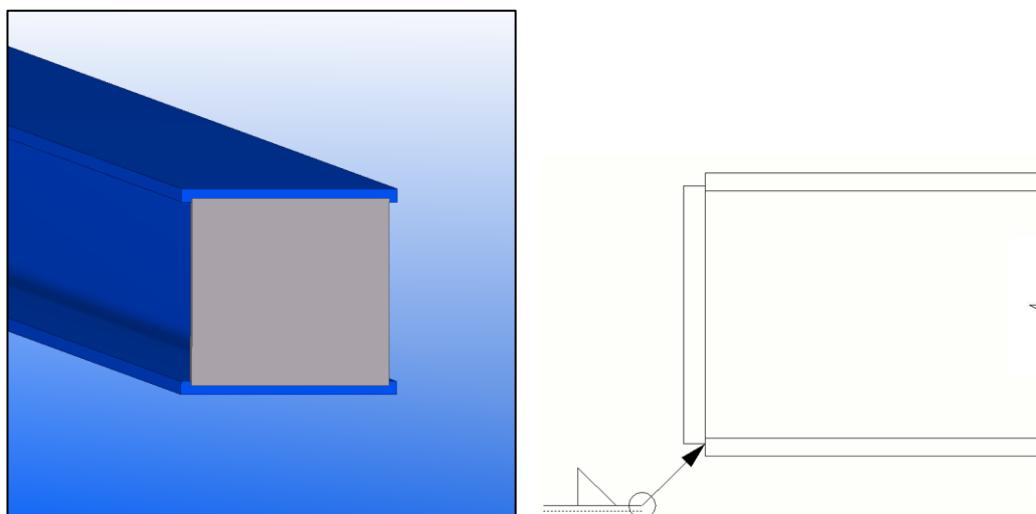
Kuvio 9. Kuumavalssatun I-palkin jäykisteet kokonaisena ja vajaamittaisena.

5.1.2 Päätylevyt

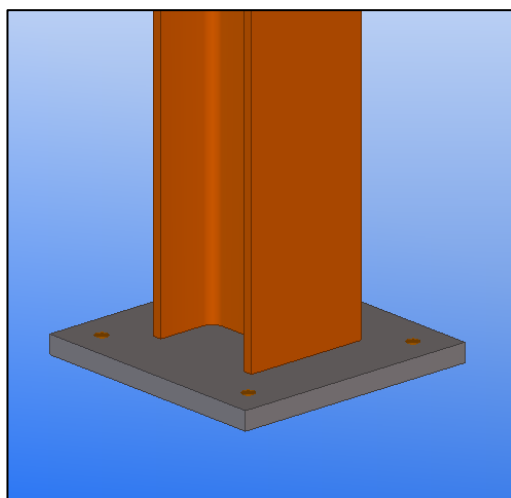
Päätylevyn suunnittelussa tulee välttää suunnittelemasta levyn reunaa samalle tasolle itse profiilin kanssa. Tällöin työmäärä konepajalla lisääntyy, kun hitsille joudutaan tekemään viiste (Kuvio 10). Päätylevyn tulisi olla hitsausvaran verran pienempi tai suurempi kuin profiili, jolloin levy on helppo hitsata kiinni (Kuvio 11 ja Kuvio 12). /13, 14/



Kuvio 10. Esimerkki I-palkin huonosta päätylevyyliitoksesta valmistusystävällisyyden kannalta.



Kuvio 11. Esimerkki I-palkin hyvästä päätylevyliitoksesta valmistusystävällisyyden kannalta.

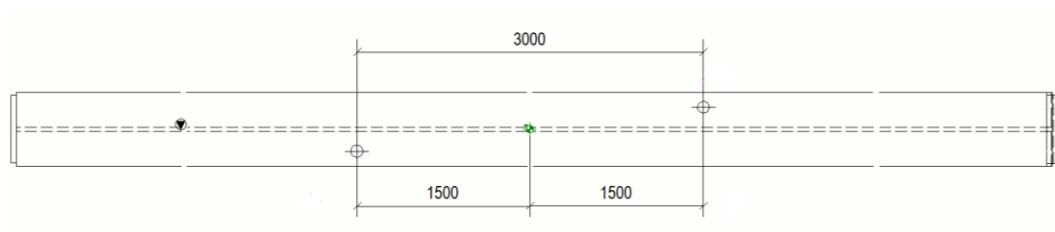


Kuvio 12. Esimerkki I-pilarin hyvästä pohjalevyliitoksesta valmistusystävällisyyden kannalta.

5.1.3 Nostoreiät

I-palkin painaessa alle 200 kg ei erillistä nostovarustelua tarvita. Tämä ohjeistus koskee massaltaan 200–5600 kg olevia I-palkkeja. Tätä painavampien palkkien nosto on suunniteltava tapauskohtaisesti. I-palkin ylälaippaan suunnitellaan kaksi nostoreikää, jotka sijaitsevat uuman eri puolin 1500 mm etäisyydellä painopistees-

tä sen molemmilla puolilla (Kuvio 13). Palkin sivusuunnassa reiät sijoitellaan yleisten reunaehtojen mukaan. Reikien halkaisija määräytyy palkin painon ja käytettävän nostosilmukan mukaan (Taulukko 10). /13, 18/

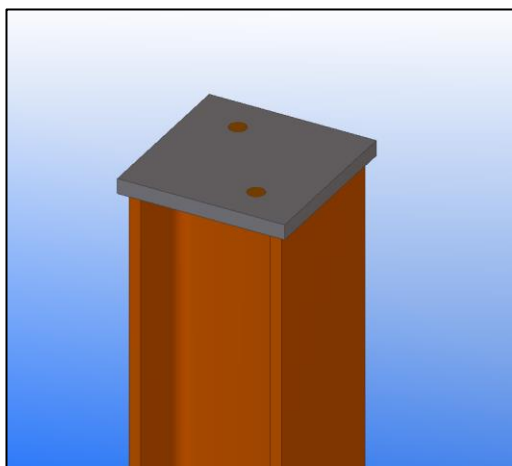


Kuvio 13. I-palkin nostoreikien sijoittelu.

Taulukko 10. I-palkin nostoreikien halkaisija /18/.

Palkin massa [kg]	Nostosilmukka	Reiän halkaisija [mm]
< 3000	RUD VWBG M20	22
3000–5600	RUD VLBG M24	26

Tämä ohjeistus koskee alle 3000 kg painavia I-pilareita. Painavampien pilareiden nosto on suunniteltava tapauskohtaisesti. Päätylevyllinen I-pilari nostetaan päätylevystä, joten levyn paksuuden on oltava vähintään 20 mm. Jos päätylevyssä on ruuvinreikiä, voidaan niitä käyttää myös nostoreikinä, jolloin erillisiä nostoreikiä ei tarvitse suunnitella. Muulloin päätylevyyn suunnitellaan kaksi porareikää D22 tai kaksi kierrereikää M20, jotka sijaitsevat symmetrisesti pilarin keskiöön nähden (Kuvio 14). Nostoreikien sijaan voidaan käyttää myös hitsattavia nostoholkkeja M24, jos pilariin liittyvät rakenteet sen sallivat. /18/



Kuvio 14. I-pilarin nostoreiät.

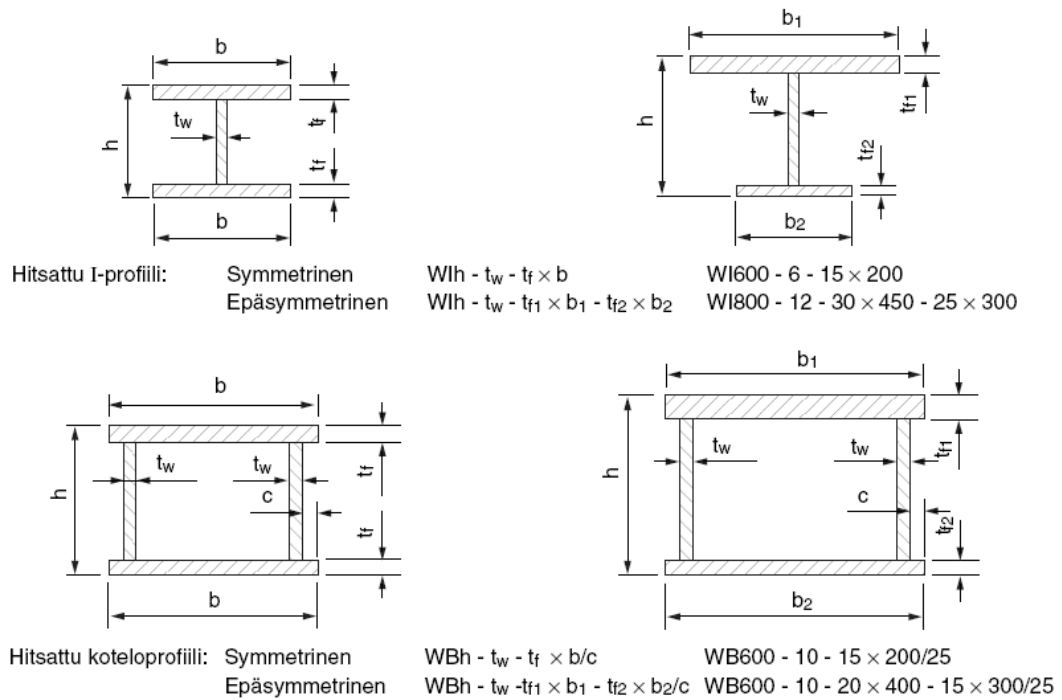
5.2 Hitsattu I- ja koteloprofiili

Hitsatuista profiileista voidaan suunnitella kuhunkin käyttökohteeseen sopivan kokoisia rakenteita huomioiden kuitenkin suositeltavat levykoot. Hitsatun profiilin etuna on, että materiaalimenekki saadaan minimoitua ja rakenteesta tulee mahdollisimman kevyt. Yleisimpiä hitsattuja profiileja ovat I- ja koteloprofiilit ja tavallisesti ne valmistetaan lujuusluokan S355 kuumavalssatuista teräslevyistä. Hitsatun I-profiilin päätylevyt ja nostoreiät suunnitellaan samalla tavalla kuin kuumavalssatulla I-profiililla. Suurin ero hitsatun ja kuumavalssatun I-profiilin detaljeissa on jäykistelevyn muotoilu. /11–13/

5.2.1 Suositeltavat mitat

Kun teräslevyt tilataan tukkukauppialta, on suositettava seuraavia levypaksuuksia: 5, 6, 8, 10, 12, 14, 15, 16, 18, 20, 22, 25, 30, 35, 40, 50, 60, 80 ja 100 mm. Uuman suositeltava maksimikorkeus on 3300 mm, mutta tätä pienempienkin levyjen saatavuus on hyvä tarkistaa, sillä mittavalikoima saattaa vaihdella eri tukkukauppioiden ja terästehtaiden välillä. Konepajan hitsauslaitteisto määrittelee laipan maksimileveyden, mutta valmistusystävällisyyden kannalta suositeltava laipan maksimileveys on 700 mm ja siltapalkeilla 1200 mm. Koteloprofiilin laipan on oltava uuman leveyttä vähintään 25 mm leveämpi molemmin puolin (mitta c), jotta hit-

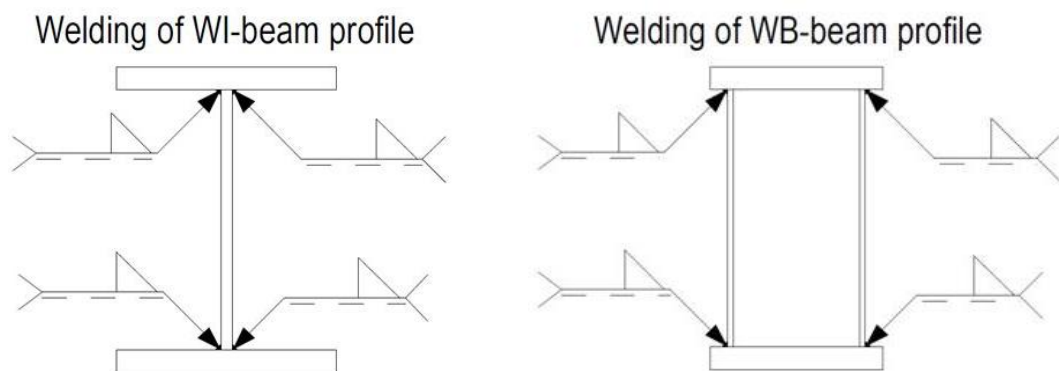
saus onnistuu vaivattomasti. Kuviossa 15 on esitelty I- ja koteloprofiilin merkintätavat. /12/



Kuvio 15. I- ja koteloprofiilin merkintätavat /12/.

5.2.2 Profiilihitsit

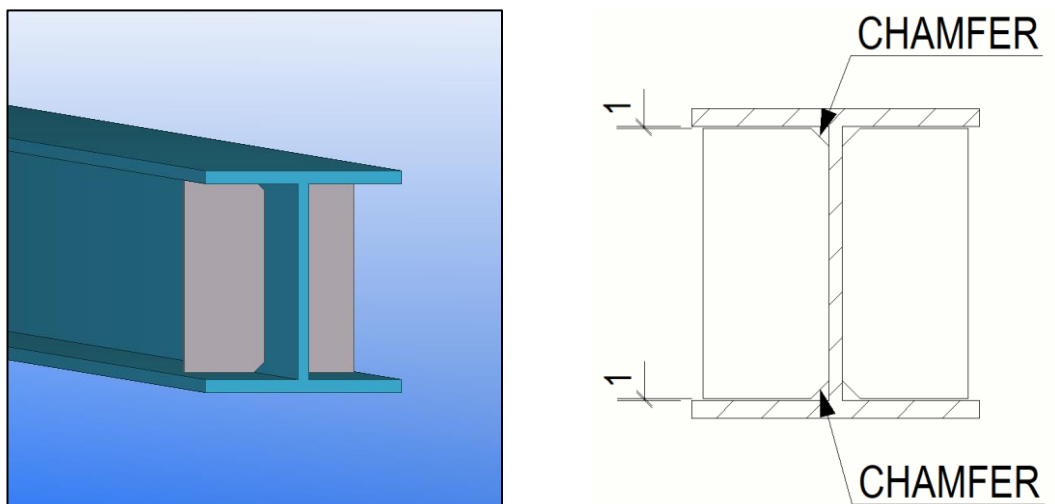
I-profiilin laipat hitsataan uumalevyn molemmin puolin pienahitsillä. Myös koteloprofiilin laipat hitsataan uumalevyihin pienahitsillä. Hitsit kokoineen tulee näkyä kaikissa aihio- ja kokoonpanopiirustuksissa piirustuksen ylälaidassa olevassa leikkauksessa (Kuvio 16). Hitsit mitoitetaan tapauskohtaisesti, mutta mitoituksessa on hyvä muistaa, että automaattista jauhekaarihitsausta käytettäessä saadaan yhdellä kerralla hitsattua enintään a7 mm kokoinen piena. /12, 13, 15/



Kuvio 16. Hitsatun I- ja koteloprofiilin profiilihitsien merkintätapa konepajapiirustuksissa /19/.

5.2.3 Jäykistelevyt

Hitsatun I-profiilin jäykistelevyjen suunnittelussa tulee huomioida profiilihitsit. Jäykistelevyn sisänurkkiin on suunniteltava viisteet, jotta levy asettuu hyvin uumaan (Kuvio 17). Viisteen koko määräytyy profiilihitsin koon mukaan. Jäykistelevy suunnitellaan 2 mm matalammaksi kuin uuman korkeus, jotta levy saadaan helposti mahtumaan laippojen väliin. /13/



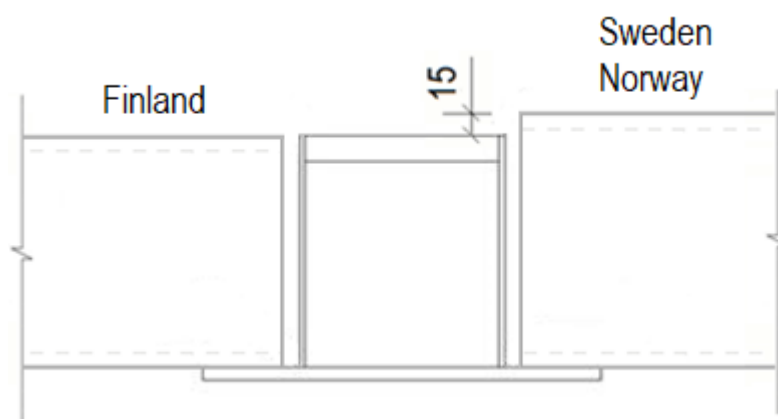
Kuvio 17. Hitsatun I-palkin jäykistelevyt.

5.3 WQ-palkki

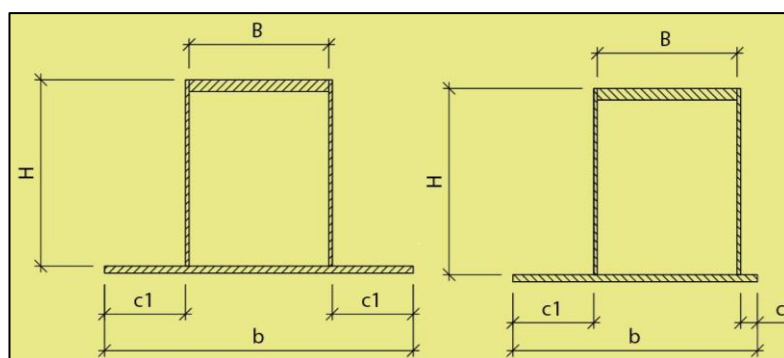
WQ-palkkia käytetään monikerrosrakentamisessa ylä- ja välipohjissa siten, että ontelo- tai kuorilaatat lepäävät palkin alalaipan päällä. Palkin näkyväksi ja palosuojattavaksi pinnaksi jää vain alalaippa, sillä välipohjan kanssa saman korkuinen palkki jää laattojen väliin piiloon. Symmetrisen WQ-palkin lisäksi käytössä on myös epäsymmetrinen WQ-palkki, jota käytetään reunapalkkina. WQ-palkki koostuu tavallisesti lujuusluokan S355 teräslevyistä hitsatusta ydinkotelosta, vakioiduista liitososista kantaviin rakenteisiin sekä muista mahdollisista varusteluosista, kuten korotusteräksistä, päätylevyistä, vääntölukoista ja sisäpuolisista jäykisteistä sekä nostoholkeista ja vedenpoistorei'istä. /12, 20/

5.3.1 Suositeltavat mitat

Suomen projekteissa WQ-palkin suositeltava korkeus alalaipan yläpinnasta mitattuna on sama kuin ontelolaatan korkeus. Ruotsin ja Norjan projekteissa palkin suositeltava korkeus on puolestaan 15 mm matalampi kuin ontelolaatan korkeus (Kuvio 18). Ylälaipan leveys määräytyy kestävyysvaatimusten mukaan, mutta tavallisesti se on 190, 240, 290 tai 340 mm leveä. Alalaipan leveys riippuu ontelolaatan tarvitsemasta tukipinnasta. Reunapalkin alalaipan kapeamman sivun mitan c suositusarvo on vähintään 25 mm. Palkin toimittaja määrittää levypaksuudet. Kuviossa 19 on esitelty palkkien mittaamisperiaatteet. Taulukoissa 11 ja 12 on esitelty 265–500 mm korkuisten kenttä- ja reunapalkkien tunnuksat sekä mitat. Kuviossa 20 on esitelty vapaamittaisten WQ-palkkien merkintätavat. /13, 14, 20/



Kuvio 18. WQ-palkin korkeus ontelolaatan korkeuteen nähden /13, 14/.



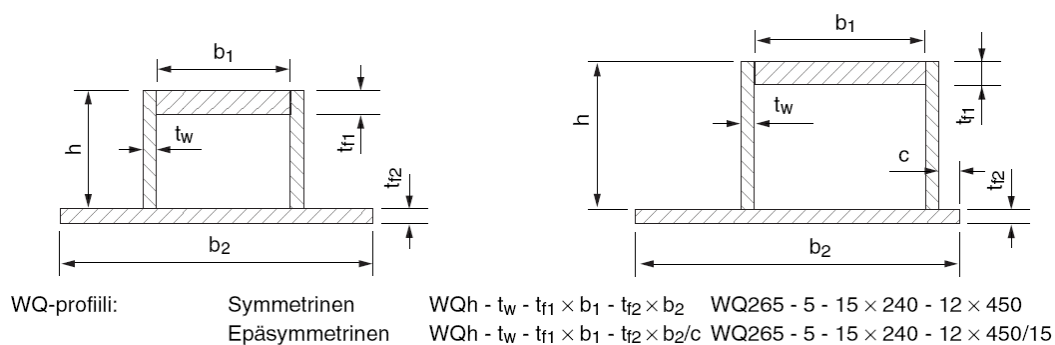
Kuvio 19. WQ-kenttäpalkin ja -reunapalkin mittaamisperiaatteet /20/.

Taulukko 11. WQ-kenttäpalkkien tunnuksset ja mitat /20/.

Kenttäpalkki	H [mm]	B [mm]	c1 [mm]	b [mm]
WQ27-190	265	190	130	460
WQ27-240	265	240	130	510
WQ27-290	265	290	130	560
WQ27-340	265	340	130	610
WQ32-190	320	190	130	460
WQ32-240	320	240	130	510
WQ32-290	320	290	130	560
WQ32-340	320	340	130	610
WQ40-190	400	190	170	550
WQ40-240	400	240	170	600
WQ40-290	400	290	170	650
WQ40-340	400	340	170	700
WQ50-240	500	240	170	600
WQ50-290	500	290	170	650
WQ50-340	500	340	170	700

Taulukko 12. WQ-reunapalkkien tunnuksset ja mitat /20/.

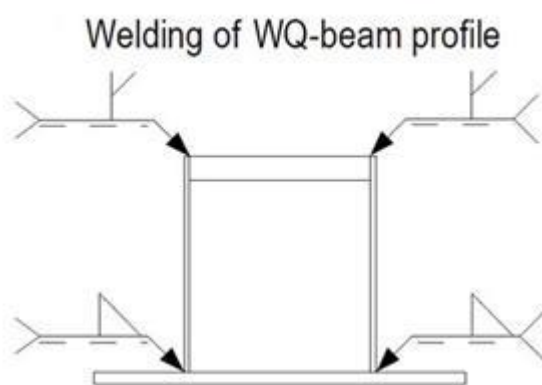
Kenttäpalkki	H [mm]	B [mm]	c1 [mm]	b [mm]
WQa27-190	265	190	130	370
WQa27-240	265	240	130	420
WQa27-290	265	290	130	470
WQa27-340	265	340	130	520
WQa32-190	320	190	130	370
WQa32-240	320	240	130	420
WQa32-290	320	290	130	470
WQa32-340	320	340	130	520
WQa40-190	400	190	170	420
WQa40-240	400	240	170	470
WQa40-290	400	290	170	520
WQa40-340	400	340	170	570
WQa50-240	500	240	170	470
WQa50-290	500	290	170	520
WQa50-340	500	340	170	570



Kuvio 20. WQ-profiilin merkintätavat /12/.

5.3.2 Profiilihitsit

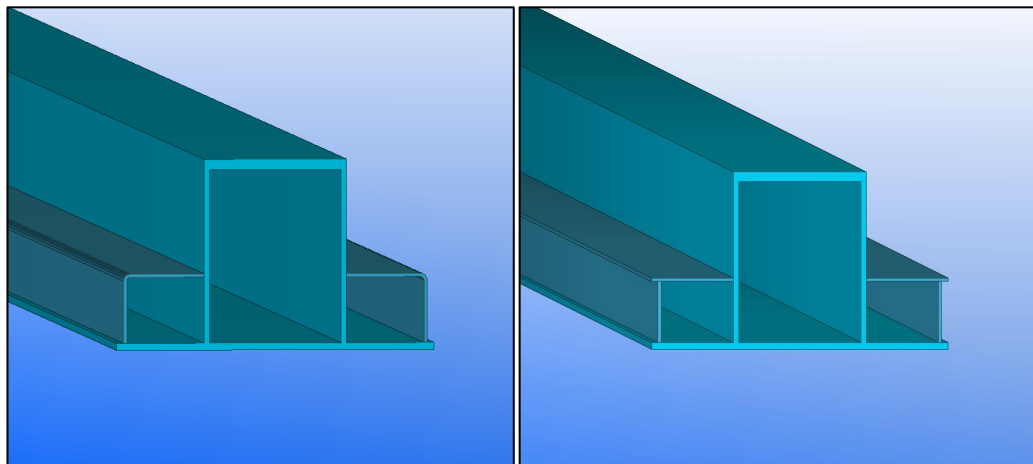
WQ-palkin ylälaippa hitsataan uumalevyjen väliin siten, että levyjen yläpinnat ovat samalla tasolla. Tällöin ylälaipan reunoille tehdään viisteet ja se hitsataan osaviistetyllä puoli-V-hitsillä uumalevyihin. Uumalevyt hitsataan alalaippaan pienahitsillä. Hitsit kokoineen tulee näkyä kaikissa aihio- ja kokoonpanopiirustuksissa piirustuksen ylälaidassa olevassa leikkauksessa (Kuvio 21). Hitsit mitoiteetaan tapauskohtaisesti, mutta mitoituksessa on hyvä muistaa, että automaattista jauhekaarihitsausta käytettäessä saadaan yhdellä kerralla hitsattua enintään a7 mm kokoinen piena. /12, 13, 15/



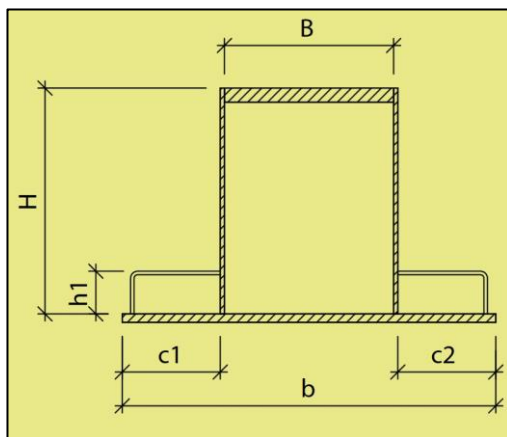
Kuvio 21. WQ-palkin profiilihitsien merkintätapa konepajapiirustuksissa /19/.

5.3.3 Korotusteräket

WQ-palkki voidaan joutua mitoittamaan korkeammaksi kuin sen päällä lepävä laatasto, jos palkilta vaaditaan suurempaa kestävyyttä tai jos palkin eri puolilla joudutaan käyttämään erikorkuisia laattoja. Tällöin palkin alalaipan päällä käytetään korotusterästä, jotta laattojen ja palkin yläpinnat saadaan samalla tasolle. Korotusteräs valmistetaan joko L-profiilista tai kahdesta levystä hitsaamalla (Kuvio 22). Korotusteräs suunnitellaan aina 90° kulmaan valmistusystävällisyyden vuoksi. Tavallisesti korotusteräket ovat 50–180 mm korkeita. Korotusteräs sijoitetaan palkin alalaipalle siten, että alalaippaan jää riittävästi hitsausvaraa. L-profiilia käytettäessä on kuitenkin huomioitava, että palkin alalaipasta suunnitellaan tarpeeksi leveä, jotta laatastolle jää riittävästi tukipintaa korotusteräksestä. Korotusteräksen pyöristystä ei lasketa mukaan tukipintaan vaan ainoastaan tasainen pinta. Kuviossa 23 on esitelty korotetun WQ-palkin mittaamisperiaate. /20/



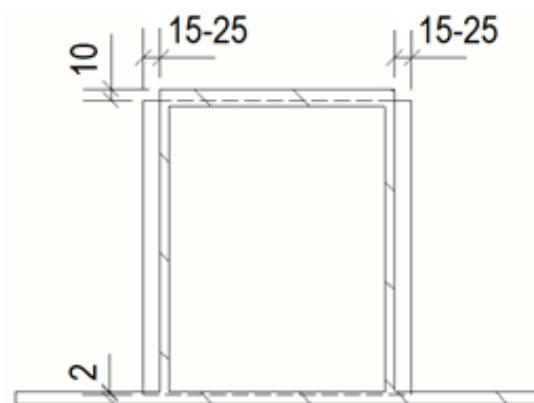
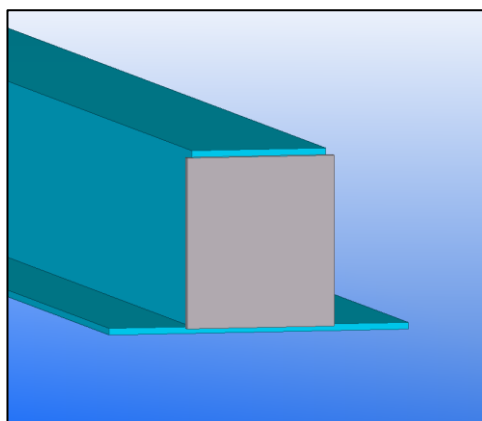
Kuvio 22. WQ-palkin korotusteräket.



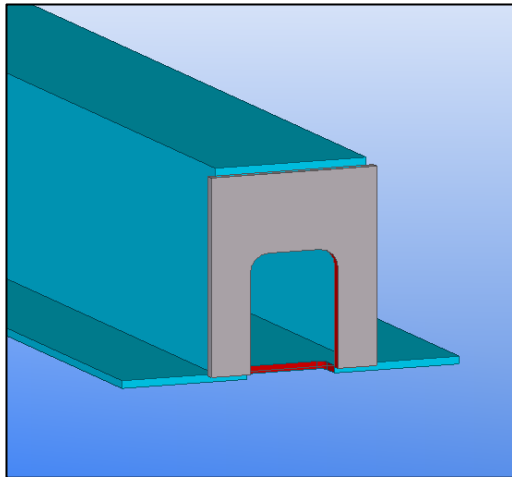
Kuvio 23. Korotetun WQ-palkin mittaamisperiaate /20/.

5.3.4 Päätylevyt

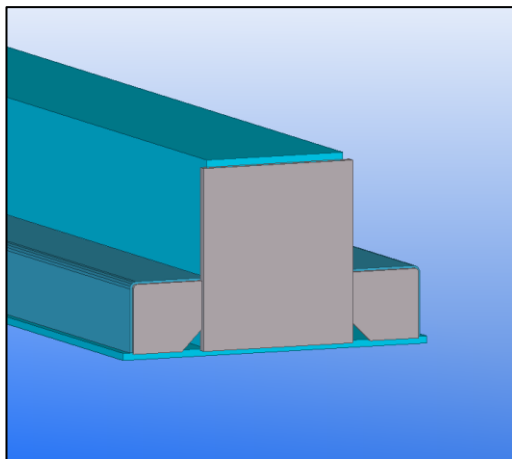
WQ-palkin päätylevyt mitoitetaan profiiliin nähden kuvion 24 mukaan. Valmistusystävällisyyden vuoksi samassa projektissa olisi hyvä suosia mahdollisimman paljon samankokoisia päätylevyjä. WQ-palkin liittyessä liittopilariin, tehdään palkin päätylevyyn aukko pilarissa olevaa liitoskonsolia varten (Kuvio 25). Aukon koko määräytyy konsolin koon mukaan. Myös korotusteräksen päähän on suunniteltava päätylevy, joka on hitsausvaran verran pienempi kuin korotusteräs ja lisäksi siinä on oltava vedenpoistoaukko (Kuvio 26). /13, 14/



Kuvio 24. WQ-palkin päätylevy.



Kuvio 25. WQ-palkin päätylevy aukollisena.

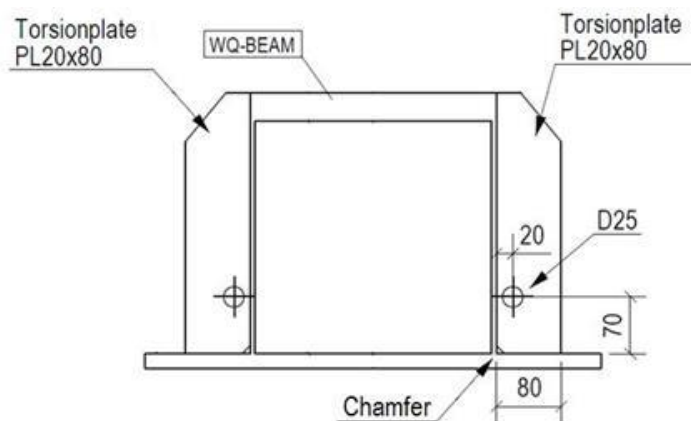


Kuvio 26. WQ-palkin korotusterästen päätylevyt.

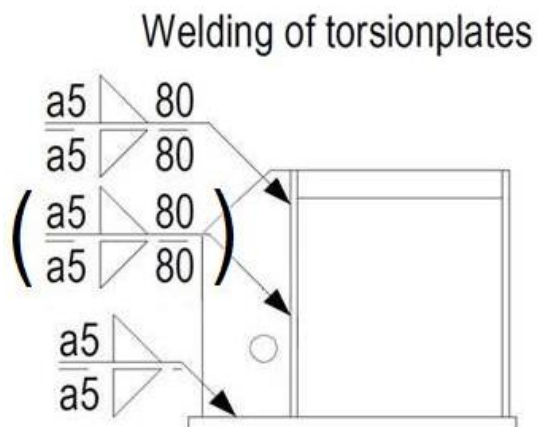
5.3.5 Vääntölukot

WQ-palkin vääntölukkojen tehtävänä on vastaanottaa ontelolaataston aiheuttama vääntö palkille. Vääntölukon paksuus on tavallisesti 20 mm. Vääntölukot suunnitellaan saman korkuisiksi palkin uuman kanssa ja 80 mm leveiksi. Lisäksi vääntölukon sisänurkkaan suunnitellaan profiilihitsin vaatima viiste. Vääntölukkoon tehdään $\varnothing 25$ mm kokoinen reikä raudituslenkkiä varten. Reikä sijoitetaan 20 mm päähän uumasta ja korkeussuunnassa sijainti riippuu ontelolaataston koosta. Kuitenkin useimmissa tapauksissa reiän korkeusasemana voidaan

käyttää 70 mm (Kuvio 27). Vääntölukko hitsataan pienahitsillä kiinni alalaippaan ja lisäksi uuman yläosaan 80 mm pituisella pienahitsillä (Kuvio 28). Useimmiten hitsin kokona toimii a5 mm, mutta hitsin koko on kuitenkin aina tarkistettava. Jos palkki on korkea, voidaan tarvittaessa lisätä hitsi vääntölukon puoleenväliin. Vääntölukot sijoitetaan ontelolaatan ontelojen kohdalle. /13/



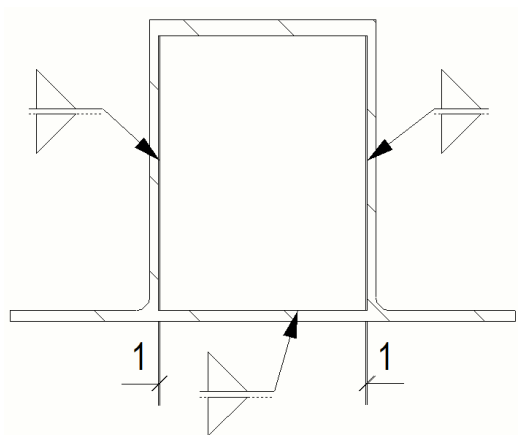
Kuvio 27. WQ-palkin vääntölukon mitat /19/.



Kuvio 28. WQ-palkin vääntölukon hitsit /19/.

5.3.6 Sisäpuoliset jäykisteet

WQ-palkin uumassa käytetään jäykisteitä esimerkiksi silloin, kun kuormia halutaan siirtää alalaipalle. Jäykisteenä voidaan käyttää joko teräslevyä tai putkiprofiilia. Jäykisteet mitoitetaan 2 mm kapeammaksi kuin uuman leveys, jotta levy saadaan hyvin mahtumaan uumalevyjen väliin (Kuvio 29). Jäykisteen tulee olla tiukasti ala- ja ylälaipan välissä, joten jäykisteen korkeus on oltava sama kuin uuman sisäpuolinen korkeus. Jäykisteet hitsataan kolmelta sivulta pienahitsillä ennen ylälaipan asentamista. /13, 14/



Kuvio 29. WQ-palkin sisäinen jäykistelevy.

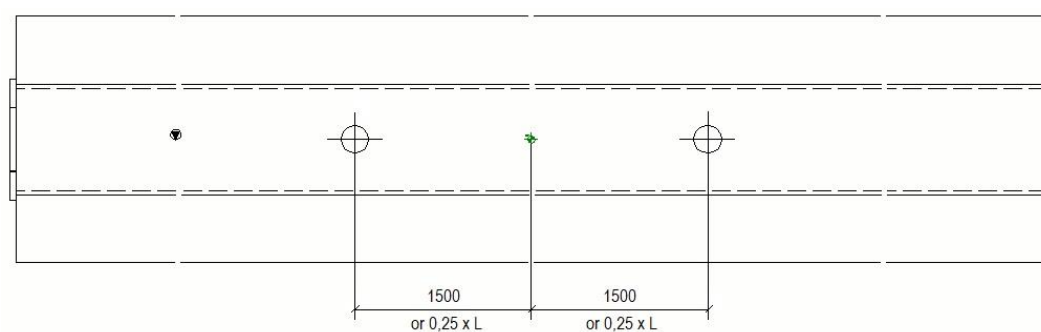
5.3.7 Nostoholkit

Alle 5600 kg painavan WQ-palkin nostamiseen käytetään RUD VLBG M24 - nostosilmukoita, jotka kierretään palkin kierreholkkeihin. Holkkeja varten palkkiin tehdään kaksi $\varnothing 52$ mm reikää. Reiät sijoitetaan painopisteen molemmin puolin symmetrisesti niin, että molemmille nostolenkeille tulee tasaiset kuormitukset. Reikien etäisyys painopisteestä riippuu palkin pituudesta (Taulukko 13 ja Kuvio 30). Kierreholkit hitsataan palkkiin konepajalla a7 mm pienahitsillä, jonka jälkeen kierteet suojataan ruuveilla. Nostoholkit ja ruuvit tulee esittää konepajapiirustuksissa (Kuvio 31). Yli 5600 kg painavan WQ-palkin nostamiseen käytetään kiinteitä

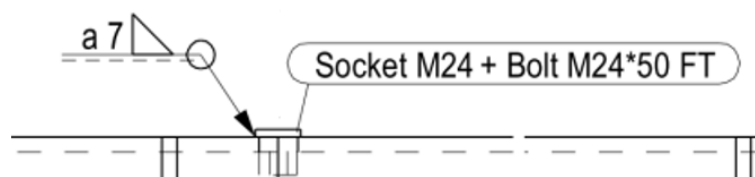
tä nostokorvakkeita, jotka hitsataan suoraan palkin ylälaipan pintaan kiinni. Nostokorvakkeen koko riippuu kuormituksesta. /18/

Taulukko 13. WQ-palkin pituuden vaikutus nostoholkin sijaintiin /18/.

Palkin pituus L [mm]	Etäisyys painopisteestä [mm]
≥ 6000	1500
< 6000	$0,25 \times L$



Kuvio 30. WQ-palkin nostoholkkien etäisyys painopisteestä.

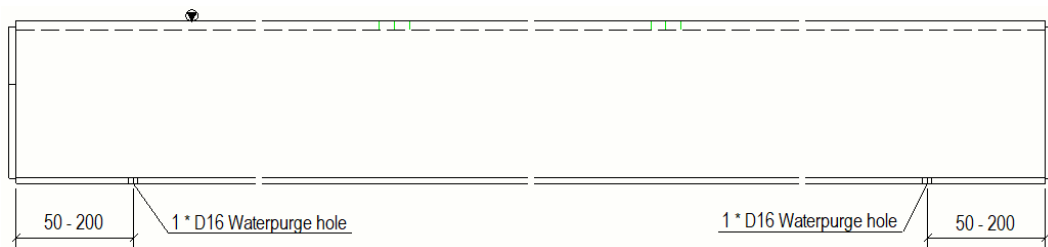


Kuvio 31. Nostoholkin ja ruuvien esittäminen konepajapiirustuksessa /18/.

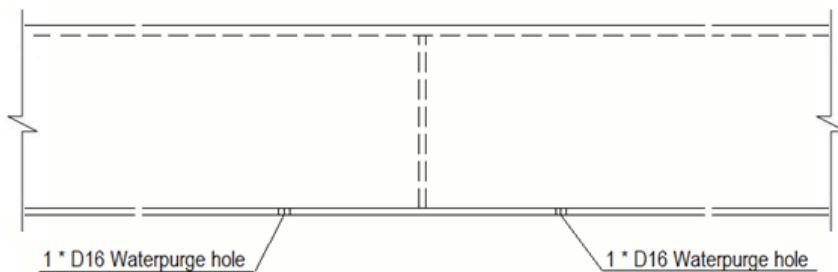
5.3.8 Vedenpoistoreiät

Reikien suunnittelemista WQ-palkin ylälaippaan on vältettävä veden pääsyn minimoimiseksi palkin sisälle. Vesi voi kuitenkin päästä palkin sisälle myös hitsausaumoista, koska ne eivät ole vesitiiviitä. Vedenpoiston varmistamiseksi palkin alalaipan molempiin päihin suunnitellaan $\varnothing 16$ mm reiät (Kuvio 32). Reikien sijoittelu riippuu palkin liittymistavasta viereisiin rakenteisiin. Jos palkki lepää esimer-

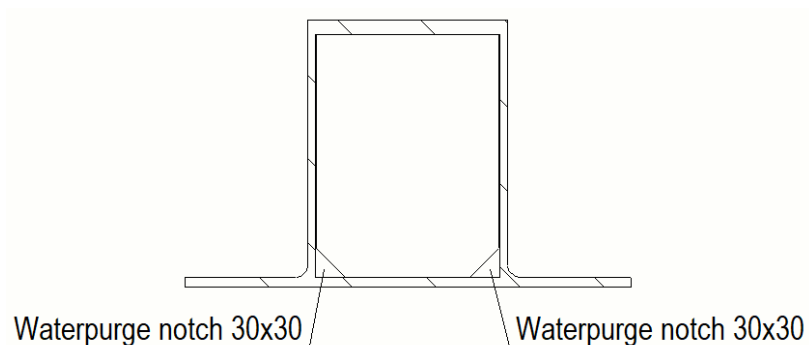
kiksi betoniseinän päällä, vedenpoistoreiät sijoitetaan 200 mm päähän palkin päistä. Jos taas palkki liittyy esimerkiksi liittopilariin konsolilla, voidaan vedenpoistoreikä sijoittaa lähemmäksi palkin reunaa, mutta kuitenkin vähintään 50 mm päähän. Jos palkissa on veden valumisen estäviä sisäpuolisia jäykisteitä, tulee joko jäykisteiden molemmin puolin alalaippaan suunnitella lisävedenpoistoreiät (Kuvio 33) tai itse jäykistelevyyn vedenpoistoaukot (Kuvio 34). Korotusteräksiä käytettäessä on sen päätylevyn ja mahdollisen sisäpuolisen jäykistelevyn nurkkiin suunniteltava 30x30 mm vedenpoistoaukko (Kuvio 35). /21/



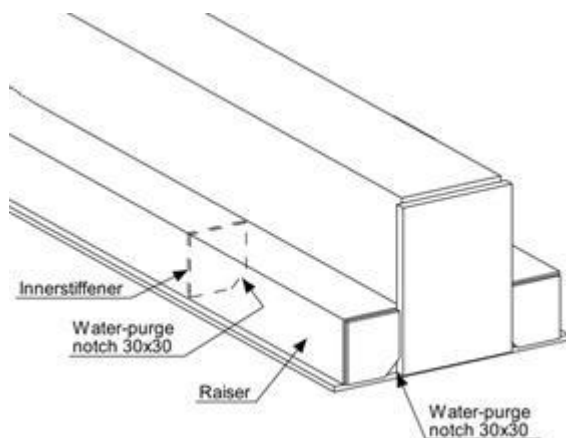
Kuvio 32. WQ-palkin vedenpoistoreiät.



Kuvio 33. WQ-palkin vedenpoistoreiät sisäisen jäykisteen molemmin puolin.



Kuvio 34. WQ-palkin sisäisen jäykisteen vedenpoistoaukot.



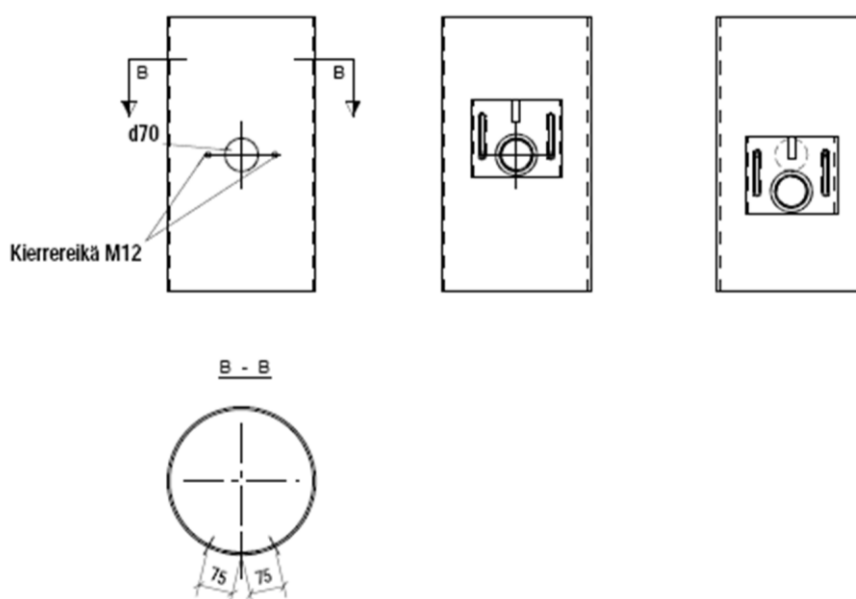
Kuvio 35. WQ-palkin korotusteräksen sisäisen jäykisteen ja päätylevyn vedenpoistoaukot /21/.

5.4 Liittopilari

Liittopilaria käytetään, kun rakenteelta vaaditaan palonkestävyyttä. Liittopilari on rakenne, jossa kantokykyä ja jäykkyyttä parannetaan teräksen ja betonin yhteisvaikutuksella. Liittopilarit ovat joko betonilla täytettyjä tai betoniin valettuja erimuotoisia teräsprofiileja. Betonilla täytetyt teräsputket ovat edullisempia, koska putki toimii samalla betonin valumuottina, jolloin materiaalia ja aikaa säästyy. Liittopilarin suunnittelussa huomioitavia detaljeja ovat muun muassa valuaukko, päätylevyt, vedenpoisto- ja höyryreiät, asennusaikainen tuenta, raudoitteet sekä pilarin läpimenevät osat. /8, 13/

5.4.1 Valuaukko

Liittopilariin on suunniteltava $\varnothing 70$ mm valuaukko ja sen viereen molemmin puolin M12 kierrereivät, jotta valuyhde saadaan asennettua ja teräsputki pystytään täyttämään betonilla. Valuaukon suositeltava sijainti on noin 500 mm korkeudella pilarin alapäästä mitattuna. Leveysuunnassa valuaukko on sijoitettava valutyön kannalta optimaaliseen paikkaan. Lisäksi sijoituksessa on huomioitava mahdolliset esteet, kuten pilarin raudoitteet sekä väliaikaiset tuennat. Valuyhteenä käytetään standardoitua pystysuunnassa liikkuvaa mallia (Kuvio 36), joita on yhteensä 11 eri kokoa, joista yksi on neliö- ja suorakaideprofiileille ja loput pyöreille profiileille $\varnothing 219$ – 660 mm. Valutyön jälkeen valuyhde siirretään reiän tukkeeksi ja poistetaan betonin kovettuttua. /22/

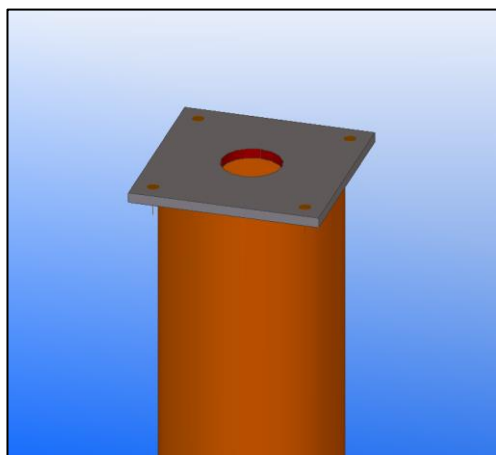


Kuvio 36. Liittopilarin valuyhteen toimintaperiaate /22/.

5.4.2 Päätylevyt

Liittopilarin päätylevyyn tehdään reikä, jotta ilma pääsee poistumaan pilarista betonoinnin aikana estäen pilarin päätylevyn irtoamisen ja pilarin mahdollisen muodonmuutoksen. Lisäksi reiästä voidaan tarkistaa, että pilari on kokonaan täyttynyt.

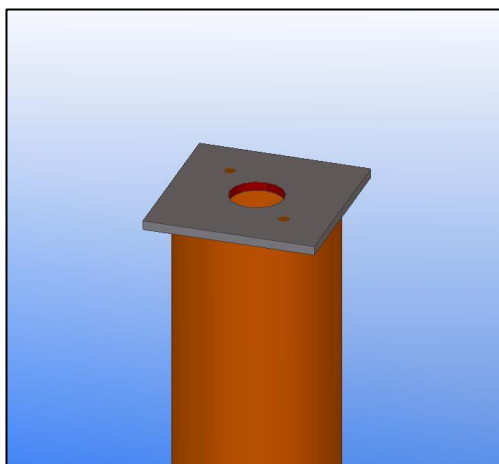
Reikä sijoitetaan keskelle päätylevyä (Kuvio 37). Reiän suositeltava koko on noin $\varnothing 120$ mm, mutta vähintään sen on oltava valaukon kokoinen. Valmistusystävällisyyden kannalta saman projektin jokaisessa liittopilarissa olisi hyvä käyttää samankokoista reikää. /13, 14/



Kuvio 37. Liittopilarin ilmareikä.

5.4.3 Nostoreiät

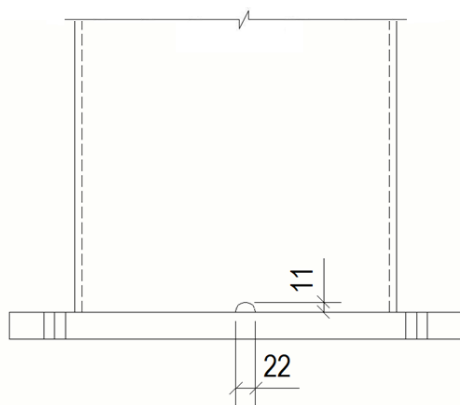
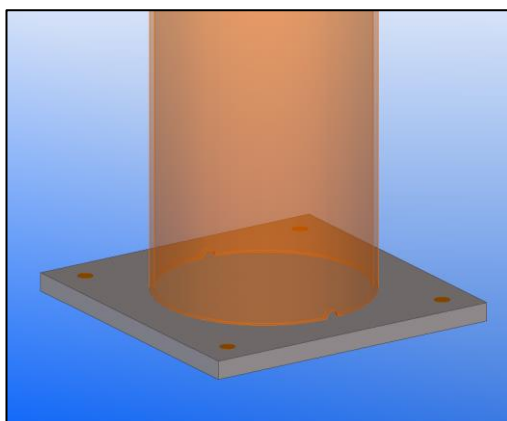
Tämä ohjeistus koskee alle 3000 kg painavia liittopilareita. Painavampien pilareiden nosto on suunniteltava tapauskohtaisesti. Päätylevyllinen liittopilari nostetaan päätylevystä, joten levyn paksuuden on oltava vähintään 20 mm. Jos päätylevyssä on ruuvireikiä, voidaan niitä käyttää myös nostoreikinä, jolloin erillisiä nostoreikiä ei tarvitse suunnitella. Muulloin päätylevyyn suunnitellaan kaksi porareikää D22 tai kaksi kierrereikää M20, jotka sijaitsevat symmetrisesti pilarin keskiön nähden (Kuvio 38). Nostoreikien sijaan voidaan käyttää myös hitsattavia nostoholkkeja M24, jos pilariin liittyvät rakenteet sen sallivat. /18/



Kuvio 38. Liittopilarin nostoreiät.

5.4.4 Vedenpoistoreiät

Liittopilarin vedenpoisto toteutetaan suunnittelemalla pilariin vedenpoistoreiät. Kaksi vedenpoistoreikää sijoitetaan pilarin alapäähän vastakkaisille puolille pilaria (Kuvio 39). Reiät ovat kooltaan 22x11 mm. /21/

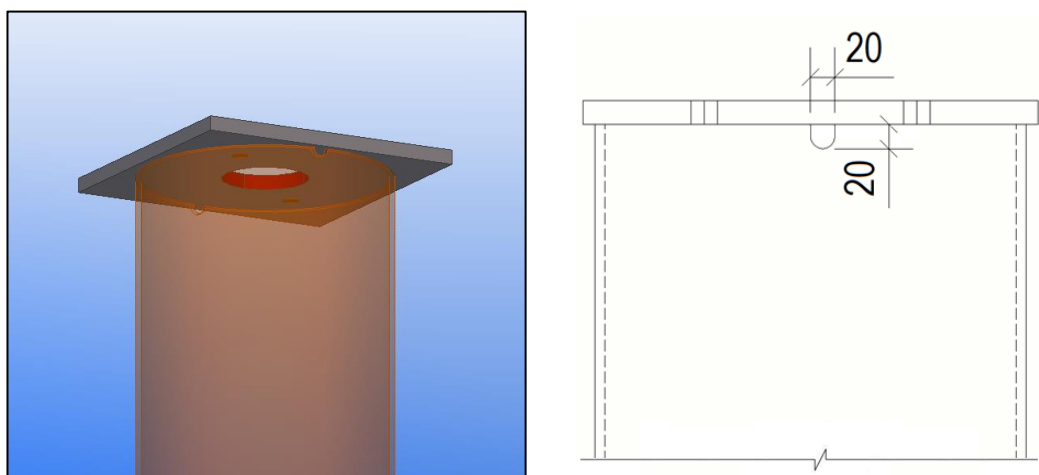


Kuvio 39. Liittopilarin vedenpoistoreiät.

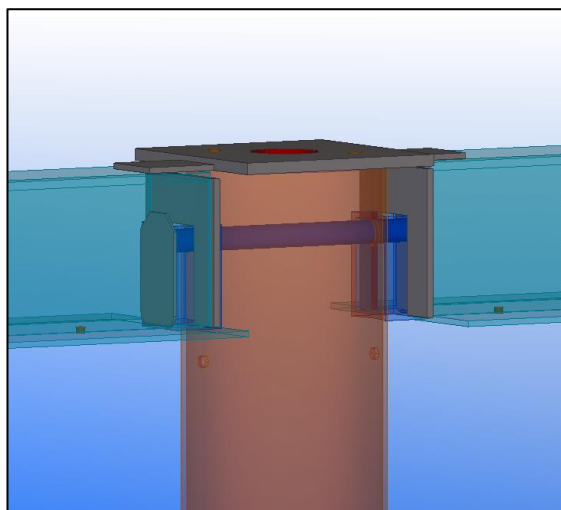
5.4.5 Höyryreiät

Liittopilariin tulee suunnitella höyryreiät, jotta putki ei räjähtäisi palotilanteessa, kun betoni teräsputken sisällä kuumenee ja vapauttaa vesihöyryä. Jokaisessa ker-

roksessa tulee olla kaksi $\varnothing 20$ mm höyryreikää vastakkaisilla puolilla pilaria (Kuvio 40). Reikäryhmien välinen etäisyys saa olla enintään viisi metriä. Reiät sijoitetaan pilarin yläosaan siten, että mahdolliset liittyvät rakenteet eivät peitä niitä (Kuvio 41). /13, 23/



Kuvio 40. Liittopilarin höyryreiät.



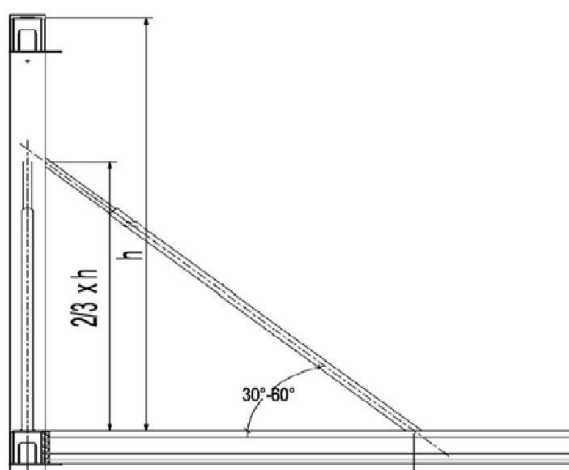
Kuvio 41. Liittopilarin höyryreiät sijoitetaan liittyvän rakenteen alapuolelle.

5.4.6 Asennusaikainen tuenta

Asennusaikana liittopilari on tuettava kerroksittain vähintään kahdesta suunnasta väliaikaisilla tuilla (Kuvio 42). Asennusystävällisyyden vuoksi pilari varustetaan kuitenkin neljällä väliaikaisen tuen kiinnittämiseen tarvittavilla M16 kierrerei'illä. Reiät sijoitetaan vaakatasossa toisiinsa nähden 90° kulmaan. Pystysuunnassa reikien suositeltava sijoituskohta on $2/3$ kerroskorkeudesta tuen alapinnasta mitattuna (Kuvio 43). Suunnitteluvaiheessa on kuitenkin tarkistettava, minkä kokoisia väliaikaisia tukia työmaalla on käytössä ja suunniteltava reikien korkeusasema projektikohtaisesti. /24/



Kuvio 42. Liittopilarin asennusaikainen tuenta /24/.

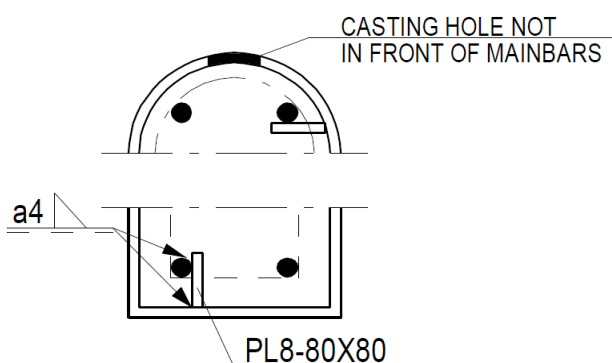


Kuvio 43. Liittopilarin asennusaikaisen tuen suositeltava korkeusasema /24/.

5.4.7 Raudoitteet

Liittopilarin raudoitteet eivät saa estää putken betonointia. Raudoitteet sijoitetaan liittopilariin keskeisesti. Lisäksi raudoitteet täytyy kiinnittää pilarin sisälle hitsattuun levyyn, jos niillä on mahdollisuus irrota asennusaikana. Mahdollinen kiinnitys ilmoitetaan konepajapiirustuksissa yleiskuvalla (Kuvio 44). Raudoitteet mallinnetaan siten, että ne näyttävät samalta kuin todellisuudessaakin ja niiden tulee näkyä konepajapiirustuksissa. /13, 23/

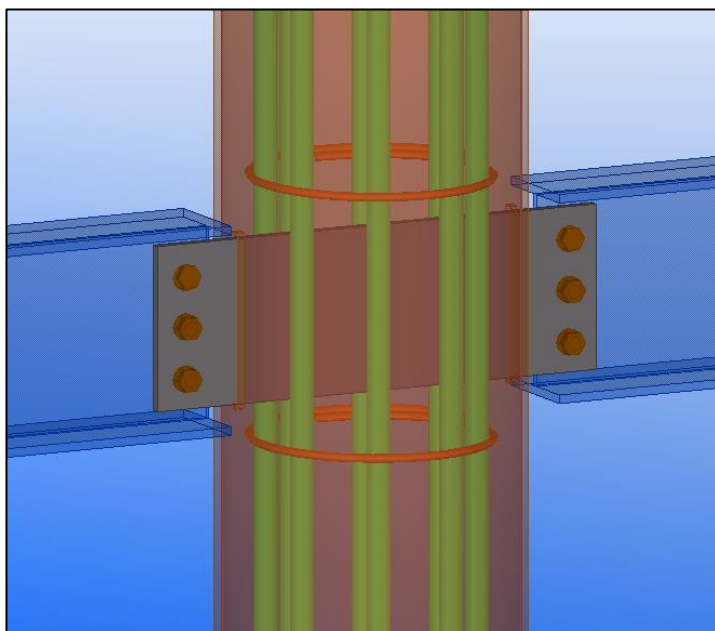
Reinforcement has to be fixed to mainprofile at both ends



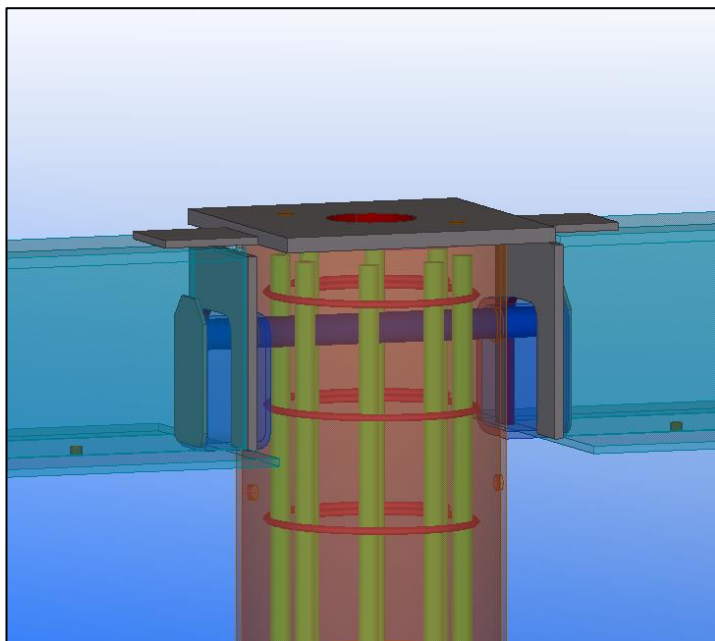
Kuvio 44. Yleiskuva liittopilarin raudoitteiden kiinnittämisestä /19/.

5.4.8 Läpimenevät osat

Liittopilarin läpimenevien osien suunnittelussa täytyy huomioida, että osa mahtuu hyvin läpäisemään pilarin huolimatta raudoituksista. Tällaisia läpimeneviä osia voivat esimerkiksi olla I-palkkien liitoslevy (Kuvio 45) tai liittopilarin ja WQ-palkkien välisessä liitoksessa käytettyjen konsolien palotappi (Kuvio 46). Palotappia käytetään, koska palotilanteessa pilarin teräsvaippa kuumenee ja lujuus heikentyy, jolloin palkilta tulevat kuormat on siirrettävä pilarin betoniosalle palotappin välityksellä. Palotappin koko määräytyy vaikuttavien kuormien mukaan. /13, 14, 23/



Kuvio 45. Liittopilarin ja I-palkkien liitoslevy.



Kuvio 46. Liittopilarin palotappi.

5.5 Side

Siteet ovat poikkileikkaukseltaan pyöreitä, neliömäisiä tai suorakaiteen muotoisia rakenneputkia. Rakenneputkia on sekä kuuma- ja kylmävalssattuja että hitsaamalla valmistettuja. SSAB:n rakenneputket valmistetaan teräsnauhasta kylmämuovamalla ja hitsaamalla. /10, 11, 25/

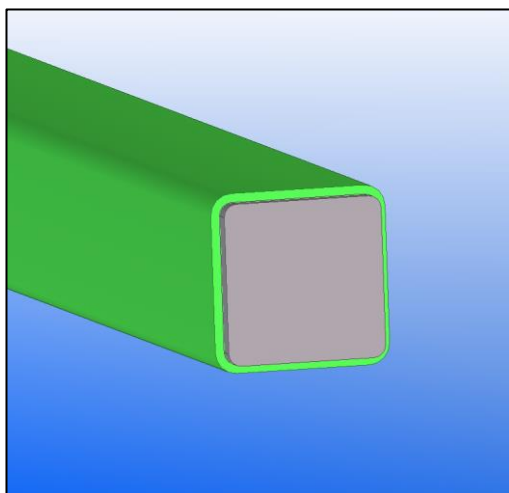
Putkiprofiilien suunnittelussa täytyy huomioida putkien vakiopituudet, jotka ovat 6 ja 12 m. Pyöreitä rakenneputkia voidaan kuitenkin toimittaa tehdastoimituksena koosta riippuen 16 metriin saakka ja neliön tai suorakaiteen muotoisia 24 metriin saakka. Siteen yleisimpiä detaljeja ovat päätylevyt, nostoholkit sekä päätyliitos. /13, 14, 25/

5.5.1 Päätylevyt

Putkiprofiilin päätylevyn suunnittelussa tulee huomioida putken pyöristyssäde, joka riippuu putken ainevahvuudesta (Taulukko 14). Päätylevyn ja putkiprofiilin ulkoreunan väliin on jätettävä hitsausvara (Kuvio 47). Tällöin levyn pyöristyssäde ei ole sama kuin putkiprofiilin, vaan levyn pyöristyssäde on hitsausvaran verran pienempi tai suurempi. /25/

Taulukko 14. Putkiprofiilin pyöristyssäde /25/.

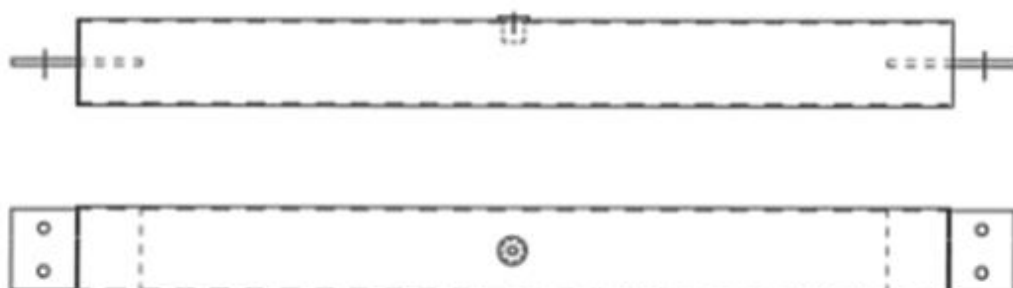
Ainevahvuus t	Putkiprofiilin pyöristyssäde r_0
$t \leq 6,0 \text{ mm}$	$r_0 = 2,0 \times t$
$6,0 \text{ mm} < t \leq 10 \text{ mm}$	$r_0 = 2,5 \times t$
$t > 10 \text{ mm}$	$r_0 = 3,0 \times t$



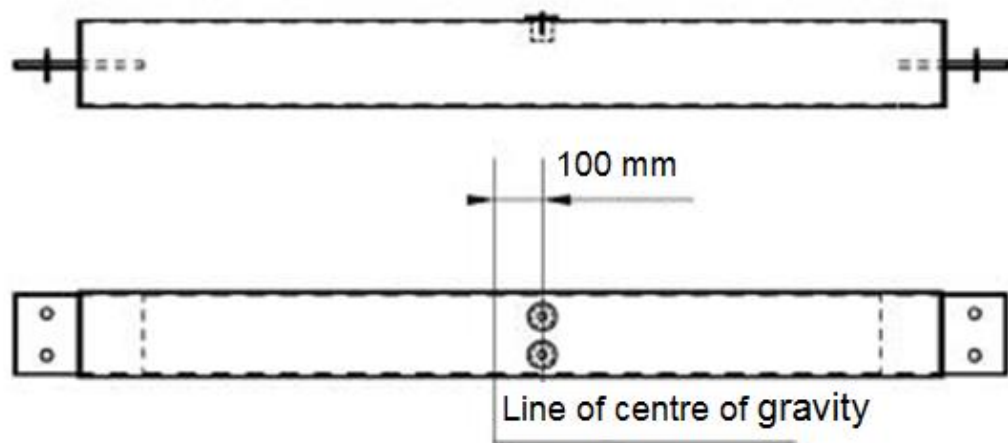
Kuvio 47. Putkiprofiilin päätylevy.

5.5.2 Nostoholkit

Seinän vinoside varustellaan RUD VWBG M24 -nostosilmukalla, joka kierretään putken kierreholkkiin. Holkkia varten putkeen tehdään $\varnothing 52$ mm kokoinen reikä. Reikä sijoitetaan putken painopisteeseen, kun sen massa on alle 1500 kg (Kuvio 48). Massan ollessa 1500–4000 kg tarvitaan kaksi nostosilmukkaa. Tällöin holkkien reiät sijoitetaan rinnakkain 100 mm etäisyydelle putken painopisteestä asennustyön helpottamiseksi (Kuvio 49). /18/



Kuvio 48. Seinän vinositeen nostoholkki painopisteessä, kun putken massa on < 1500 kg /18/.

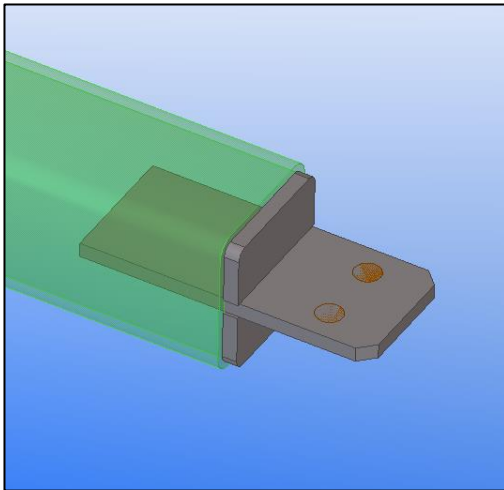


Kuvio 49. Seinän vinositeen nostoholkkien sijainti, kun putken massa on 1500–4000 kg /18/.

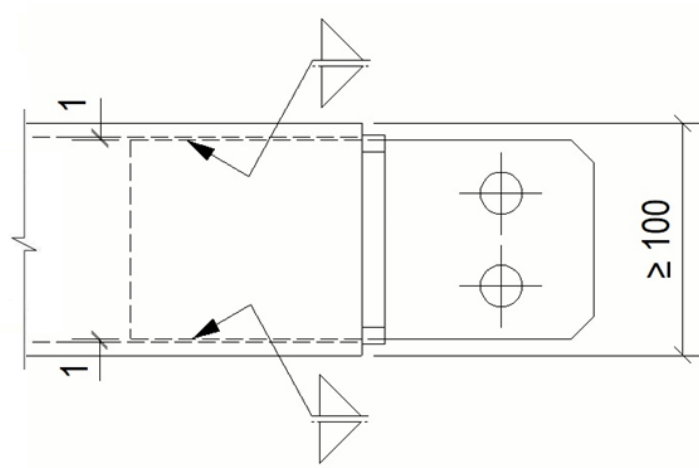
5.5.3 Pääteliitos

Putkien liitosmahdollisuuksia on monia erilaisia. Liitosta suunniteltaessa on kestävyuden lisäksi huomioitava valmistus- ja asennusystävällisyys. Seuraavat putkisiiteen liitosvaihtoehdot on esitelty paremmuusjärjestyksessä valmistus- ja asennusystävällisyyden kannalta parhaimmasta aloittaen.

Putken sisään hitsattu liitoslevy on valmistuksen kannalta parhain, sillä tällöin putkiprofiilia ei tarvitse leikata (Kuvio 50). Tätä liitosmenetelmää voidaan käyttää kuitenkin vain profiileille, jonka kapeampi sivumitta on vähintään 100 mm. Liitoslevyn suositeltava leveys on 2 mm pienempi kuin putken sisämitta, jotta levy mahtuu putken sisään ja taataan hyvä hitsattavuus (Kuvio 51). Päätylevy valmistetaan kahdesta eri osasta. Jotta liitoslevyn hitsaaminen onnistuu ongelmitta, on liitoslevyn ulottumista putken sisälle rajoitettu (Taulukko 15). /13–15/



Kuvio 50. Putken sisäpuolelle hitsattu liitoslevy.



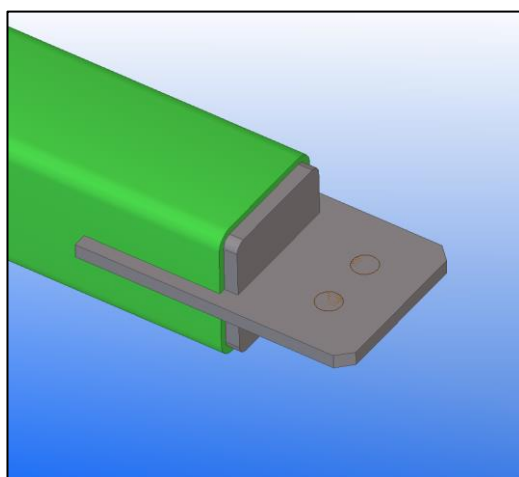
Kuvio 51. Liitoslevy hitsataan putken sisäpuolelta, kun putken kapeampi sivu on ≥ 100 mm.

Taulukko 15. Liitoslevyn putken sisällä olevan osuuden maksimipituus /13, 14/.

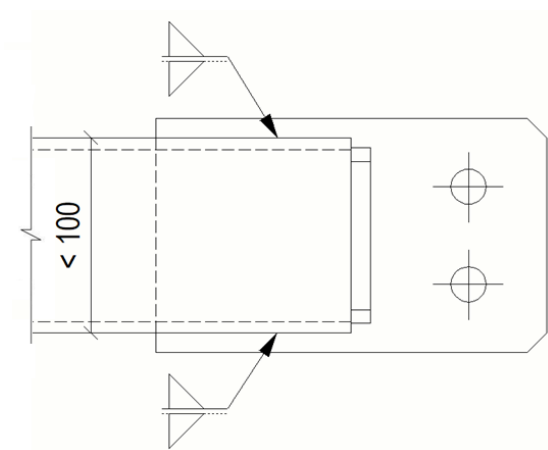
Putken kapeampi sivumitta	Liitoslevyn putken sisällä olevan osuuden maksimipituus
100 mm	70 mm
> 100 mm	Putken kapeampi sivumitta

Kun liitos vaatii suuret hitsit tai kun putkiprofiilin sivumitta on pienempi kuin 100 mm, joudutaan levy hitsaamaan putken ulkopuolelta (Kuvio 52 ja Kuvio 53). Täl-

lön putkiprofiiliin läpi joudutaan leikkaamaan hahlo. Hahlon pituus määräytyy liitoslevyn pituuden mukaan ja hahlon leveys on 2 mm suurempi kuin liitoslevyn paksuus, jotta levy mahtuu vaivattomasti hahloon. Levyn on tultava hahloista putken ulkopuolelle hitsin tarvitseman tilan verran. /13, 14/



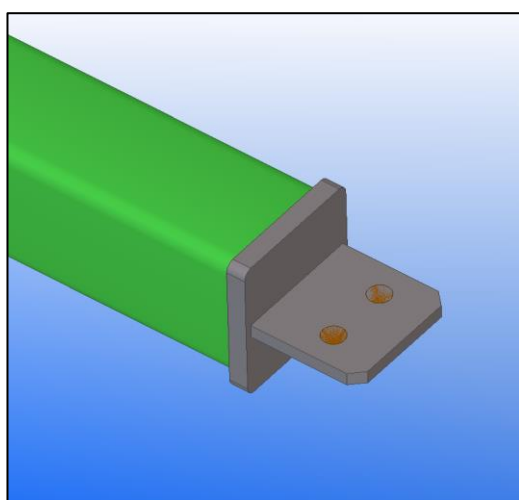
Kuvio 52. Putken ulkopuolelle hitsattu liitoslevy.



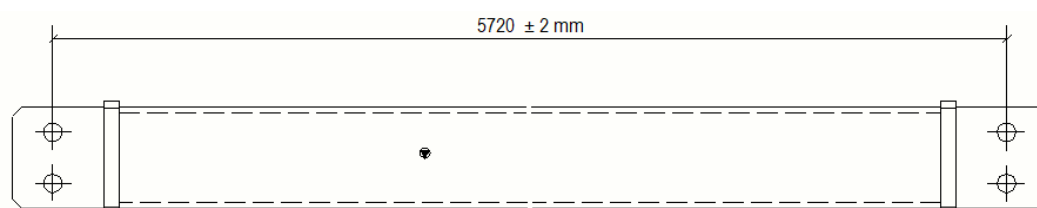
Kuvio 53. Liitoslevy hitsataan putken ulkopuolelta, kun putken kapeampi sivu on < 100 mm.

Yksileikkeisistä liitoksista huonoin vaihtoehto on liitos, jossa päätylevy valmistetaan kokonaisena ja sen päälle hitsataan liitoslevy (Kuvio 54). Tätä vaihtoehtoa joudutaan kuitenkin käyttämään esimerkiksi silloin, kun liitokseen vaikuttaa leik-

kausvoimia tai silloin, kun putkiprofiili on niin pieni, että hahlon tekeminen ei kannata. Usein esimerkiksi putkisiteen molemmissa päissä on samanlainen liitos, jolloin eri päädyissä olevien liitoslevyjen reikien välinen mitta on oltava oikea ± 2 mm tarkkuudella (Kuvio 55). Tässä liitosvaihtoehdossa on riskinä, että tämä mitta ei ole rajojen sisäpuolella mahdollisten mittavirheiden takia. Sen sijaan putken sisään menevillä liitoslevyillä on mahdollista säätää mitta oikeaksi kokoonpanovaiheessa, joten sellaisia liitoksia on suositettava. /13, 14/



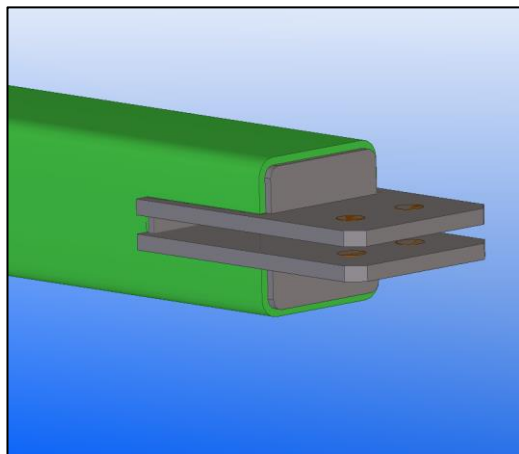
Kuvio 54. Putken päätylevyyn hitsattu liitoslevy.



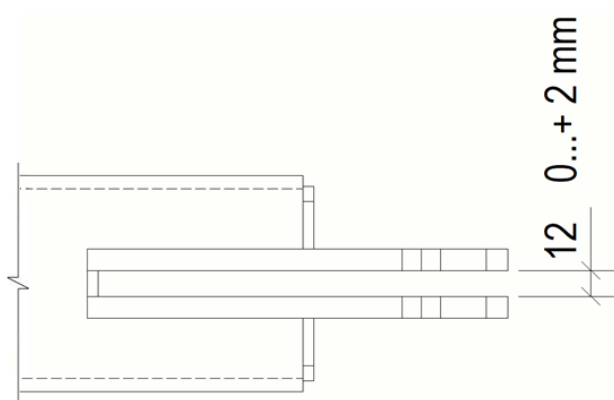
Kuvio 55. Putken päiden reikien välisen etäisyyden toleranssi.

Kaksileikkeinen liitos (Kuvio 56) on huonoin vaihtoehto, koska se on hankalin valmistaa ja asentaa. Kuitenkin tällaista liitosta joudutaan käyttämään, jos liitokseen vaikuttaa suuria voimia. Kaksileikkeisessä liitoksessa pätee samat asiat kuin putken ulkopuolelle hitsatussa liitoslevyssä lukuun ottamatta hahlon leveyttä.

Hahlon on oltava niin leveä, että liitoslevyjen väliin jää 2 mm suurempi rako kuin liittyvän levyosan paksuus huomioiden lisäksi +2 mm toleranssi (Kuvio 57). Lisäksi liitoslevyjen väliin hahloon on hitsattava pieni tukkolappu. /5, 13–15/



Kuvio 56. Kaksileikkeinen liitos.

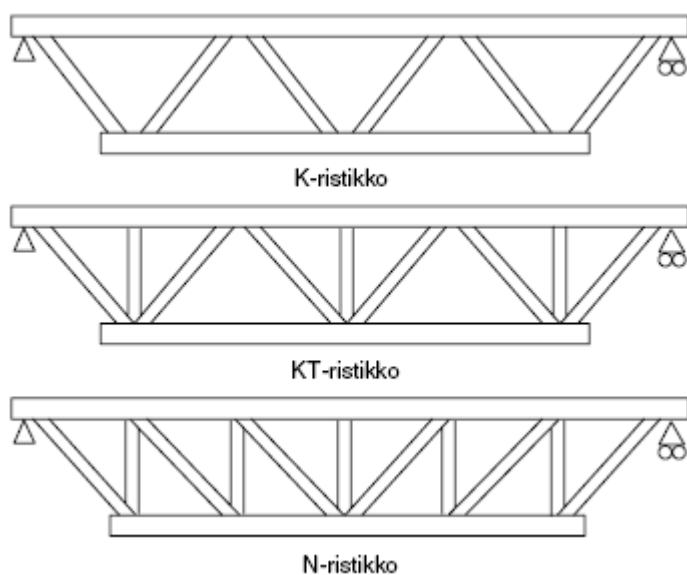


Kuvio 57. Kaksileikkeisen liitoksen liitoslevyjen välinen etäisyys, kun liittyvän levyn paksuus on 10 mm.

5.6 Ristikko

Ristikkoa suunniteltaessa on valittava ristikkotyyppejä. Yleisimmin käytettyjä ristikkotyyppejä ovat K-, KT- ja N-ristikot (Kuvio 58). K-ristikko on edullisin valmistaa, koska se on yksinkertainen ja uumasauvoja on vähän, jolloin liitokset on

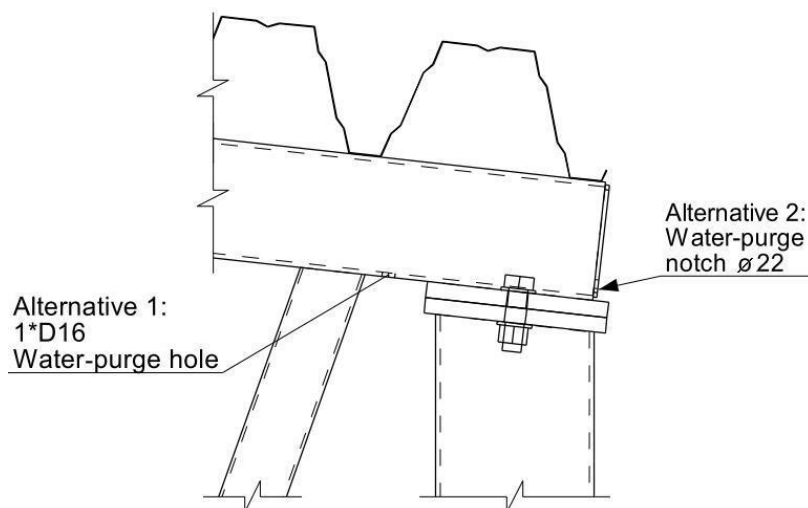
helpoin tehdä. Valmistusystävällisyyden vuoksi samassa ristikossa saa käyttää enintään neljää eri uumasauvan kokoa. Lisäksi ulkomitoiltaan samankokoisilla putkilla tulee käyttää vain yhtä seinämäpaksuutta sekaannuksien välttämiseksi konepajalla. Uumasauvan kokoa suunniteltaessa on huomioitava, että sauvat saadaan helposti hitsattua paarteisiin. Tällöin uumasauvat eivät saa olla yhtä leveitä paarteiden kanssa, vaan suositeltava leveyksien suhde on noin 0,7–0,8. Ristikön yleisimpiä detaljeja ovat vedenpoistoreiät, sisäiset ristikkoliitokset, nostovarustelu sekä sideliitokset. /13, 14, 24/



Kuvio 58. Ristikkotyypit /25/.

5.6.1 Vedenpoistoreiät

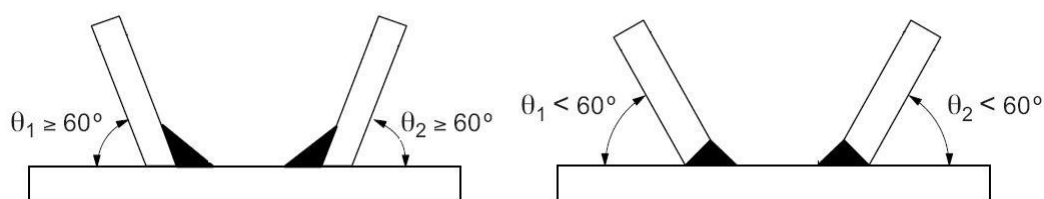
Ristikön yläpaarteiden molempiin päihin on suunniteltava vedenpoistoreiät, mikäli paarteeseen joudutaan poraamaan reikiä esimerkiksi asennettaessa poimulevyjä. Vedenpoistoreikien sijoittelulle on kaksi vaihtoehtoa (Kuvio 59). Reiät voidaan sijoittaa joko yläpaarteiden alapintaan mahdollisimman lähelle paarteiden päätä tai päätylevyn alareunaan. Yläpaarteiden alapintaan sijoitetun reiän koko on $\varnothing 16$ mm ja päätylevyyn sijoitetun $\varnothing 22$ mm. /21/



Kuvio 59. Vaihtoehdot ristikon vedenpoistoreikien sijoittelulle /21/.

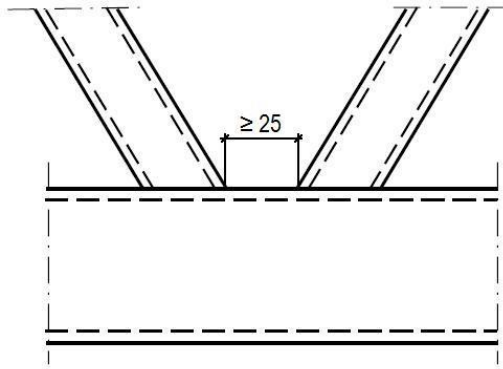
5.6.2 Sisäiset ristikkoliitokset

Sisäiset ristikkoliitokset jaetaan kahteen pääryhmään, joita ovat vapaaväliset ja limitetyt liitokset. Molempia liitostyyppejä voidaan lisäksi vahvistaa tarvittaessa. Pienien liitoskulmien suunnittelua tulee välttää, koska hitsaaminen on vaikeaa ahtaissa väleissä. Pienin sallittu liitoskulma on 30° , mutta alle 60° olevien uumasauvojen päät pitää viistää hitsaamistyön helpottamiseksi (Kuvio 60). /25/



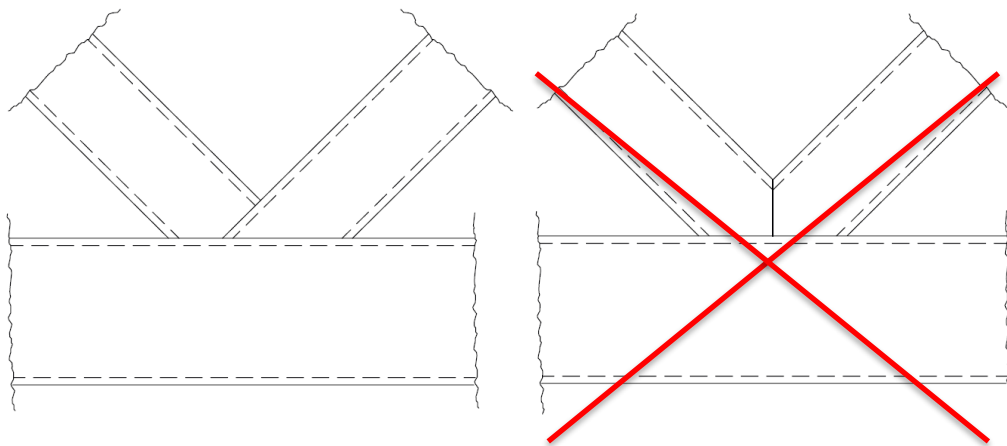
Kuvio 60. Ristikon uumasauvojen liitoskulman vaikutus hitsaamiseen /25/.

Vapaavälisiä liitoksia on suositettava, koska ne ovat helpoimpia valmistaa, kun uumasauvat saadaan kerralla katkaistua sopivaan kulmaan. Lisäksi sovitusravaa jää enemmän kuin limitetyssä liitoksessa. Vapaavälin on oltava vähintään 25 mm, jotta hitsaaminen onnistuu vaivattomasti (Kuvio 61). /15, 25/



Kuvio 61. Ristikon vapaaväli.

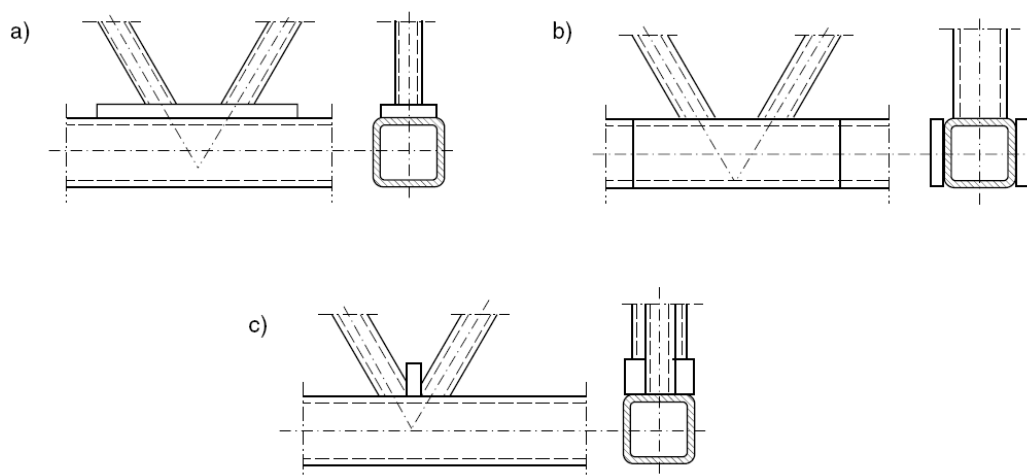
Limitetyn liitoksen valmistaminen on työläämpää, sillä uumasauva joudutaan leikkaamaan kahdessa kulmassa. Lisäksi limitetyn liitoksen sovitustoleranssit ovat tiukemmat kuin vapaavälisessä liitoksessa. Toinen uumasauvoista on hitsattava kokonaan paarteeseen ja toinen limitetään sen päälle (Kuvio 62). Molempia sauvoja ei saa suunnitella katkaistavan kahdella vinolla katkaisulla, koska tällöin kestävyys huononee ja työmäärä lisääntyy. /25/



Kuvio 62. Ristikkoliitoksen oikein ja väärin limitetty liitos /25/.

Liitosta kannattaa vahvistaa vahvikelevyillä vain silloin, kun vahvistusta tarvitsevia liitoksia on vähän, koska vahvistaminen aiheuttaa lisäkustannuksia valmistusvaiheessa. Vahvistamisen hyötynä on kevyempi rakenne ja se, että vältetään usei-

den eri putkikokojen käytöltä. Vahvikelevyn paksuus mitoitetaan vähintään kaksinkertaiseksi uumasauvan seinämän paksuuteen nähden. Vahvikelevy voidaan sijoittaa kolmella eri tavalla (Kuvio 63). Vaihtoehdossa a) vahvikelevy hitsataan uumasauvojen päiden ja paarteen väliin. Tätä vaihtoehtoa käytetään silloin, kun paarteen pintaa halutaan vahvistaa, jotta vältetään lävistysleikkautuminen. Lisäksi paarteen on oltava huomattavasti leveämpi kuin uumasauvat, jotta hitsaaminen onnistuu. Kun halutaan parantaa paarteen leikkauskestävyyttä, käytetään vaihtoehtoa b), jossa vahvikelevyt hitsataan paarteen sivuille. Tällöin vahvikelevyt mitoitetaan samankorkuisiksi paarteen kanssa. Limitetyissä liitoksissa vahvikelevy voidaan sijoittaa myös uumasauvojen väliin (vaihtoehto c)), jos limitys muuten jäisi liian pieneksi. /25/



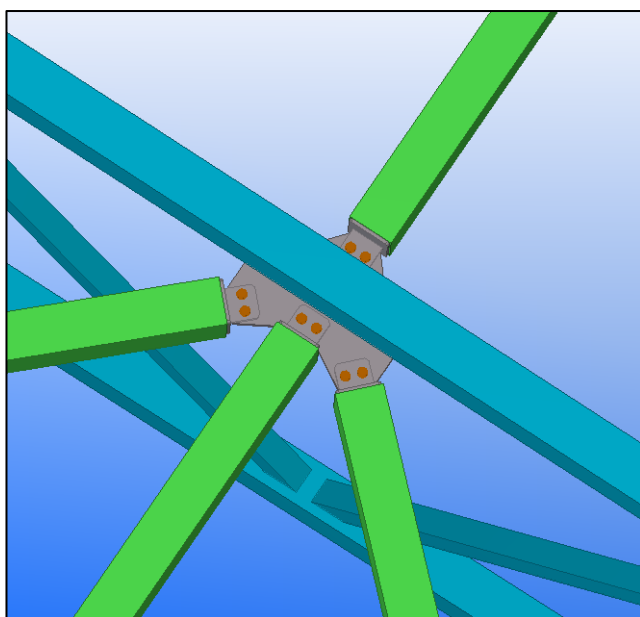
Kuvio 63. Ristikkoliitosten vahvistaminen /25/.

5.6.3 Nostot

Tämä ohjeistus koskee enintään 30 m pitkiä putkipalkkiristikoita. Ristikoihin ei tarvitse suunnitella erillistä nostoelinvarustelua, sillä ristikot saadaan nostettua yläpaarteen ja uumasauvan liitoskohdasta nostoliinoilla. Mikäli ristikko palosuojamaalataan konepajalla, on ristikko varustettava tapauskohtaisesti joko kiinteillä nostokorvakkeilla tai -holkeilla, jotta palosuojamaali ei vahingoittuisi. /18/

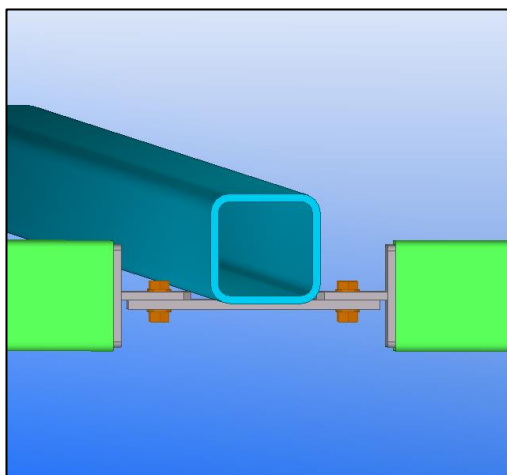
5.6.4 Sideliiotos

Ristikoon liittyy usein jäykistäviä siteitä, joiden liittyminen ristikkoon voidaan toteuttaa monella eri tavalla. Asennusystävällisyyden kannalta paras vaihtoehto on liitos, jossa liitoslevy tulee vaaka-asentoon. Tällöin liittyvä side lepää liitoslevyn päällä, jolloin ruuvien asentaminen on helpompaa. Lisäksi vaaka-asennossa olevaan liitoslevyyn voidaan liittää useita siteitä (Kuvio 64), mikä vähentää työmäärää konepajalla. /13/



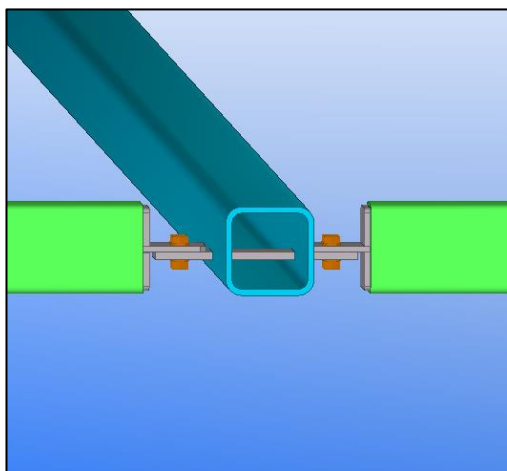
Kuvio 64. Usean siteen liittyminen ristikkoon samalla liitoslevyllä.

Ristikon yläpaarteen alapuolelle hitsattu liitoslevy on valmistuksen kannalta parhain (Kuvio 65). Tällöin paarteeseen ei tarvitse tehdä aukkoa liitoslevylle. Lisäksi tällainen liitos on myös helppo mallintaa ja asentaa. /13/



Kuvio 65. Ristikon yläpaarteen alapuolelle sijoitettu liitoslevy.

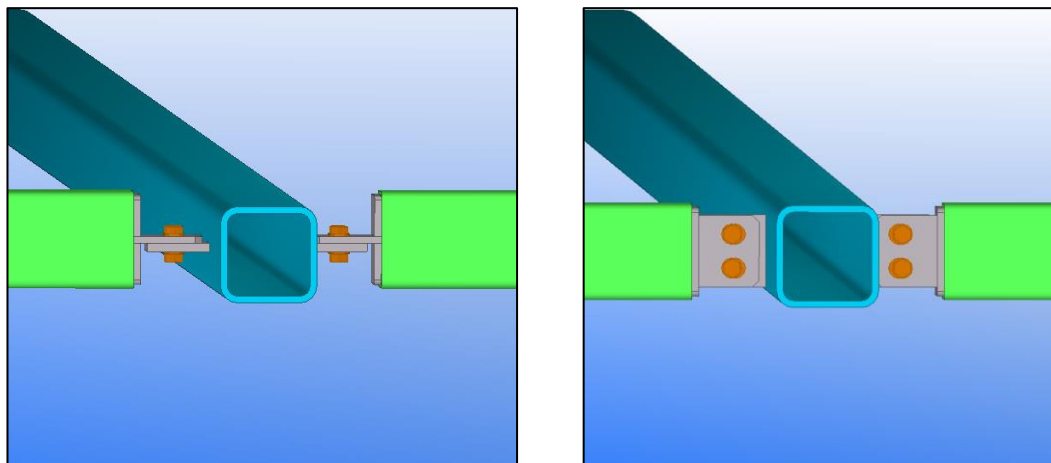
Jos liitokseen vaikuttaa isoja voimia, joudutaan liitoslevy sijoittamaan yläpaarteen läpi (Kuvio 66). Tällöin työmäärä lisääntyy, kun paarteeseen joudutaan tekemään aukko. Aukon on oltava 2 mm leveämpi ja korkeampi kuin liitoslevy, jotta levy saadaan hyvin mahtumaan. Tämä liitosvaihtoehto on myös helppo mallintaa sekä asentaa. /13/



Kuvio 66. Ristikon yläpaarteen läpi sijoitettu liitoslevy.

Vähäisillä kuormilla liitoslevyt voidaan hitsata suoraan kiinni yläpaarteen kylkiin (Kuvio 67). Tällainen liitos on helppo mallintaa ja valmistaa. Asennuksen kannalta liitoslevy olisi hyvä sijoittaa vaaka-asentoon. Jos levy joudutaan laittamaan

pystyasentoon, vaikeutuu asennus huomattavasti, kun sidettä joudutaan kannattelemaan nosturilla ruuvien asentamisen ajan. /13/



Kuvio 67. Yläpaarteen kylkiin sijoitetut liitoslevyt vaaka- ja pystyasennossa.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Tämä opinnäytetyön aihe koettiin ajankohtaiseksi, sillä Ruukki Construction Oy:llä ei ollut ajan tasalla olevaa ohjeistusta teräsrakenteiden detaljisuunnitteluun. Tästä syystä detaljien suunnittelussa on esiintynyt virheitä, joista on aiheutunut ajanhukkaa ja lisäkustannuksia konepajoilla ja asennustyömailla. Opinnäytetyön tavoitteena oli parantaa tuotannon ja asennuksen kustannustehokkuutta suunnittelun avulla. Työn päämääränä oli koota yleisimmät rakenteiden detaljit samaan tiedostoon helpottaakseen suunnittelutyötä.

Opinnäytetyön tavoitteet saavutettiin perehtymällä suunnittelijan näkökulmasta yleisesti detaljisuunnitteluun huomioiden kustannustehokkuus, valmistettavuus ja asennettavuus. Lisäksi työn alussa lähetettiin konepaja- ja asennushenkilöstölle kysely, jolla pyrittiin selvittämään detaljisuunnittelun ongelmakohdat. Työhön koottiin eri rakenteiden yleisimpien detaljien suunnitteluohjeita, joita noudattamalla sekä suunnittelu- että valmistus- ja asennustyö helpottuu ja kustannustehokkuus paranee. Lisäksi ohjetta täydennettiin Tekla Structures -ohjelmistolla mallinnetuilla havainnollistavilla kuvilla. Varsinaisen opinnäytetyön lisäksi laadittiin englanninkielinen kuvapainotteinen PowerPoint-esitys, jonka tarkoituksena oli tuoda ohje mahdollisimman helposti lähestyttäväksi. Kokonaisuudessaan opinnäytetyön tavoitteet saavutettiin.

Aineistona käytettiin vain luotettavia tiedonlähteitä, kuten teräsrakentamiseen liittyvää kirjallisuutta ja standardeja. Lisäksi työssä käytettiin työn tilaajan omia ajan tasalla olevia suunnitteluohjeita, joita voidaan pitää erityisen luotettavina tiedonlähteinä. Työn kirjoittamisen aikana pidettiin säännöllisesti palavereita työn tilaajan kanssa, jolloin suoraan alan asiantuntijoilta saatiin tärkeää tietoa ja kommentteja työn sisällöstä. Lisäksi työssä huomioitiin myös konepaja- ja asennushenkilöstön kommentit.

Opinnäytetyötä voidaan jatkokehittää lisäämällä siihen Easy Beam -rakenteen detaljien suunnitteluohjeet. Easy Beam on Ruukin uusi tuote, joka oli aiemmalta nimeltään UWQ-palkki ja ulkomuodoltaan se muistuttaa WQ-palkkia. Easy Beam päätettiin jättää työn ulkopuolelle, koska se on vasta kehitysvaiheessa ja sen detal-

jien suunnittelu ei ole vielä vakiintunut. Samoin muita tulevaisuuden uusia tuotteita tai jo olemassa olevien rakenteiden uusia detaljeja voidaan lisätä ohjeeseen sitä mukaan kuin ne vakiintuvat. Lisäksi konepajojen valmistusmahdollisuudet - taulukkoon voidaan tulevaisuudessa lisätä myös maksimitat kuljetukselle.

LÄHTEET

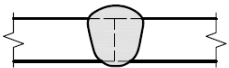

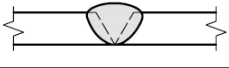

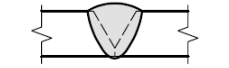



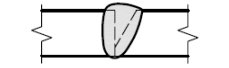


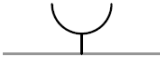


- /1/ Ruukki lyhyesti. Ruukki. Viitattu 11.1.2018.
https://www.ruukki.com/fin/b2b/tietoa-meist%C3%A4#ruukki_in_brief
- /2/ Ruukki Construction. SSAB. Viitattu 11.1.2018.
<http://www.ssab.fi/ssab-konserni/tietoja-ssabsta/liiketoiminta/ruukki-construction>
- /3/ Tuhola, E., Viitanen, K. 2008. 3D-mallintaminen suunnittelun apuvälineenä. Jyväskylä. Tammertekniikka.
- /4/ Tekla Structures. Tekla. Viitattu 22.1.2018.
<https://www.tekla.com/fi/tuotteet/tekla-structures>
- /5/ Konepajapiirustusten laadintaohje 1.4. 2016. Ruukki.
- /6/ Erection Drawing Guide 1.0. 2015. Ruukki.
- /7/ Historia. Tekla. Viitattu 22.1.2018.
https://www.tekla.com/fi/tietoa-meista/lyhyesti?qt-view__referenced_tabs__block=0#qt-view__referenced_tabs__block
- /8/ Hämeen ammattikorkeakoulu. InnoSteel. 2008. Teräsrakentaminen. Saarijärvi. Hämeen ammattikorkeakoulu.
- /9/ Kinnunen, J., Saarinen, E., Tiira, S., Ulvinen, S., Väänänen, E. 1992. Teräsrakenteiden suunnittelu. Helsinki. Rakennustieto Oy.
- /10/ Kaitila, O. 2010. Teräsrakenteiden suunnittelu ja mitoitus. Forssa. Teräsrakenneyhdistys.
- /11/ Saarni, R. 1994. Teräsrakentaminen. Tampere. Rakennustieto Oy.
- /12/ Ongelin, P., Valkonen, I. 2010. HITSATUT PROFIIILIT EN 1993 –käsikirja. 3. painos. Keuruu. Rautaruukki Oyj.
- /13/ Lillhannus, T. 2018. Senior Structural Engineer. Ruukki. Keskustelu 10.1.2018. 6.2.2018. 20.2.2018. 27.2.2018. 2.3.2018. 9.3.2018.
- /14/ Sepponen, H. 2018. Design Service Manager. Ruukki. Keskustelu 10.1.2018. 6.2.2018. 20.2.2018. 9.3.2018.
- /15/ Kyselyn vastaukset. 14–16.11.2017.
- /16/ Mantila, H. 2018. Manager Demand & Supply Chain Management. Ruukki.

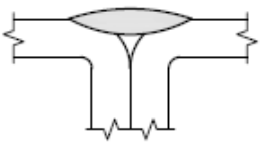
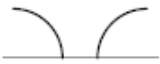
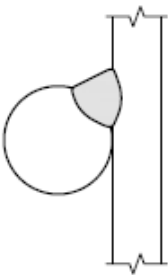
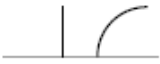
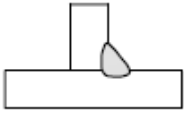
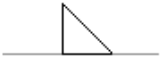
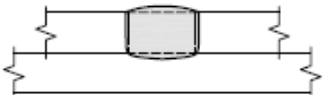
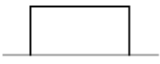
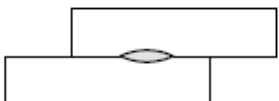
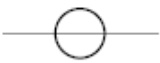
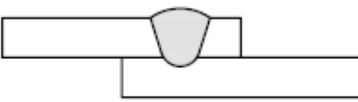

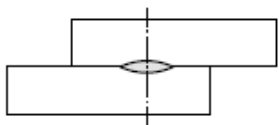
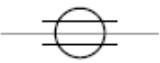
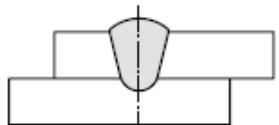

- /17/ Tielaitos. 2000. Teräsrakenneohjeet. Helsinki. Edita.
- /18/ Teräsrakenteiden nosto-ohjeet. 2018. Ruukki.
- /19/ Lillhannus, T. 2018. Senior Structural Engineer. Ruukki.
- /20/ WQ-palkkijärjestelmä. 2009. Ruukki.
- /21/ Teräsrakenteiden vedenpoistoreikien suunnitteluohje. 2016. Ruukki.
- /22/ Valuyhde-koulutusmateriaali. 2012. Ruukki.
- /23/ Alinikula, M., Kanerva, J., Rautakorpi, E. 1989. Betonitäytteisen teräsputki-pilarin palotekninen suunnitteluohje. Helsinki. Teräsrakenneyhdistys r.y.
- /24/ Monikerrosrunkojen asennusaikainen tuenta. 2012. Ruukki.
- /25/ Ongelin, P., Valkonen, I. 2012. RAKENNEPUTKET EN 1993 -käsikirja. Keuruu. Rautaruukki Oyj.
- /26/ SFS-EN ISO 2553. HITSAUS JA SEN LÄHIPROSESSIT. MERKINNÄT PIIRUSTUKSIIN. 4. painos. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto. 2014. 115 s.

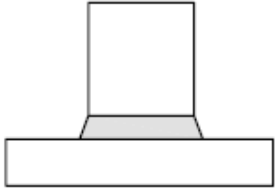

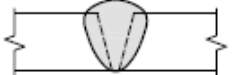

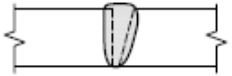





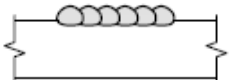

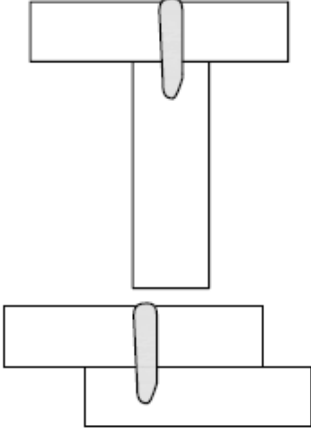

LIITE 1 Standardin EN 10025 mukaisten teräslajien myötö- ja vetomurtolujuuden nimellisarvot /12/.

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

LIITE 2 Hitsien perustunnukset /26/.

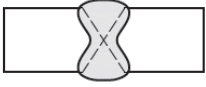

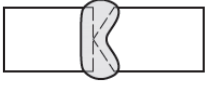

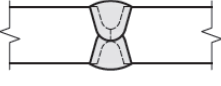
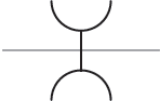
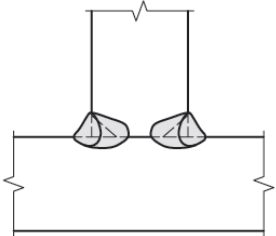
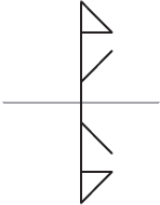
Nro	Hitsilaji	Kuva (katkoviiva kuvaa railon ennen hitsausta)	Tunnus ^{a)}
1	I-hitsi ^{b)}		
2	V-hitsi ^{b)}		
3	V-hitsi (osaviistetty V-railo) ^{b)}		
4	Puoli-V-hitsi ^{b)}		
5	Puoli-V-hitsi (osaviistetty railo) ^{b)}		
6	U-hitsi ^{b)}		
7	J-hitsi ^{b)}		

Nro	Hitsilaji	Kuva (katkoviiva kuvaa railon ennen hitsausta)	Tunnus ^{a)}
8	Kaksoiskylkihitsi		
9	Yksikylkihitsi		
10	Pienahitsi		
11	Tulppahitsi (pyöreissä tai pitkänomaisissa rei'issä)		
12	Vastuspistehitsi (ja käsnähitsi merkintätavassa A)		
13	Sulapistehitsi (ja käsnähitsi merkintätavassa B)		
14	Saumakehitsi		
15	Sulasaumakehitsi		

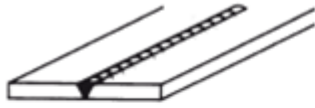
Nro	Hitsilaji	Kuva (katkoviiva kuvaa railon ennen hitsausta)	Tunnus ^{a)}
16	Tapitushitsi		
17	Jyrkkäkylkinen V-hitsi ^{b)}		
18	Jyrkkäkylkinen puoli-V-hitsi ^{b)}		
19	Reunahitsi ^{c)}		
20	Laippahitsi		
21	Päällehitsi		
22	Kapeasaumakehitsi ^{c)}		

^{a)} Harmaa viiva ei kuulu merkkiin. Se kuvaa merkintäviivan sijaintia.
^{b)} Päittäishitsit ovat läpihitsattuja, ellei hitsausmerkissä erikseen mitoitettu tai viitattu muihin tietoihin, esim. hitsausohjeeseen (WPS).
^{c)} Voidaan käyttää myös liitoksille, joissa on enemmän kuin kaksi osaa.

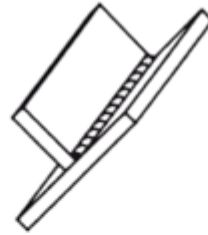
LIITE 3 Kaksipuolisten hitsien yhdistetyt perustunnukset /26/.

Nro	Hitsin tyyppi	Hitsin kuva ^{a)}	Tunnus ^{b)}
1	X-hitsi		
2	K-hitsi		
3	Kaksois-U-hitsi		
4	K-hitsi (osaviistetty K-railo) ja pienahitsit		
<p>^{a)} Hitsit voivat olla osittain läpihitsatut tai läpihitsatut. Tämä merkitään mittana hitsausmerkkiin (ks. taulukko 5) tai viitataan muihin tietoihin, esimerkiksi hitsausohjeeseen (WPS).</p> <p>^{b)} Harmaa viiva ei kuulu merkkiin. Se kuvaa merkintäviivan sijaintia.</p>			

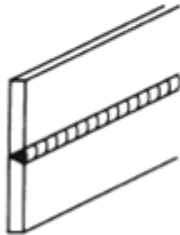
LIITE 4 Erilaiset hitsausasennot /8/.



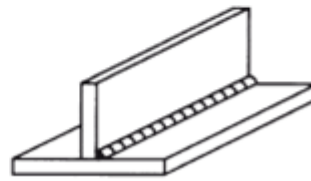
Päittäishitsi. Vaaka-asento.



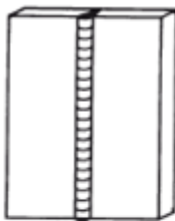
Pienahitsi. Makaava vaaka-asento.



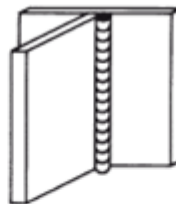
Päittäishitsi. Makaava pystyasento.



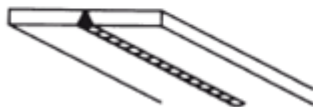
Pienahitsi. Seisova vaaka-asento.



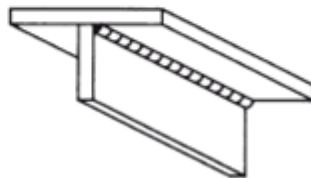
Päittäishitsi. Seisova pystyasento.



Pienahitsi. Seisova pystyasento.



Päittäishitsi. Lakiasento.



Pienahitsi. Lakiasento.

LIITE 5 Kyselyn vastaukset.

Konepajahenkilöstön vastaukset

Vastaus 1, 14.11.2017

Kysely konepaja-/asennushenkilöstölle detaljisuunnittelun kehittämistä

1. Toimipaikka ja yksikkö?

Peräseinäjoki, Building Systems Project Management Office Quality

2. Kuinka paljon eri rakenteiden detaljisuunnittelussa esiintyy virheitä/puutteita/parannettavaa?

	Ei yhtään	Vain vähän	Jonkin verran	Melko paljon	Todella paljon
Kuumavalssattu I-pilari/palkki	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Liittopilari	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hitsattu I-profiili	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hitsattu koteloprofiili	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
WQ-palkki	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
UWQ-palkki	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Putkaside	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ristikko	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Muu, mikä? Kirjoita tekstiä napsauttamalla tätä.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3. Kuinka paljon eri yksityiskohtien suunnittelussa esiintyy virheitä/puutteita/parannettavaa?

	Ei yhtään	Vain vähän	Jonkin verran	Melko paljon	Todella paljon
Mitat	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Toleranssit	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hitsit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vedenpoistoreiät	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nostoholkit	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tönärireiät	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lovet ja kolot	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pultit ja niiden reiät	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Materiaalit	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Piirustukset	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Muu, mikä? Varsinkin kun suunnittelu ei ole Ruukin hitsimerkinnät ovat usein puutteellisia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4. Kerro tarkemmin havaitsemistasi yleisistä virheistä/puutteista. Liitä mielellään mukaan myös mahdollisia kuvia vastaustiedoston liitteeksi.

Varsinkin kun suunnittelu on ulkopuolelta, KP-kuvat ovat monesti puutteellisia. Esimerkki tästä on Gruvö Rullager CF-3045 jossa kaikki hitsimerkinnät mainittu allmänföreskrifter ohjeessa. Hitsien määrittelyyn ja määrittelyyn mennyt paljon turhaa työaika verrattuna jos KP-kuvat olisi tehty kunnolla (Ruukin tyylillä).

5. Miten kyseiset virheet/puutteet vaikuttavat kappaleen tuotantoon/asentamiseen?

Mennyt turhaa työaika itsestäänselvyyksien selvittämiseen ja väärintulkinnan riski on suuri (esim. liian pienet hitsit).

6. Mahdolliset parannusehdotukset, jotta tuotanto/asennus helpottuisi?

Selkeät KP-kuvat joista käy ilmi kaikki tarvittavat hitsien merkinnät.

7. Voitko antaa esimerkkejä hyvistä suunnitteluratkaisuista?

Katso Lagunenin projektia CF-2020 siinä on käytetty samassa kohteessa EXC2 ja EXC3 toteutusluokkaa. Elikä vaikka projekti on EXC3 tietyt liitokset on määritelty hitsattavaksi EXC2 mukaisesti hitsiluokka C , mikä helpottaa huomattavasti asennustyömaalla tehtävien hitsien toteuttamista ja on samalla paljon kustannustehokkaampaa.

8. Muuta kommentoitavaa?

En ole ollut Site Managerin tehtävässä 2013 jälkeen elikkä osa vastauksista perustuu aikaisempiin kokemuksiin. Vinkki kannattaisi selata projekteja GPA:ssa ja tarkistella siellä olevien poikkeamaraporttien sisältöä sieltä saat tarkemmat vastaukset mikä on tämän hetken tilanne.

Muistathan tallentaa tiedoston vastattuasi ja lähettää sen mahdollisine kuvaliitteineen.

Kiitos vastauksestasi!

Vastaus 2, 15.11.2017

Kysely konepaja-/asennushenkilöstölle detaljisuunnittelun kehittämistä

1. Toimipaikka ja yksikkö?

Pjoki PMO

2. Kuinka paljon eri rakenteiden detaljisuunnittelussa esiintyy virheitä/puutteita/parannettavaa?

	Ei yhtään	Vain vähän	Jonkin verran	Melko paljon	Todella paljon
Kuumavalssattu I-pilari/palkki	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Liittopilari	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hitsattu I-profiili	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hitsattu koteloprofiili	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
WQ-palkki	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
UWQ-palkki	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Putkaside	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ristikko	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Muu, mikä? Kirjoita tekstiä napsauttamalla tähtä.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3. Kuinka paljon eri yksityiskohtien suunnittelussa esiintyy virheitä/puutteita/parannettavaa?

	Ei yhtään	Vain vähän	Jonkin verran	Melko paljon	Todella paljon
Mitat	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Toleranssit	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hitsit	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vedenpoistoreiät	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nostoholkit	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tönärireiät	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lovet ja kolot	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pultit ja niiden reiät	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Materiaalit	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Piirustukset	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Muu, mikä? Kirjoita tekstiä napsauttamalla tätä.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4. Kerro tarkemmin havaitsemistasi yleisistä virheistä/puutteista. Liitä mielellään mukaan myös mahdollisia kuvia vastaustiedoston liitteeksi.

Suunnittelu toimeksiantojen urakkamuodot on niin sekavia ettei suunnittelijat tiedä kenen pitäisi mitäkin suunnitella. Urakka esim. betonin kanssa sellainen että yhteensovitus työ jää tekemättä. Kuka tarkistaa rungon jäykistyksen siihen hitsattujen betonielementtien kanssa. Panelit-Runko kyllä tutkitaan, muttei 100 kertaa painavampien betonielementtien osalta (Motonet Kaarina).

Esim koskeeko tämä tutkimus omaa, alihankintaa vai molempia? jos vain omaa miten, miten on ajateltu detaljien parantuvan myös alihankinnassa?

Mikä on meidän suunnittelijan valvontavastuu lain edessä siitä että hän vain kopioi detaljit eteenpäin pääurakoitsijan kuvista, ovatko ne ohjeellisia, laskettuja vai jotakin muuta? Kts. Työturvallisuuslaki §19

Rungon asennettavuus siten että se pysyy kasassa ennen kuin jokainen osa on pultattu paikoilleen. Esim Karmöy, 2 peruspultin pilarit

5. Miten kyseiset virheet/puutteet vaikuttavat kappaleen tuotantoon/asentamiseen?

Vaarantaa ihmishenkiä. Pitää muistaa että työturvallisuus tulee laista. Se on ensisijainen. Kaikki muut standardit kiertää mutkankautta ja ovat asiakirjojen pätevyysjärjestyksessä alempana.

6. Mahdolliset parannusehdotukset, jotta tuotanto/asennus helpottuisi?

Kirjoita tekstiä napsauttamalla tätä.

7. Voitko antaa esimerkkejä hyvistä suunnitteluratkaisuista?

Kirjoita tekstiä napsauttamalla tätä.

8. Muuta kommentoitavaa?

Kirjoita tekstiä napsauttamalla tätä.

Muistathan tallentaa tiedoston vastattuasi ja lähettää sen mahdollisine kuvallitteineen.

Kiitos vastauksestasi!

Vastaus 3, 14.11.2017

Questionnaire about how to develop detailed design

1. Your location and unit?

Oborniki Steel Fram Department

2. How often do deviations occur in the detailed design of different structures?

	Never	Rarely	Sometimes	Often	All the time
Hot-rolled I-column/beam	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Composite column	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Welded I-profile	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Welded box section	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
WQ-beam	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
UWQ-beam	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Brace	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Truss	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Other, what? Click here to add text.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3. How often do deviations occur in the design of different details?

	Never	Rarely	Sometimes	Often	All the time
Dimensions	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tolerances	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Welds	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Water purge notches	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lifting lugs	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Column prop holes	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cuts and notches	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bolts and holes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Materials	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Drawings	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Other, what? Click here to add text.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4. Please, tell me more about the deviations you have noticed. Attach pictures, if possible.

- We do not have all dimensions (especially diagonals), holes dimensions,
- Still we use two types of sockets, we spoke last Year that it should be only one type.
- quite often size of weld is missing
- also information about treaded holes are missing in part drawings (only in assembly drawings)

5. How do these deviations affect the production/erection?

We must ask for DWG drawings. If we haven't all information we must remove elements from welding tables and start new elements. When we receive informations we can continue. That waste of time.

6. Do you have any proposals for improvements so that the production/erection would be facilitated?

One type of sockets!

Smart solution on the trusses, we can avoid a lot of problems during erection:

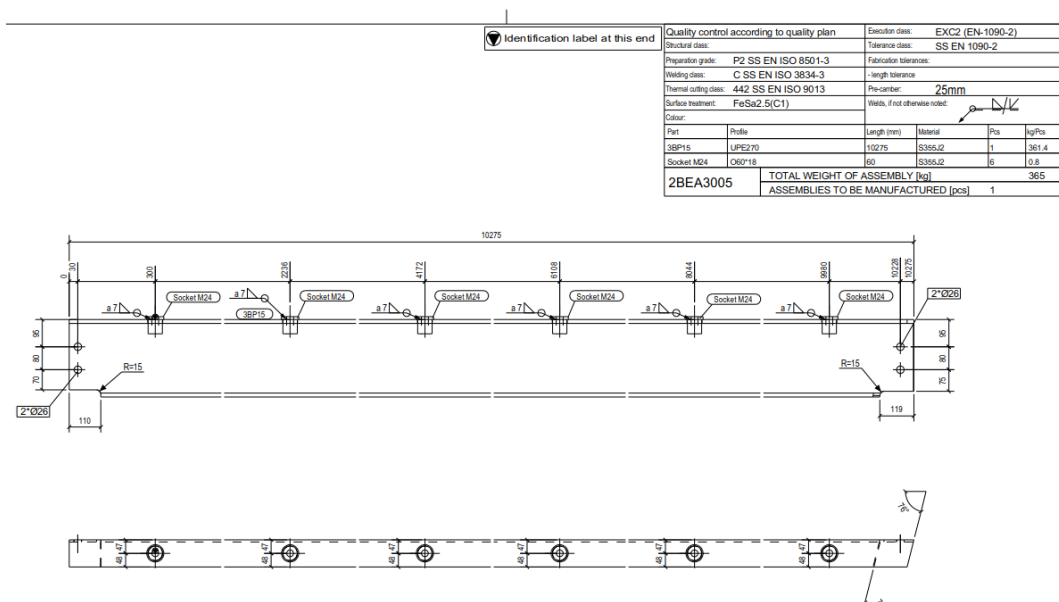


The best solution for the braces:

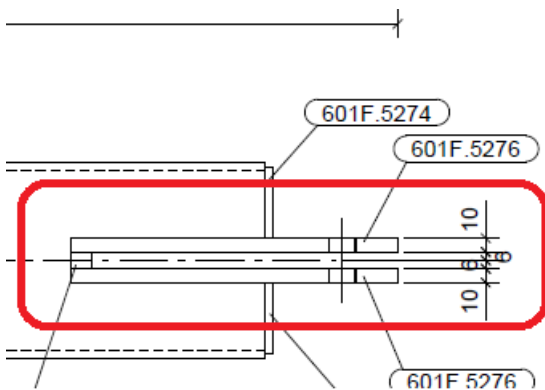


On the trusses the best for as its when we have some gap between “spokes”, then we have only one cut on sawing machines

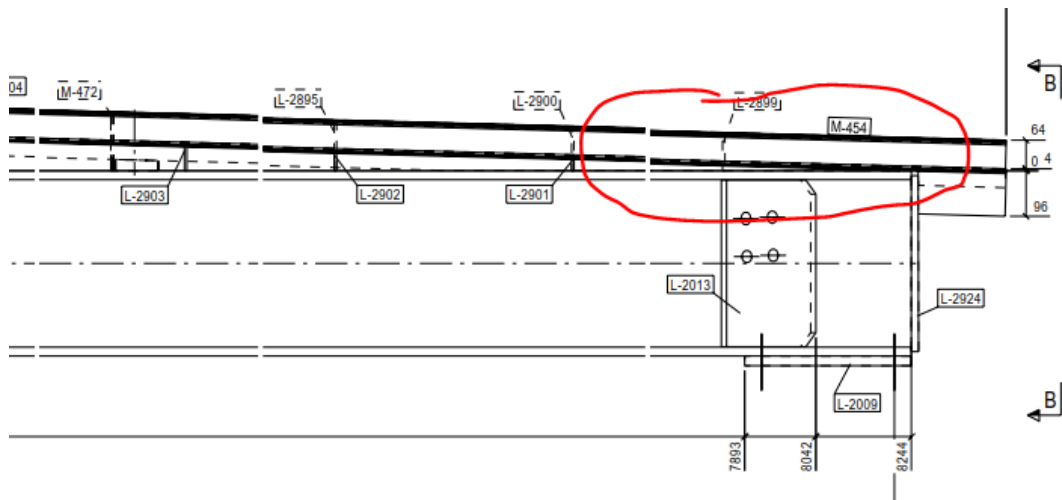
- Reinforcement normalization
- Full contact – still problematic
- please avoid very narrow welded beams as we have on National Museum
- please avoid “general rules” in case of size of welds
- We can’t make pre-cumber on that kind of elements:



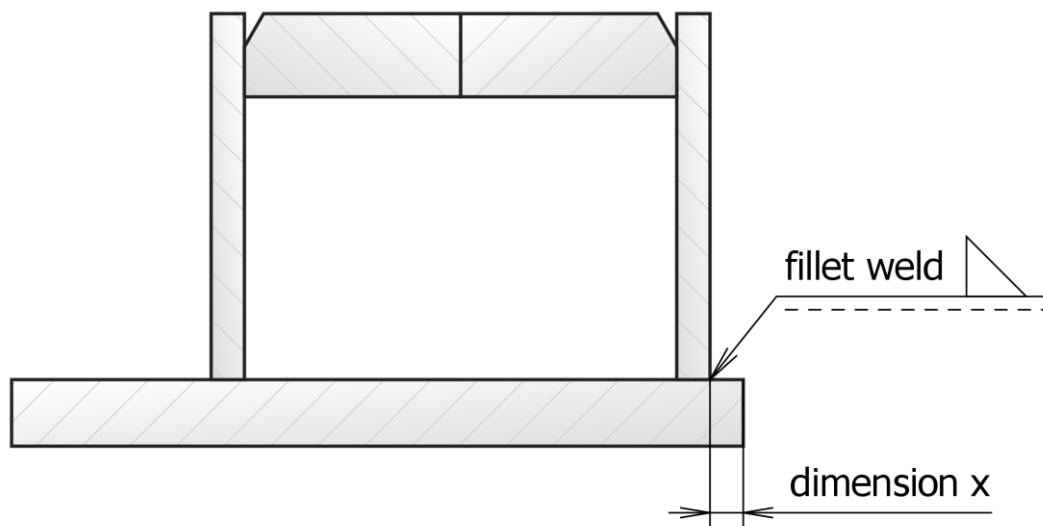
Please avoid that kind of solution on braces:



- In case of narrow pleacess, please remember to change type of welds and prepare solution to secure these in case of corrosion – we aren't able put these enough paint:



Please avoid small gaps between edge of bottom flange and web (dimension x), because it forces us to weld in another position (flux is falling on the floor in PB position) on SAW machine, this causes time waste and effective arc time is falling down. Fillet welds higher than FW a7 between webs and bottom flanges also forces us to change position and weld using 2 wires, instead of 1. We need time to switch from 1 wire to 2 and we have to weld them separately (cant weld both webs in 1 run using PA position, available only in PB)



7. Can you give examples of good detailed solutions?

[Click here to add text.](#)

8. Do you have any other comments?

- reinforcement in BOM should be include in all assembly elements as a part of this element (not separate assembly element)

Phase	workshop	LOT	Rev	Assembly	Name_pos	Number	Profile	Material	Length	width	Height	Area	Gross weight	net weight	Drawing	cut	comment	call	date	Status
32003				RAUEC-39	ZERO_PART	1	D584	ZERO	5570	584	584	122.38	0	0	A		[RAUEC.39]			
32003				RAUEC-39	IP-7948	1	D584	ZERO	5570	584	584	122.38	0							
32003				RAUEC-81	ZERO_PART	1	D584	ZERO	9665	584	584	18.25	0	0	A		[RAUEC.81]			
32003				RAUEC-81	IP-8124	1	D584	ZERO	9665	584	584	18.25	0							
34033				BIPK2-24	IP1482	1	CFCH0610K12.5	S3552H	9665	817	788	18.53	1458							
34033				IPK2-24	L-1589	2	PL6X140	S3552	310	140	16	0.99	12	1849						
34033				IPK2-24	L-1508	1	PL70X60	S3552	650	100	20	0.83	68							
34033				IPK2-24	IP-1300	2	CFRH0300K150X10	S3552H	180	150	180	10.08	16							
34033				IPK2-24	IP-8464	1	CFCH0610K12.5	S3552H	9665	1410	1010	18.53	1790							
35032				BIPK2-22	IP1481	1	CFCH0610K12.5	S3552H	1800	770	762	10.62	1410	1363						
35032				IPK2-22	L-1274	2	PL23X620	S3552	758	620	23	0.88	90							
35032				IPK2-22	L-1337	1	PL30X610	S3552	610	610	30	0.64	88							
35032				AIKPK2-22	L-1409	2	PL13X136	S3552	221	136	15	0.05	4							
35032				IPK2-22	L-1589	1	PL6X140	S3552	310	140	16	0.99	12							
35032				IPK2-22	L-1907	1	BL270X80	S3552	700	270	80	0.49	89							
35032				IPK2-22	IP-1500	1	CFRH0300K150X10	S3552H	180	150	180	10.08	16							
35032				IPK2-22	IP-74	1	CFCH0610K12.5	S3552H	5570	610	610	10.62	1026							

Please, remember to save the file after answering and send it with possible picture attachments.

Thank you for answering!

Asennushenkilöstön vastaukset

Vastaus 1, 16.11.2017

Kysely konepaja-/asennushenkilöstölle detaljisuunnittelun kehittämistä

1. Toimipaikka ja yksikkö?

Asennus / RC OY

2. Kuinka paljon eri rakenteiden detaljisuunnittelussa esiintyy virheitä/puutteita/parannettavaa?

	Ei yhtään	Vain vähän	Jonkin verran	Melko paljon	Todella paljon
Kuumavalssattu I-pilari/palkki	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Liittopilari	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hitsattu I-profiili	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hitsattu koteloprofiili	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
WQ-palkki	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
UWQ-palkki	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Putkiside	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ristikko	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Muu, mikä? betonielementit, ontelot ja seinäkivet sis. sokkelikivet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3. Kuinka paljon eri yksityiskohtien suunnittelussa esiintyy virheitä/puutteita/parannettavaa?

	Ei yhtään	Vain vähän	Jonkin verran	Melko paljon	Todella paljon
Mitat	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Toleranssit	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hitsit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vedenpoistoreiät	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nostoholkit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tönärireiät	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Lovet ja kolot	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pultit ja niiden reiät	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Materiaalit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Piirustukset	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Muu, mikä? Kirjoita tekstiä napsauttamalla tätä.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4. Kerro tarkemmin havaitsemistasi yleisistä virheistä/puutteista. Liitä mielellään mukaan myös mahdollisia kuvia vastaustiedoston liitteeksi.

asennus piirustusten taso tosi huono eli esim. asennussuuntia ei tahdo löytyä

5. Miten kyseiset virheet/puutteet vaikuttavat kappaleen tuotantoon/asentamiseen?

asentamisessa turhaa selvittelyä ja tosinaan myös asentamisessa tapahtuu virheitä

6. Mahdolliset parannusehdotukset, jotta tuotanto/asennus helpottuisi?

asennuskuviin asennussuunnat ja kommentit työnjohdolta työmaan alkaessa ja päättyessä

7. Voitko antaa esimerkkejä hyvistä suunnitteluratkaisuista?

Kirjoita tekstiä napsauttamalla tätä.

8. Muuta kommentoitavaa?

Finnavian osalta ei raudotteiden ja läpimenevien asennusosien konfliktikohtia oltu selvitetty, jolloin työmaalla ylimääräistä selvittelyä ja korjailua.

Muistathan tallentaa tiedoston vastattuasi ja lähettää sen mahdollisine kuvallitteineen.

Kiitos vastauksestasi!

LIITE 6 Suunnitteluohjeesta tiivistetty englanninkielinen PowerPoint-esitys.