LUT-YLIOPISTO
LUT School of Energy Systems
LUT Kone

Jarko Karvonen

JOUSTAVAN KONEPAJAKONSEPTIN KEHITTÄMINEN JA KILPAILUKYVYN SÄILYTTÄMINEN MARKKINOILLA ERILAISILLA KIINNITYSRATKAISUILLA JA UUSILLA TEKNOLOGIOILLA

Päivitetty 26.10.2020
Tarkastajat Professori Juha Varis
TkT Mikael Ollikainen

TIIVISTELMÄ

LUT-Yliopisto
LUT Energiajärjestelmät
LUT Kone

Jarko Karvonen

Joustavan konepajakonseptin kehittäminen ja kilpailukyvyn säilyttäminen markkinoilla erilaisilla kiinnitysratkaisuilla ja uusilla teknologioilla

Diplomityö

2020

91 sivua, 61 kuvaa, 18 taulukkoa ja 1 liite

Tarkastajat: Professori Juha Varis
TkT Mikael Ollikainen

Hakusanat: betoniruuvi, kilpailukyky, mittaaminen, laserkeilaus, rakennesuunnittelu, kiinnitysmenetelmät, teräsrakenne

Tutkimuksen tavoitteena on tutkia, kuinka teräsrakennekonepajan kilpailukykyä ja kannattavuutta voidaan parantaa nopeasti uusilla liittämisratkaisuilla, mittausmenetelmillä ja suunnittelulla. Työssä etsitään vastausta miten uudet kiinnitysratkaisut, nykyaikaiset suunnittelutyökalut, mittausmenetelmät ja näiden yhdistelmät auttavat kilpailukyvyn säilyttämisessä. Työssä tuloksilla vertaillaan eri kiinnitysratkaisuja ja suunnitteluvaihtoehtoja. Näistä on laadittu SWOT -analyysit ja aika-analyysit.

ABSTRACT

LUT University
LUT School of Energy Systems
LUT Mechanical Engineering

Jarko Karvonen

Developing flexible machine shop concept and retaining competitiveness in the market with different fastening solutions and new technologies

Master's thesis

2020

91 pages, 61 figures, 18 table and 1 appendix

Examiners: Professor Juha Varis
D. Sc. (Tech.) Mikael Ollikainen

Keywords: concrete screw, competiveness, measurement, laser scanning, structural design, methods of fixation, steel structure

The aim of this thesis is to examine how the competitiveness and profitability of a steel construction workshop can be improved by rapid time aiming with new attachment solutions, measurement methods and design. The job will look for the answer to how new attachment solutions, modern design tools, measurement methods and combinations of these will help to maintain competitiveness. At work, the results compare different fixation solutions and design options. From these, SWOT analyses and time analyses have been prepared.

ALKUSANAT

Jälleen yksi tutkinto ja lopputyö alkaa olla valmiina ja valmistuminen lähestyy. Aloittaessani opinnot 2018, valmistuminen tuntui silloin kaukaiselta käsitteeltä. Paljon uutta on opittu opintojen aikana. Opintojen aikana on sattunut ja tapahtunut, täten haluankin kiittää yliopistolla jokaista, jotka ovat mahdollistaneet tämän. Erityisesti haluan kiittää diplomityön tarkastajia Juha Varista ja Mikael Ollikaista, koulutusohjelman vastaavaa Harri Eskelistä ja kaikkia niitä henkilöitä LUT-Yliopistossa, jotka ovat olleet matkassa mukana. Lisäksi haluan antaa kiitokseni vaimolleni, perheelleni ja ystävilleni tuesta opintojeni aikana. Haluan myös kiittää niitä henkilöitä ja yrityksiä, jotka ovat osallistuneet tämän diplomityön tekemiseen.

Kiitos!

Jarko Karvonen

Jarko Karvonen
Oulussa 26.10.2020

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ **1**
ABSTRACT **2**
ALKUSANAT **3**
SISÄLLYSLUETTELO **5**
SYMBOLI/ LYHENNELUETTELO **7**
1 JOHDANTO **8**
1.1 Tutkimuksen tavoite ja rajaukset 9
2 TERÄSRAKENTEIDEN TOIMITUS **10**
2.1 Teräsrakenteista yleisesti 10
2.2 Lainsäädäntö 10
2.3 Teräsrakenteiden tilaustoimitus ketju 14
2.4 Teräsrakenteiden valmistus 17
2.5 Teräsrakenteiden asennus 21
3 MITTAUSMENETELMÄT SUUNNITTELUSSA **26**
4 TERÄSRAKENTEIDEN SUUNNITTELU **32**
4.1 Haastattelut 32
4.2 Suunnittelusta yleisesti 32
4.3 Virtuaalitekniikat mallien tarkasteluun 33
4.4 Suunnittelumenetelmät ja kiinnitys ratkaisujen valinnat 34
4.5 Betoni- ja teräsrakenteiden toleranssit 37
4.6 Tietomallien hyödyntäminen käytännön näkökulmasta 37
4.7 Suunnitteluohjelmat ja katseluohjelmat 37
4.8 Teräsrakenteiden suunnittelu valmistajan näkökulmasta konepajalla ja asennuksessa 37
5 PERINTEISET KIINNITYSMENETELMÄT **38**
5.1 Hitsaamalla tehtävät liitokset 38
5.2 Mekaaniset kiinnitysratkaisut 43
6 UUDET KIINNITYSMENETELMÄT **47**
6.1 Peruspultit 47
6.2 Betonikiinnitykset 48

6.3 Yhdeltä puolelta tehtävät liitokset 52
6.4 Kierreniittimutteri ratkaisut 54
6.5 Niittaus 54
6.6 Digitaaliset ja sähköiset ratkaisut vääntimissä 57
7 TULOKSET JA VERTAILUT 62
7.1 Kiinnitysmenetelmien vertailut 62
7.2 Suunnittelumenetelmien vertailut 76
8 JOHTOPÄÄTÖKSET 79
9 YHTEENVETO 82
LÄHTEET 84
LIITTEET
LIITE I: Kysymyksiä suunnitteluun liittyen.

SYMBOLI/ LYHENNELUETTELO

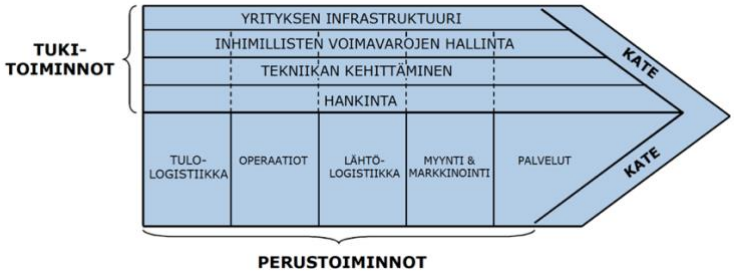
2D	Kaksiulotteinen (two-dimensional)
3D	Kolmiulotteinen (three-dimensional)
AR	Augmented Reality
As-Built	Lopulliset piirustukset, jos jokin muuttunut alkuperäisestä suunnitelmasta
Big Room	Tietomallin tarkastelu suuressa tilassa, todellisessa mittakaavassa
BIM	Building Information Management
CE	Conformité Européenne
EN	Eurooppalaisen standardisoimisjärjestön CEN:in standardin tunnus
IFC	Industry Foundation Classes, Avoin tekstimuotoinen tiedonsiirtoformaatti
MR	Mixed Reality
SEISOKKI	Teollisuuslaitoksen pitäminen pysäytyksissä määräajan
SFS	Suomen kansallinen tunnus standardoinnissa
VR	Virtual Reality

1 JOHDANTO

Olen seurannut pitkään työn ohella teräsrakentamista ja teräsrakennekonepajojen kehitystä. Olen huomannut, että hankkeissa on suuria eroavaisuuksia toteutuksellisesti. Hankkeissa on suuria eroja varsinkin konepaja teollisuuden ja rakennusteollisuuden toimitusten välillä. Teollisuuden- ja rakennuspuolen suunnittelussa on myös suuria eroavaisuuksia. Etenkin eroavaisuus näkyy suunnitteludokumentaation laadussa ja ratkaisuissa. Teollisuudessa käytetään nykyaikaisempia ja kaikkien etua ajavia ratkaisuja ja rakennusteollisuus on enemmän pysähtynyt kehityksessä. Tämä näkyy myös dokumentaation laadussa. Monesti suunnitelmista huomaa, että monet ratkaisut ovat vanhoja ja siirtyvät hankkeesta toiseen ”copy-paste” menetelmällä. Toiseksi suunnittelijat myös saavat mielestäni liian vähän koulutusta ja tietoa uusista ratkaisuista. On harmillista havaita, että lopputilanteessa rakennushankkeen maksava tilaaja maksaa vanhoilla ratkaisuilla yleensä suuremman summan. Tämä esiintyy muun muassa ristiriitoina suunnitelmissa, vanhanaikaisina ratkaisuina sekä suurina lisä- ja muutostyö summina. Lisäksi olen havainnut, etteivät hankkeet etene elinkaarensa läpi ”kerrasta valmiiksi” periaattein.

Toimituksen katteen määräytyminen toimituksessa

Kainusalmi kertoo luentomateriaaleissaan, että ”Arvoketju jakaa yrityksen strategisesti tärkeisiin toimintoihin liiketoimintayksikkötasolla. Yritys saavuttaa kilpailuedun suorittamalla strategisesti tärkeät toiminnot pienemmin kustannuksin tai paremmin kuin kilpailijansa.” Tässä työssä tehdään tarkastelua tekniikoiden kehittämiseen, omien näkemyksieni kautta olen havainnut, että ratkaisuna halvin ei ole aina yritykselle paras ratkaisu. Tämän vuoksi työtä on lähdetty tekemään ajatuksella, miten asiat tehdään paremmin kuin kilpailijat. Tätä kautta varmennetaan katetta ja samoin myös säilymistä markkinoilla (Kainusalmi 2020).



Kuva 1. Arvoketju kaavio (Kainusalmi 2019, s. 22).

1.1 Tutkimuksen tavoite ja rajaukset

Tässä tutkimuksessa päätutkimuskysymyksenä on, kuinka kilpailukykyä ja kannattavuutta parannetaan nopealla tähtäimellä toteutettavilla ratkaisuilla, jotka liittyvät uusien kehitettyjen liittämisratkaisujen kehityksen tuomista eduista, kuten esimerkiksi kemiallisten ankkurimassojen nopeammista kuivumisajoista, betoniruuvien eduista ja hitsausta välttävistä yhdeltä puolelta käytettävistä mekaanisista kiinnittimistä, sekä myös 3D mallinnuksen ja koneellisen mittauksen tuomista eduista. Tässä työssä haetaan vastauksia, kuinka uudet kiinnitysratkaisut ja liittämistekniikat parantavat kilpailuasetelmaa käytettäessä uusia vanhojen sijaan tai näiden yhdistelmää. Tässä työssä menetelminä käytetään menetelminä tapaustutkimusta, kirjallisuuteen perustuvaa SWOT -analyysiä. Työ rajataan käsittelemään betonikiinnitysratkaisuja, jotka soveltuvat teräsrakenteiden asentamiseen, kuten betoniruuvit, kemialliset ankkurit, kiila-ankkurit. Toisena käsitellään uusien liitostekniikoiden avulla hitsauksen välttämistä työmaalla ja kolmantena suunnittelun ja tarkentavien mittauksien etuudet teräsrakentamisessa.

2 TERÄSRAKENTEIDEN TOIMITUS

Seuraavassa käsitellään yleisesti, mitä teräsrakenteet ovat ja millä tavalla yleensä teräsrakenteiden toimitukset tapahtuvat. Samalla myös esitellään, millaisia vaatimuksia liittyy teräsrakenteisiin, minkälaista dokumentaatiota tarvitaan ja minkälaista dokumentaatiota myös syntyy valmistuksessa. Kappaleessa esitellään myös käytännön seikkoja konepajalla ja asennuksessa.

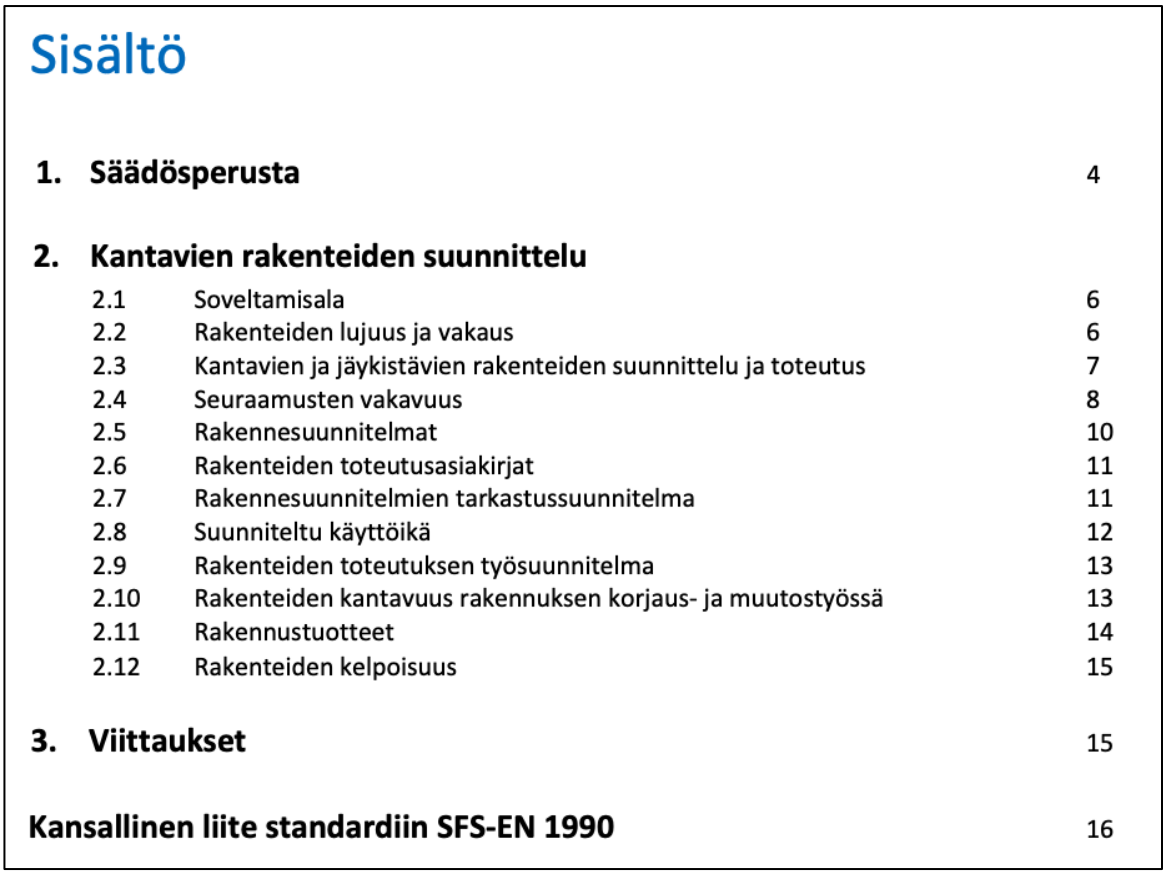
2.1 Teräsrakenteista yleisesti

Teräsrakenteet valmistetaan yleisesti standardisoiduilla rakenneteräksillä. Rakenneteräkset valmistetaan terästehtaissa muotoilemalla ne erimuotoisiksi profiileiksi kylmävalssaamalla tai kuumavalssaamalla. Teräsrakenteissa käytetään paljon myös valssattuja muototeräksiä kuten H-profiileja, I-profiileja ja U-profiileja, mitkä valmistetaan kuumavalssaamalla. Teräsrakenteet yleisesti koostuvat teräskokoonpanoista, mikä käsittää pilarit, palkit, teräsristikot ja jäykistävät vaaka- ja vinositeet. Teräsrakenteen suunnittelussa ja toteutuksessa eli valmistuksessa ja asennuksessa tuotetaan useita erilaisia dokumentteja. Rakenteelle tuotetaan asiakirjoja rakennusvaiheessa, valmistuksessa, kuljetuksessa, asennuksessa, tarkastuksessa ja luovutuksessa. Dokumentaation määrä myös vaihtelee projektin koon ja vaativuustason perusteella. Teräsrakenteiden vastuualueet jakautuvat sen mukaan, mitä työvaihetta ollaan tekemässä. Kokonaisuutena teräsrakenteiden toimivuus todennetaan rakennelaskelmilla, noudattamalla standardeja, lakeja ja asetuksia (TRY 2020).

2.2 Lainsäädäntö

Teräsrakenteisiin liittyy useita eri vaatimuksia, mitä tulee ottaa huomioon. Teräsrakenteille voidaan asettaa vaatimuksia muun muassa sen käyttötarkoituksen, käyttöpaikan, käyttöiän, kuinka kriittinen teräsrakenteen kantavuus on, sekä mikä on sen kestävyys palotilanteessa. Teräsrakenteita varten on laadittu omat standardit ja kansalliset rakennusmääräykset, millä pyritään varmistamaan rakenteiden toimivuus elinkaarensa ajan sille suunnitellussa käytössä. Suomessa teräsrakenteissa noudatetaan ympäristöministeriön määrittämää maankäyttö- ja rakennuslakia (Ympäristöministeriö 2020). Teräsrakenteiden suunnittelussa noudatetaan muun muassa suomen rakentamismääräyskokoelmaa, eurokoodeja SFS-EN 1994 ja sen kansallisia liitteitä. Suomen rakentamismääräyskokoelma koostuu useista eri osista. Eri osissa muun muassa vaatimukset rakenteiden lujuudelle ja vakaudelle,

rakenteiden kuormille ja kantavien rakenteiden suunnitteluperusteille (Ympäristöministeriö. 2020). Kuvassa 2 esitellään teräsrakenteiden suunnitteluun liittyviä asiakohtia suomen rakentamismääräyskokoelman rakenteiden lujuus ja vakaus osassa.



Sisältö

1. Säädösperusta 4

2. Kantavien rakenteiden suunnittelu

2.1	Soveltamisala	6
2.2	Rakenteiden lujuus ja vakaus	6
2.3	Kantavien ja jäykistävien rakenteiden suunnittelu ja toteutus	7
2.4	Seuraamusten vakavuus	8
2.5	Rakennesuunnitelmat	10
2.6	Rakenteiden toteutusasiakirjat	11
2.7	Rakennesuunnitelmien tarkastussuunnitelma	11
2.8	Suunniteltu käyttöikä	12
2.9	Rakenteiden toteutuksen työsuunnitelma	13
2.10	Rakenteiden kantavuus rakennuksen korjaus- ja muutostyössä	13
2.11	Rakennustuotteet	14
2.12	Rakenteiden kelpoisuus	15

3. Viittaukset 15

Kansallinen liite standardiin SFS-EN 1990 16

Kuva 2. Kantavien rakenteiden sisällysluettelo (Ympäristöministeriö 2020, s. 3).

Teräsrakenteiden valmistuksessa ja asennuksessa noudatetaan standardisarjaa teräs- ja alumiinirakenteiden toteutus SFS-EN 1090 1-4.

Standardisarjassa osa 1 käsittelee teräsrakenteiden CE-merkintään eli vaatimuksia rakenteellisten kokoonpanojen vaatimustenmukaisuuden arviointiin, kuvassa 3 ja 4 ote sisällysluettelosta

Sisällys

Sivu

Esipuhe . . . 6
Johdanto . . . 8
1 Soveltamisala . . . 10
2 Velvoittavat viittaukset . . . 10
3 Termit, määritelmät ja lyhenteet . . . 12
4 Vaatimukset . . . 16
4.1 Käytettävät tuotteet . . . 16
4.1.1 Yleistä . . . 16
4.1.2 Teräskokoonpanoissa käytettävät tuotteet . . . 16
4.1.3 Alumiinikokoonpanoissa käytettävät tuotteet . . . 16
4.2 Mittojen ja muodon toleranssit . . . 16
4.3 Hitsattavuus . . . 16
4.4 Murtumissitkeys . . . 16
4.5 Rakenteelliset ominaisuudet . . . 16
4.5.1 Yleistä . . . 16
4.5.2 Kantavuus . . . 18
4.5.3 Väsymislujuus . . . 18
4.5.4 Palonkestävyys . . . 18
4.5.5 Muodonmuutos käyttörajatilassa . . . 18
4.6 Palokäyttäytyminen . . . 18
4.7 Vaaralliset aineet . . . 20
4.8 Iskunkestävyys . . . 20
4.9 Säilyvyys . . . 20
5 Arviointimenetelmät . . . 20
5.1 Yleistä . . . 20
5.2 Käytettävät tuotteet . . . 20
5.3 Mittojen ja muodon toleranssit . . . 20
5.4 Hitsattavuus . . . 20
5.5 Murtumissitkeys . . . 22
5.6 Rakenteelliset ominaisuudet . . . 22
5.6.1 Yleistä . . . 22
5.6.2 Rakenteellinen suunnittelu . . . 22
5.6.3 Valmistuksen perusteella määräytyvät ominaisuudet . . . 24
5.7 Palonkestävyys . . . 24
5.8 Palokäyttäytyminen . . . 24
5.9 Vaaralliset aineet . . . 24
5.10 Iskunkestävyys . . . 24
5.11 Säilyvyys . . . 24
6 Vaatimustenmukaisuuden arviointi . . . 26
6.1 Yleistä . . . 26
6.2 Alkutestaus . . . 26
6.2.1 Yleistä . . . 26
6.2.2 Ominaisuudet . . . 28

Kuva 3. Sisällysluettelo (SFS-EN 1090-1+A1, s. 2).

6.2.3 Historiallisen aineiston käyttö . . . 28
6.2.4 Rakenteellisten laskelmien käyttö vaatimustenmukaisuuden arvioinnissa . . . 28
6.2.5 Laskennallinen alkutestaus . . . 28
6.2.6 Näytteenotto, arviointi ja vaatimustenmukaisuuden kriteerit . . . 28
6.2.7 Toiminnallisten ominaisuuksien ilmoittaminen . . . 28
6.2.8 Arviointien tulosten tallentaminen . . . 28
6.2.9 Korjaavat toimenpiteet . . . 28
6.3 Tehtaan sisäinen laadunvalvonta . . . 30
6.3.1 Yleistä . . . 30
6.3.2 Henkilöstö . . . 32
6.3.3 Välineet . . . 32
6.3.4 Rakenteellisen suunnittelun prosessi . . . 32
6.3.5 Valmistuksessa käytettävät tuotteet . . . 32
6.3.6 Kokoonpanoeritelmä . . . 32
6.3.7 Tuotearviointi . . . 34
6.3.8 Ei-vaatimustenmukaiset tuotteet . . . 34
7 Luokitus ja merkintä . . . 36
8 Merkitseminen . . . 36
Liite A (opastava) Ohjeita kokoonpanoeritelmän laadintaa varten . . . 38
A.1 Yleistä . . . 38
A.2 Ostajan toimittama kokoonpanoeritelmä (PPCS) . . . 38
A.3 Valmistajan laatima kokoonpanoeritelmä (MPCS) . . . 38
Liite B (velvoittava) Tehtaan sisäisen laadunvalvonnan arviointi . . . 42
B.1 Yleistä . . . 42
B.2 Alkutarkastus . . . 42
B.3 Jatkuva valvonta . . . 44
B.4 Tarkastustaajuus . . . 44
B.4.1 Yleistä . . . 44
B.4.2 Tarkastusten väliajat . . . 44
B.4.3 Valmistajan ilmoitus . . . 44
B.4.4 Toiminta poikkeavuuksia havaittaessa . . . 44
B.5 Raportit . . . 46
Liite ZA (opastava) Tämän eurooppalaisen standardin kohdat, jotka liittyvät EU:n rakennustuotedirektiiviin . . . 48
ZA.1 Soveltamisala ja olennaiset ominaisuudet . . . 48
ZA.2 Rakenteellisten teräs- ja alumiinikokoonpanojen vaatimustenmukaisuuden osoittaminen . . . 50
ZA.2.1 Vaatimustenmukaisuuden osoittamismenettely . . . 50
ZA.2.2 Tehtävien työnjako . . . 52
ZA.2.3 EY-vaatimustenmukaisuusvakuutus . . . 52
ZA.3 CE-merkintä . . . 54
ZA.3.1 Yleistä . . . 54
ZA.3.2 Tuoteominaisuuksien ilmoittaminen materiaaliominaisuuksien ja geometristen tietojen perusteella . 54
ZA.3.3 Kokoonpanon lujuusarvon/lujuusarvojen ilmoittaminen . . . 58
ZA.3.4 Vaatimustenmukaisuusilmoitus tietyn kokoonpanoeritelmän perusteella . . . 62
ZA.3.5 Kokoonpanon lujuusarvon/-arvojen ilmoittaminen perustuen ostajan tilaukseen . . . 66
Kirjallisuus . . . 70
Opastavat tiedot . . . 71

Kuva 4. Sisällysluettelo (SFS-EN 1090-1+A1, s. 4).

Osa 2 käsittelee teräsrakenteiden tekniset vaatimukset ja osa 4 käsittelee kylmämuovattujen tuotteiden tekniset vaatimukset. Standardin osaa kolme ei ole ja osa neljä on julkaistu englanninkielisenä Technical requirements for cold-formed structural steel elements and cold-formed structures for roof, ceiling, floor and wall applications (SFS 2020).

2.3 Teräsrakenteiden tilaustoimitus ketju

Tarjouspyyntö dokumentaatio

Hyvin tyypillisesti asiakas tekee tarjouspyynnön teräsrakennetoimittajalle omien suunnitelmiensa pohjalta tai erillisen suunnittelijan tekemien suunnitelmien pohjalta. Tarjouspyyntövaiheessa koko rakenne ei välttämättä ole suunniteltu täysin valmiiksi. Rakenteen pääprofiilit ja muoto on valittu ja esimerkiksi liitosdetaljit saattavat olla vielä suunnittelematta. Hyvin tyypillistä on, että levyosista annetaan massaluettelossa prosenttiarvio, kuinka monta prosenttia päärungon painon lisäksi tulee levyosia. Teräsrakenteiden yleiset tiedot on yleensä päätetty tai valmistaja voi joutua antamaan oman kokemukseensa perustuen tarjoukseen nämä arviot ja lisäksi rajaamaan hitsausluokat, hitsien vahvuudet, pintakäsittelyn, toleranssit, esikäsittelyasteen ja teräsrakenteiden toteutusluokan.

Määräluettelot

Perinteisesti 2D suunnitellussa kohteessa tarjouspyynnössä on liitettynä rakennusselosteet, rakennepiirustukset ja detaljipiirustukset, mutta määräluettelot yleisesti puuttuvat. Tietomallipohjaisesti suunnitellut eli 3D suunnitellut kohteet ovat lähtötiedoiltaan useasti parempia, sillä teräsrakennetoimittajalla on enemmän tietoa tarjousvaiheessa. Seuraavissa kuvissa 5-8 on esimerkkejä määräluetteloista ja piirustusdokumentaatiosta, joita käytetään hyvin yleisesti muun muassa tarjousvaiheessa.

TRY Teräsrakenneyhdistys

Teräsrakentamisen eurooppalaiset pelisäännöt – (TEP)
Osa WP4 : Teräsrakentamiseen liittyvät mallidokumentit

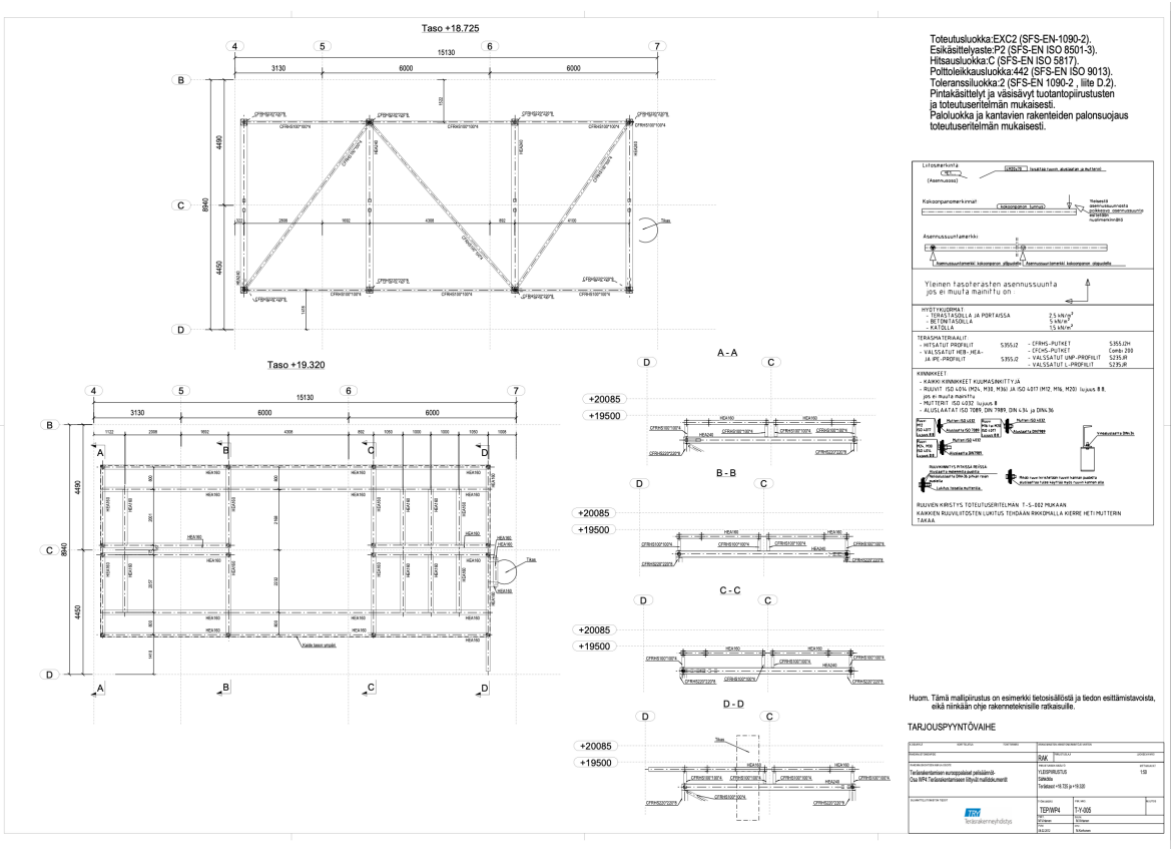
Määräluettelo teräsrakenteiden tarjouskyselyä/hankintaa varten

Tarjousvaihe...hankintavaihe

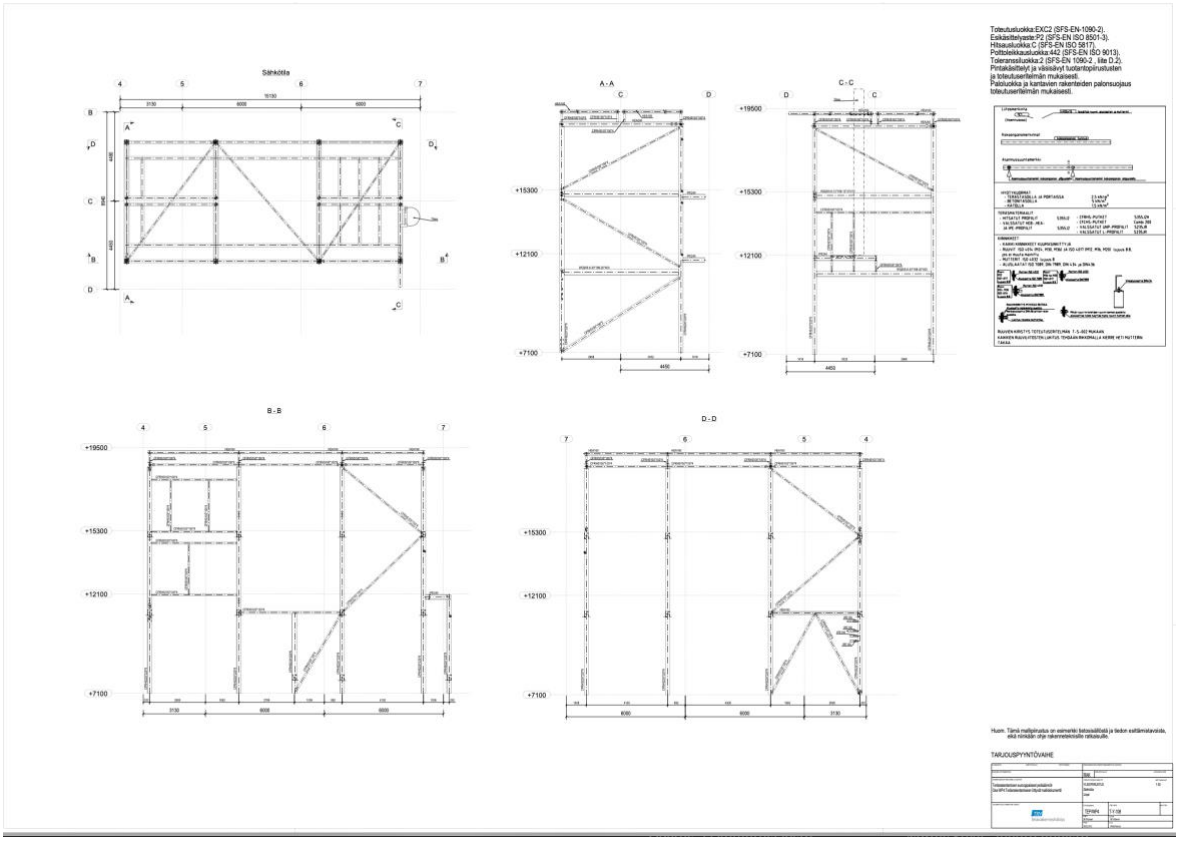
Valitse toimisto: TEP/WP4
Valitse kieli: Suomi

Rakennuskohde:		Työnumero:	TEP/WP4		Laatija:	MMe	Luettelon numero:	T-S-003	
Rakennuskohteen osoite:		Lista tehty:	17.11.2011				Muutos, päiväys:		
Profiili	Materiaali	Lkm	Pituus [mm]	Pituus yht.	Paino [kg]	Paino yht.	Ala [m2]	Ala yht.	Huom!
Tasositeet:									
CFRHS120*120*4	S355J2H	1	2905	2905	41,4	41,4	1,35	1,35	
CFRHS120*120*4	S355J2H	1	3598	3598	51,3	51,3	1,68	1,68	
CFRHS120*120*4	S355J2H	1	3820	3820	54,4	54,4	1,78	1,78	
CFRHS120*120*4	S355J2H	2	3934	7868	56,0	112,1	1,83	3,67	
CFRHS120*120*4	S355J2H	1	6261	6261	89,2	89,2	2,92	2,92	
Yhteensä, CFRHS120*120*4				**24451**		**348,3**		**11,40**	
Putkipilarit:									
CFRHS220*220*8	S355J2H	2	4864	9728	250,6	501,3	4,11	8,23	
CFRHS220*220*8	S355J2H	8	11295	90360	582,0	4656,2	9,55	76,42	
Yhteensä, CFRHS220*220*8				**100088**		**5157,5**		**84,64**	
Valssatut palkit:									
IPE240	S355J2	1	1050	1050	32,2	32,2	0,97	0,97	
IPE240	S355J2	2	1079	2158	33,1	66,2	0,99	1,99	
IPE240	S355J2	2	1094	2188	33,6	67,2	1,01	2,02	
IPE240	S355J2	2	1186	2373	36,4	72,8	1,09	2,19	
IPE240	S355J2	1	1235	1235	37,9	37,9	1,14	1,14	
IPE240	S355J2	1	2850	2850	87,5	87,5	2,63	2,63	
IPE240	S355J2	1	3054	3054	93,7	93,7	2,82	2,82	
Yhteensä, IPE240				**14908**		**457,5**		**13,75**	
WQ-palkit:									
WQ265*6-30*188-20*400	S355J2	1	2790	2790	365,4	365,4	6,18	6,18	
WQ265*6-30*188-20*400	S355J2	1	5680	5680	742,9	742,9	12,54	12,54	
WQ265*6-30*188-20*400	S355J2	5	5690	28450	748,3	3741,6	12,61	63,04	
Yhteensä, WQ265*6-30*188-20*400				**36920**		**4849,9**		**81,76**	
Yhteensä:						**10813**		**192**	

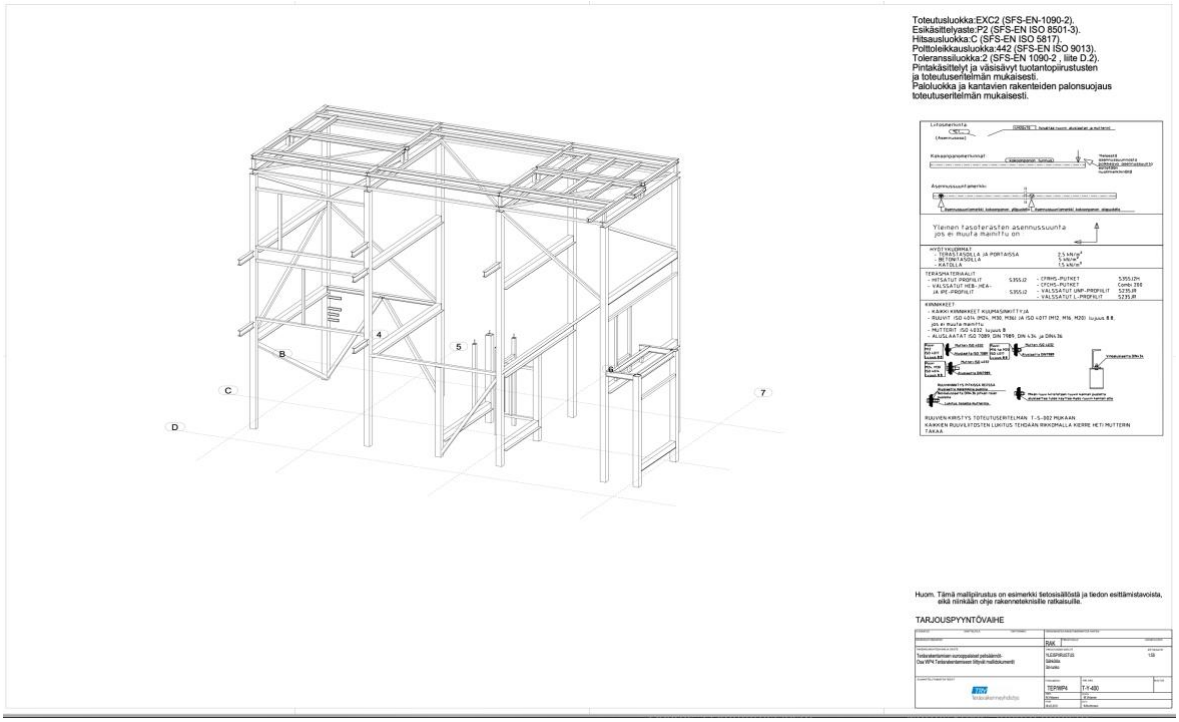
Kuva 5. Luettelo projektiin tarvittavista materiaaleista (Teräsrakenneyhdistys, 2020).



Kuva 6. Yleispiirustus (Teräsrakenneyhdistys, 2020).



Kuva 7. Yleispiirustus (Teräsrakenneyhdistys, 2020).



Kuva 8. Yleispiirustus (Teräsrakenneyhdistys, 2020).

Selkeällä tarjouspyyntödokumentaatiolla kokonaisuuden hahmottaminen on nopeaa ja tuo lisäksi selkeän kuvan, mitä ollaan kysymässä ja mitä toimittaja on tarjoamassa. Yleisesti myös valmistetut teräsrakenteet asennetaan saman toimijan toimesta, jolloin asentamisen kustannukset ovat paremmin laskettavissa.

Tekniset eritelmät

Teräsrakenteiden suunnittelussa laaditaan myös erilaisia teknisiä eritelmiä. Yksi esimerkki teknisestä dokumentista on teräsrakenteiden toteutuseritelmä. Tämä eritelmä liittyy standardiin SFS-EN 1090-1 ja SFS-EN 1090-2 (TRY, 2020). Toteutuseritelmässä suunnittelija antaa valmistajalle riittävät tiedot ja ohjeistuksen rakenteiden toteutusta varten, kuten tarkastuksien määrän, toimenpiteet erilaisissa tilanteissa ja onko esimerkiksi kiinteiden juuritukien käyttö hitsauksessa sallittua tai onko esimerkiksi poikkeavuuksia vaatimustasossa.

Vaikuttaminen rakenne- ja kiinnitysratkaisuihin

Mikäli lopullisia rakenne- ja kiinnitysratkaisuja ei ole vielä päätetty, voidaan yhteistyössä asiakkaan ja suunnittelun kanssa sopia tiettyjä kiinnitysratkaisuja ja malleja mitkä tuottavat asiakkaalle ja valmistajalle mieluisat lopputulokset. Esimerkiksi rakenteita voidaan esikasata konepajalla valmiiksi ja tehdä lohkomaisia ratkaisuja. Tämä on järkevää esimerkiksi, jos asiakkaan hallussa olevat työmaa-alueet ovat pienet, halutaan minimoida teräsrakennetoimittajan aika työmaalla ja tehostaa asennuksen läpimenoaikaa.

2.4 Teräsrakenteiden valmistus

Teräsrakenteiden valmistusta varten on laadittava valmistusdokumentaatio mistä ilmenee riittävät tiedot osavalmistusta, kokoonpanoa, hitsausta, pintakäsittelyä ja asennusta varten. Teräsrakenteiden CE-merkintä ja maankäyttö- ja rakennuslaki edellyttävät, että vastuullinen rakennesuunnittelija on ottanut kantaa vaadittuihin seikkoihin. Tyypillisesti konepajat valmistavat teräsrakenteet toisten suunnittelemalla dokumentaatiolla, eikä konepaja voi ottaa kantaa rakenteen lujuus, stabiliteetti ja käyttöikä seikkoihin, kun ei voida tietää kokonaisuutta ja kuinka haluttu rakenne on suunniteltu toimivan.

Valmistus dokumentaatio

Teräsrakenteiden valmistusta varten suunnittelusta saadaan yleisesti hyvin dokumentaatiota, taulukoita, määräluetteloita ja muita luetteloita. Yleensä valmistusvaiheessa on käytettävissä piirustusluettelot, osa- ja kokoonpanoluettelot, kiinnikeluettelot ja määräluettelot. Kuvissa 9-12 on esimerkkejä luetteloista, joita voidaan hyödyntää valmistuksessa.

TRY Teräsrakenneyhdistys

Teräsrakentamisen eurooppalaiset pelisäännöt – (TEP)
Osa WP4 : Teräsrakentamiseen liittyvät mallidokumentit

PIIRUSTUSLUETTELO

Tarjousvaihe / Toteutusvaihe

Valitse toimisto: TEP/WP4 | Valitse kieli: Suomi | Tietoja… | Lue… | Tyhjennä | Korosta uudet | 22.09.2010

Rakennuskohde:		Työnumero:	TEP/WP4	Laatija:	MMe	Luettelon numero:	T-S-001
Rakennuskohteen osoite:		Lista tehty:	18.11.2011			Muutos, päiväys:	

Suun. laj	Lohko	Alalohko	Kenno	Pir. laj	Pir. nro.	Rak. valv. nro.	Päiväys	Muutos, päiväys	Piirustuksen sisältö Viimeisimmän jakelun piirustukset ihavoitu Poistuneet piirustukset yliviivattu	Pääpiirtokaava	Koko/ h*b	Tiedosto(t)	Referenssitiedosto(t)	Suunnittelija	Tark./Huom.
T	-	-	-	-	T-S-002		17.11.2011		Tarjousvaiheen toteutuseritelmä		A4			MMe	
T	-	-	-	S	T-S-003		17.11.2011		Määräluettelo, tarjousvaihe		A4			MMe	
T	-	-	-	Y	T-Y-001		17.11.2011		Teräsrakenteet, yleispiirustus, perusruuvit	1:100	A1			MMe	
T	-	-	-	Y	T-Y-002		17.11.2011		Teräsrakenteet, yleispiirustus, Taso a, +3000	1:100	A1			MMe	
T	-	-	-	Y	T-Y-003		17.11.2011		Teräsrakenteet, yleispiirustus, Taso b, +6000	1:100	A1			MMe	
T	-	-	-	Y	T-Y-004		17.11.2011		Teräsrakenteet, yleispiirustus, Kattotaso, +11000	1:100	A1			MMe	
T	-	-	-	Y	T-Y-100		17.11.2011		Teräsrakenteet, yleispiirustus, Linja A	1:100	A1			MMe	
T	-	-	-	Y	T-Y-101		17.11.2011		Teräsrakenteet, yleispiirustus, Linja B	1:100	A1			MMe	
T	-	-	-	Y	T-Y-102		17.11.2011		Teräsrakenteet, yleispiirustus, Linja 1	1:100	A1			MMe	
T	-	-	-	Y	T-Y-103		17.11.2011		Teräsrakenteet, yleispiirustus, Linja 2	1:100	A1			MMe	
T	-	-	-	Y	T-Y-104		17.11.2011		Teräsrakenteet, yleispiirustus, Linja 3	1:100	A1			MMe	
T	-	-	-	Y	T-Y-105		17.11.2011		Teräsrakenteet, yleispiirustus, Linja 4	1:100	A1			MMe	
T	-	-	-	Y	T-Y-106		17.11.2011		Teräsrakenteet, yleispiirustus, Linja 5	1:100	A1			MMe	
T	-	-	-	Y	T-Y-107		17.11.2011		Teräsrakenteet, yleispiirustus, Linja 6	1:100	A1			MMe	
T	-	-	-	Y	T-Y-300		17.11.2011		Teräsrakenteet, tyyppidetaljit		A4			MMe	

Kuva 9. Tarjousvaiheessa tehtyjen suunnitelmien luettelo (Teräsrakenneyhdistys, 2020).

TRY Teräsrakenneyhdistys

Teräsrakentamisen eurooppalaiset pelisäännöt – (TEP)
Osa WP4 : Teräsrakentamiseen liittyvät mallidokumentit

KOKOONPANOLUETTELO
Luettelo asennustyömaalle menevistä kokoonpanoista (esim. lohkon tasot, -pystyrakenteet ja asennusosat eri luetteloissa)

TOTEUTUSVAIHE

Valitse toimisto: TEP/WP4 | Valitse kieli: Suomi | Tietoja… | Lue… | Tyhjennä | Korosta uudet | 14.11.2011

Rakennuskohde:		Työnumero:	TEP/WP4	Laatija:	MMe	Luettelon numero:	T-S-005
Rakennuskohteen osoite:		Lista tehty:	16.12.2011			Muutos, päiväys:	

Kokoonpanon tunnus	Pääosan nimi	Pääosan profiili	Lkm	Pituus [mm]	Pituus yht.	Paino [kg]	Paino yht.	Ala [m2]	Ala yht.	Piirustus (kok.p.tunnus)	Päiväys	Muutos, päiväys
2B1	ROLLED_BEAM	IPE240	1	1050	1050	34,5	34,5	1,02	1,02	2B1	16.12.2011	
2B2	ROLLED_BEAM	HEA160	1	4464	4464	135,9	135,9	4,04	4,04	2B2	16.12.2011	
2B3	ROLLED_BEAM	HEA160	1	5164	5164	157,2	157,2	4,68	4,68	2B3	16.12.2011	
2B4	ROLLED_BEAM	HEA160	1	4064	4064	123,7	123,7	3,68	3,68	2B4	16.12.2011	
2B7	ROLLED_BEAM	HEA160	1	4464	4464	136,6	136,6	4,07	4,07	2B7	16.12.2011	
2B8	ROLLED_BEAM	HEA160	1	5164	5164	157,2	157,2	4,68	4,68	2B8	16.12.2011	
2B9	ROLLED_BEAM	HEA160	2	4064	8128	125,9	251,7	3,75	7,50	2B9	16.12.2011	
2B10	ROLLED_BEAM	HEA160	1	4236	4236	148,8	148,8	4,44	4,44	2B10	16.12.2011	
2B11	ROLLED_BEAM	HEA160	1	3017	3017	109,3	109,3	3,26	3,26	2B11	16.12.2011	
2B12	ROLLED_BEAM	HEA160	1	3017	3017	111,0	111,0	3,31	3,31	2B12	16.12.2011	
2B13	ROLLED_BEAM	HEA160	1	3017	3017	110,7	110,7	3,30	3,30	2B13	16.12.2011	
2B14	ROLLED_BEAM	IPE240	1	3054	3054	93,7	93,7	2,82	2,82	2B14	16.12.2011	
2B15	ROLLED_BEAM	IPE240	1	2850	2850	87,5	87,5	2,63	2,63	2B15	16.12.2011	
2B16	ROLLED_BEAM	HEA160	1	2021	2021	61,5	61,5	1,83	1,83	2B16	16.12.2011	
2B17	ROLLED_BEAM	HEA160	3	2021	6063	61,5	184,5	1,83	5,49	2B17	16.12.2011	
2B18	ROLLED_BEAM	HEA160	1	1046	1046	47,2	47,2	1,40	1,40	2B18	16.12.2011	
2B19	ROLLED_BEAM	HEA160	2	4464	8928	136,6	273,2	4,07	8,13	2B19	16.12.2011	
2B20	ROLLED_BEAM	HEA160	1	4064	4064	125,8	125,8	3,75	3,75	2B20	16.12.2011	
2B21	ROLLED_BEAM	HEA240	1	6220	6220	421,7	421,7	9,42	9,42	2B21	16.12.2011	
2B22	ROLLED_BEAM	HEA240	1	6220	6220	423,1	423,1	9,44	9,44	2B22	16.12.2011	
2B23	ROLLED_BEAM	HEA240	1	6220	6220	404,1	404,1	9,14	9,14	2B23	16.12.2011	
2B24	ROLLED_BEAM	HEA240	1	6220	6220	399,2	399,2	9,00	9,00	2B24	16.12.2011	
2B25	ROLLED_BEAM	IPE240	1	1235	1235	40,1	40,1	1,19	1,19	2B25	16.12.2011	
2B27	ROLLED_BEAM	HEA160	1	1965	1965	59,8	59,8	1,78	1,78	2B27	16.12.2011	
2B28	ROLLED_BEAM	HEA160	3	1965	5895	59,8	179,4	1,78	5,34	2B28	16.12.2011	
2B29	ROLLED_BEAM	HEA160	1	2961	2961	107,9	107,9	3,22	3,22	2B29	16.12.2011	
						Yhteensä:	4385		119			

Kuva 10. Toteutusvaiheen kokoonpanoluettelo valmistettavista teräsosista (Teräsrakenneyhdistys, 2020).

TRY Teräsrakenneyhdistys

Teräsrakentamisen eurooppalaiset pelisäännöt – (TEP)
Osa WP4 : Teräsrakentamiseen liittyvät mallidokumentit

OSALUETTELO
Luettelo erillisistä osista ja aihioista konepajaa varten (esim. lohkon tasot, -pystyrakenteet ja asennusosat eri luetteloissa)

TOTEUTUSVAIHE

Valitse toimisto: TEP/WP4 | Valitse kieli: Suomi | Tietoja… | Lue… | Tyhjennä | Korosta uudet

Rakennuskohde:					Työnumero:	TEP/WP4			Laatija:	MMe	Luettelon numero:	T-S-006			
Rakennuskohteen osoite:					Lista tehty:	16.12.2011					Muutos, päiväys:				
Osan tunnus	Nimi	Profiili	Materiaali	Lkm	Pituus [mm]	Leveys [mm]	Paksuus [mm]	Paino [kg]	Pituus yht.	Paino yht.	Piirustus (osan tunnus)	Päiväys	Muutos, päiväys		16.12.2011
2L1	PLATE	PL30*400	S355J2	4	400	400	30	37,7	1600	150,7	2L1	16.12.2011			
2L2	PLATE	PL30*265	S355J2	14	280	265	30	10,9	3920	152,9	2L2	16.12.2011			
2L3	PLATE	PL30*258	S355J2	8	280	258	30	10,7	2240	85,8	2L3	16.12.2011			
2L4	PLATE	PL60*30	S355J2	17	267	60	30	3,8	4539	64,1	2L4	16.12.2011			
2L5	PLATE	PL60*30	S355J2	2	271	60	30	3,8	542	7,7	2L5	16.12.2011			
2L6	PLATE	PL60*30	S355J2	2	277	60	30	3,9	554	7,8	2L6	16.12.2011			
2L7	PLATE	PL6*38	S355J2	12	92	38	6	0,2	1104	2,0	2L7	16.12.2011			
2L7	PLATE	PL6*38	S355J2	48	92	38	6	0,2	4416	7,9	2L7	16.12.2011			
2L8	PLATE	PL6*62	S355J2	4	140	62	6	0,4	560	1,6	2L8	16.12.2011			
2L9	PLATE	PL6*48	S355J2	4	112	48	6	0,3	448	1,0	2L9	16.12.2011			
2L9	PLATE	PL6*48	S355J2	12	112	48	6	0,3	1344	3,0	2L9	16.12.2011			
2L10	PLATE	PL6*40	S355J2	56	92	40	6	0,2	5152	9,7	2L10	16.12.2011			
2L11	PLATE	PL6*204	S355J2	2	204	204	6	1,9	408	3,8	2L11	16.12.2011			
2L12	PLATE	PL8*78	S355J2	1	956	78	8	4,7	956	4,7	2L12	16.12.2011			
2L13	PLATE	PL8*78	S355J2	1	803	78	8	3,9	803	3,9	2L13	16.12.2011			
2L14	PLATE	PL20*220	S355J2	2	320	220	20	10,6	640	21,2	2L14	16.12.2011			
2L15	PLATE	PL20*220	S355J2	4	320	220	20	10,6	1280	42,5	2L15	16.12.2011			
2P1	PROFILE	CFRHS150*150*5	S355J2H	1	6226	0	0	138,6	6226	138,6					
2P2	PROFILE	CFRHS220*220*8	S355J2H	1	11295	0	0	582,0	11295	582,0	2P2	16.12.2011			
2P3	PROFILE	CFRHS220*220*8	S355J2H	1	11295	0	0	582,0	11295	582,0					
2P4	PROFILE	CFRHS220*220*8	S355J2H	1	11295	0	0	582,0	11295	582,0					
2P5	PROFILE	CFRHS220*220*8	S355J2H	1	11295	0	0	582,0	11295	582,0					
2P6	PROFILE	CFRHS220*220*8	S355J2H	1	11295	0	0	582,0	11295	582,0					
2P7	PROFILE	CFRHS220*220*8	S355J2H	1	11295	0	0	582,0	11295	582,0					
2P8	PROFILE	CFRHS220*220*8	S355J2H	2	11295	0	0	582,0	22590	1164,0					
2P9	PROFILE	CFRHS220*220*8	S355J2H	1	4864	0	0	250,6	4864	250,6					
2P10	PROFILE	CFRHS220*220*8	S355J2H	1	4864	0	0	250,6	4864	250,6					
										5715					

Kuva 11. Toteutusvaiheen luettelo valmistettavista osista (Teräsrakenneyhdistys, 2020).

TRY Teräsrakenneyhdistys

Teräsrakentamisen eurooppalaiset pelisäännöt – (TEP)
Osa WP4 : Teräsrakentamiseen liittyvät mallidokumentit

KIINNIKELUETTELO
Luettelo asennustyömaalle/konepajalle menevistä kiinnikkeistä (lohkoittain/asennusaluettain)

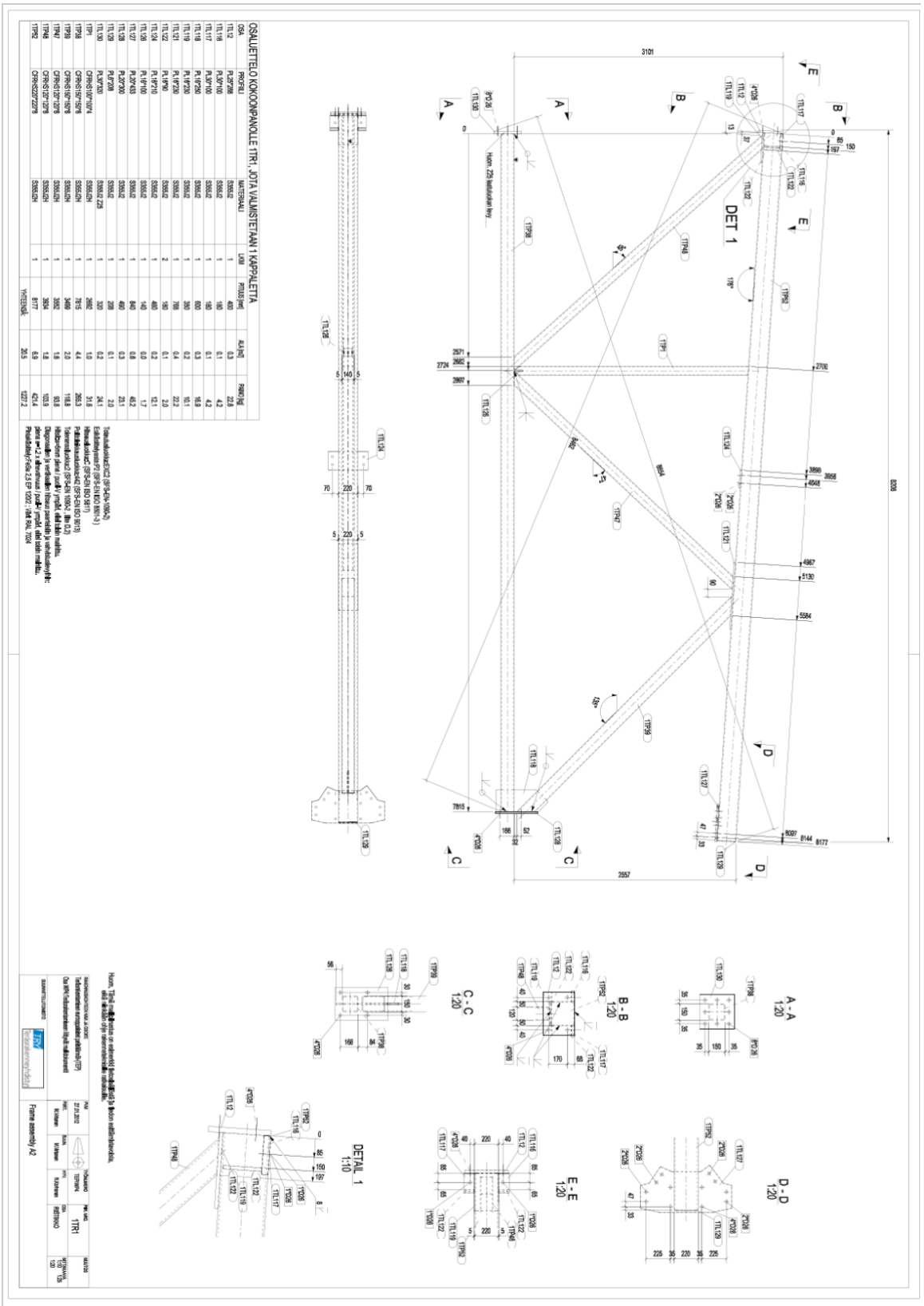
Toteutusvaihe

Valitse toimisto: TEP/WP4 | Valitse kieli: Suomi | Tietoja… | Lue… | Tyhjennä | Yhteenveto | Korosta uudet

	Työnumero:	TEP/WP4			Lista tehty:	23.12.2011	Muutos:				
	Rakennuskohde:				Laatija:	MMe	Muutoksen päiväys:				
	Rakennuskohteen osoite:				Luettelon numero:	T-S-007					
Rivi lisätty, päiväys	Työmaa vai konepaja	Nimike	Halkaisija	Koko	Standardi	Lujuus	Materiaali tai pinnoitus		Lkm		16.12.2011
		Ruuvit:									
16.12.2011	Työmaa	Ruuvi	12	M12*40	ISO 4017	8.8	Kuumasinkitys		104		
16.12.2011	Työmaa	Ruuvi	16	M16*60	ISO 4017	8.8	Kuumasinkitys		74		
16.12.2011	Työmaa	Ruuvi	16	M16*90	ISO 4017	8.8	Kuumasinkitys		1		
16.12.2011	Työmaa	Ruuvi	20	M20*60	ISO 4017	8.8	Kuumasinkitys		64		
16.12.2011	Työmaa	Ruuvi	20	M20*70	ISO 4017	8.8	Kuumasinkitys		2		
16.12.2011	Työmaa	Ruuvi	20	M20*90	ISO 4017	8.8	Kuumasinkitys		4		
16.12.2011	Työmaa	Ruuvi	24	M24*80	ISO 4014	8.8	Kuumasinkitys		20		
16.12.2011	Työmaa	Ruuvi	24	M24*90	ISO 4014	8.8	Kuumasinkitys		88		
		Mutterit:									
16.12.2011	Työmaa	Mutteri		M12	ISO 4032	8	Kuumasinkitys		104		
16.12.2011	Työmaa	Mutteri		M16	ISO 4032	8	Kuumasinkitys		75		
16.12.2011	Työmaa	Mutteri		M20	ISO 4032	8	Kuumasinkitys		72		
16.12.2011	Työmaa	Mutteri		M24	ISO 4032	8	Kuumasinkitys		108		
		Aluslevyt:									
16.12.2011	Työmaa	Aluslevy		12	ISO 7089	100 HV	Kuumasinkitys		104		
16.12.2011	Työmaa	Aluslevy		16	DIN7989	100 HV	Kuumasinkitys		75		
16.12.2011	Työmaa	Aluslevy		20	DIN7989	100 HV	Kuumasinkitys		72		
16.12.2011	Työmaa	Aluslevy		24	DIN7989	100 HV	Kuumasinkitys		108		

Kuva 12. Toteutusvaiheen luettelo tarvittavista kiinnikkeistä (Teräsrakenneyhdistys, 2020).

Koska tieto on vietävissä myös taulukkolaskentatiedostoon, voidaan tätä tietoa hyödyntää ja jalostaa valmistuksessa, eikä tietoa tarvitse uudelleen kirjoittaa moneen kertaan.



Kuva 13. Teräsrakenteen kokoonpanopiirustus (Teräsrakenneyhdistys, 2020).

Mittatarkkuuden varmentaminen ja tarkentavien mittojen siirto työmaalta tuotantoon

Mittatietojen tarkastaminen ennen teräsrakenteiden valmistusta on tärkeää. Vuorovaikutus teräsrakennetoimittajan ja työmaan välillä on oltava aktiivista. Mikäli mittamuutoksia on tapahtunut työmaalla, on näistä järkevää tiedottaa teräsrakenteiden valmistajaa, että mahdolliset muutokset tehdään konepajalla ennen kuin teräskokoonpanot lähetetään työmaalle ja korjaustyö siirtyisi asennustyömaalle. Samalla, jos mittamuutokset ovat merkittäviä, näistä on suotavaa myös tiedottaa rakennesuunnittelijaa, että onko tällä vaikutuksia johonkin rakenteelliseen seikkaan. Lisäksi muutos myös menee dokumentaatioon.

2.5 Teräsrakenteiden asennus

Asentamisen olosuhteet

Teräsrakenteiden asennuksessa on otettava huomioon Suomessa hyvin vaihtelevat sääolosuhteet. Olosuhteilla on vaikutusta muun muassa voidaanko hitsaamalla tehtävät liitokset suorittaa asennuskohteessa, jos vallitseva lämpötila talvella on liian alhainen, lunta tai vettä sataa ja voidaanko hitsaamalla tehdyt liitokset pintakäsitellä ollenkaan edellä mainittujen seikkojen johdosta.

Tarvittava kalusto asennuksessa

Teräsrakenteiden asennuksessa tarvitaan monenlaisia asennusta avustavia lisävälineitä. Esimerkkinä yleensä pilarit ovat pitkiä, eli maantasosta ilman apuvälineitä ei voida työtä suorittaa, jolloin henkilönostimet ovat tarpeen. Rakenteiden asennuksessa myös tarvitaan nostohalustoa, millä teräsrakenteet nostetaan haluttuun paikkaan asennuskohteessa. Kuvassa 14 on esitettynä mobiilinosturi, mitä käytetään rakennuksilla ja teollisuudessa yleisesti nostotöiden suorittamiseen.

Kuva 14. Mobiilinosturi (Liebherr, 2020).

Kuvassa 15 on esimerkki henkilönostimesta, mitä käytetään myös rakennuksilla ja teollisuudessa paljon. Nostin on viralliselta nimeltä nivelpuominostin, mutta laitteesta käytetään yleistä lempinimeä ”kuukulkija”. Laite on ajettavissa yläkorista ja hyvien maasto-ominaisuuksien ansiosta voidaan käyttää epätasaisessa maastossa. Laite ei kuitenkaan voi olla liian vinossa, sillä uusissa laitteissa on laitteen tasapainoa vahtivia turvalaitteita, jotka suojaavat käyttäjää laitteen kaatumiselta.

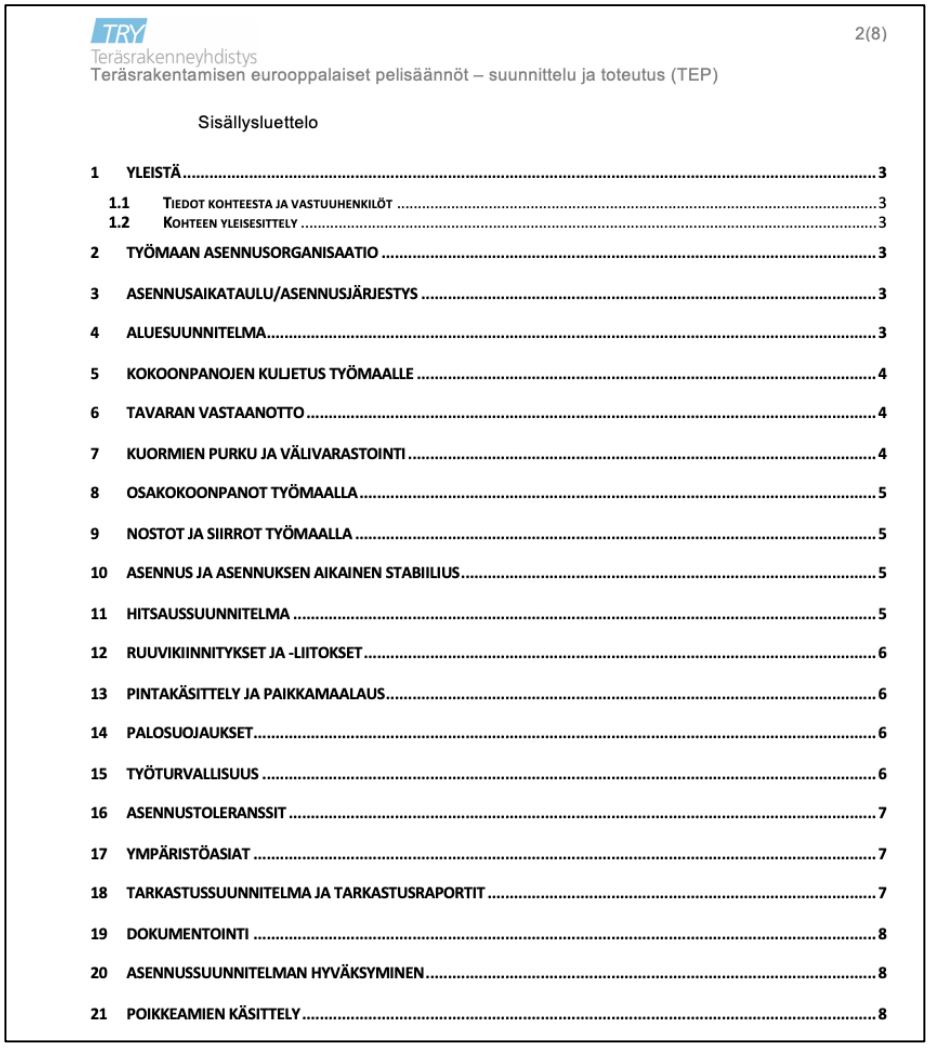
Kuva 15. Nivelpuominostin (Simeri, 2020).

Asennuksessa tarvitaan myös erilaisia nostoapuvälineitä teräskokoonpanojen ja lohkojen nostoon, kuten nostokorvakoita, erilaisia nostotarraimia ja nostoliinoja. Nostokorvakot saattavat olla myös hitsattuna rakenteeseen kiinni.

Asennuksen suunnitelmat

Teräsrakenteiden asennukset edellyttävät suunnitelmallisuutta työn onnistumisen kannalta. Teräsrakenteiden asennukseen on tullut enemmissä määrin vaatimuksia teräsrakenteiden CE-merkinnän johdosta. Ennen asennuksen aloittamista yleisesti laaditaan asennussuunnitelma, missä otetaan huomioon asennuksen vaiheet eli missä vaiheessa tietty

osa asennetaan. Samalla varmennetaan myös seuraavia asioita kuten rakennuksen työaikainen kantavuus ja stabiliteetti säilyvät, varmennetaan ympäristöasiat, työturvallisuus ja toleranssit. Kuvassa 16 esitellään esimerkki asennussuunnitelman sisällysluettelosta.



TRY 2(8)
Teräsrakenneyhdistys
Teräsrakentamisen eurooppalaiset pelisäännöt – suunnittelu ja toteutus (TEP)

Sisällysluettelo

1 YLEISTÄ ... 3
1.1 TIEDOT KOHTEESTA JA VASTUUHENKILÖT ... 3
1.2 KOHTEEN YLEISESITTELY ... 3
2 TYÖMAAN ASENNUSORGANISAATIO ... 3
3 ASENNUSAIKATAULU/ASENNUSJÄRJESTYS ... 3
4 ALUESUUNNITELMA ... 3
5 KOKOONPANOJEN KULJETUS TYÖMAALLE ... 4
6 TAVARAN VASTAANOTTO ... 4
7 KUORMIEN PURKU JA VÄLIVARASTOINTI ... 4
8 OSAKOKOONPANOT TYÖMAALLA ... 5
9 NOSTOT JA SIIRROT TYÖMAALLA ... 5
10 ASENNUS JA ASENNUKSEN AIKAINEN STABIILIUS ... 5
11 HITSAUSSUUNNITELMA ... 5
12 RUUVIKIINNITYKSET JA -LIITOKSET ... 6
13 PINTAKÄSITTELY JA PAIKKAMAALAUS ... 6
14 PALOSUOJAUKSET ... 6
15 TYÖTURVALLISUUS ... 6
16 ASENNUSTOLERANSSIT ... 7
17 YMPÄRISTÖASIAT ... 7
18 TARKASTUSSUUNNITELMA JA TARKASTUSRAPORTIT ... 7
19 DOKUMENTOINTI ... 8
20 ASENNUSSUUNNITELMAN HYVÄKSYMINEN ... 8
21 POIKKEAMIEN KÄSITTELY ... 8

Kuva 16. Asennussuunnitelma (Teräsrakenneyhdistys, 2020).

Asennuskohteessa myös tehdään kokoonpanojen ja lohkojen nostoon erillisiä nostosuunnitelmia, missä varmennetaan nostojen turvallisuus ja mainitaan nostoon liittyvät henkilöt.

Muutokset asennuskohteissa

Muutoksia voi syntyä asennuskohteessa monista erilaisista tilanteista. Muutokset ovat yleensä haastavia suorittaa asennusolosuhteissa. Syy muutokselle voi olla esimerkiksi suunnittelussa huomiotta jäänyt seikka tai asennusta ei voida suorittaa suunnitellusti, jolloin esimerkiksi kokoonpanon kiinnitykseen tarkoitettua pulttia ei saada paikoilleen. Pultti pitäisi

asentaa kokoonpanon ja seinän väliin, jolloin se jää ”piiloon” eikä ole luokse päästävissä. Tämä johtaa muutostyöhön, joka ratkaistaan yleisesti työmaalla työmaanjohdon, suunnittelun ja terästoimittajan kanssa. Muutokset tehdään yleensä työmaalla, jos se on kohtuullisesti tehtävissä. Muutoksesta syntyy uusi rakenneratkaisu, joka tulee saattaa suunnittelijan dokumentaatioon arkistoitavaksi. Tätä kutsutaan As-Built aineistoksi.

Tarkastukset ja As-Built aineistot

Kun rakennetta on muutettu, yleensä siihen liittyy hitsausta. Tilaajan tai suunnittelijan vaatimuksista, teräsrakenteiden toteutuseritelmästä ja standardin EN 1090-2 vaatimuksista ilmenee, onko teräsrakenteelle tehtävä rikkomatonta aineentarkastusta eli NDT-tarkastusta. Tarkastuslaajuus ilmenee edellisistä asiakirjoista tai sidosryhmiltä. Hitsaustyön jälkeen tulee teräsrakenne myös pintakäsitellä uudelleen. Ennen asennusta on järkevää valokuvata työvaiheet ja lopullinen tuote sekä piirtää kuva, missä ilmenee muutettu kokoonpano. Tämä tieto viedään suunnittelijan tietoon ja suunnittelija voi tarvittaessa tehdä myös muutokset piirustuksiin ja tietomalleihin.

3 MITTAUSMENETELMÄT SUUNNITTELUSSA

Takymetrimittaus

Takymetrimittauksella tarkoitetaan mittausmenetelmää, missä laitteella voidaan mitata erilaisia suuntia ja etäisyyksiä. Näiden pisteiden välille mittalaite luo koordinaatit ja laskee näiden pisteiden välistä etäisyyttä. Mittalaite orientoidaan vähintään kahden pisteen avulla, jolloin voidaan tehdä mittauksia. Mittaukselle voidaan asettaa avustavia mittalinjoja (Rakennustieto, s. 6. 2013). Riippuen mittaustilanteesta, mittaukselle määräävät tekijät ovat tapauskohtaisia (Pynnöniemi 2020). Tehdasolosuhteisiin on rakennettu usein tehdaskoordinaatisto. Tämän koordinaatiston avulla voidaan tehdä erilaisia mittauksia ja kun kaikki hyödyntävät samoja mittapisteitä, vähennetään mittausvirheitä (Pynnöniemi 2020). Kuvassa 17 nähdään robottitakymetri.

Kuva 17. Robottitakymetri (Leica Geosystems, 2020).

Mittauksessa käytetään yleisesti robottitakymetria. Robottiominaisuus mahdollistaa mittaajan ohjata takymetriä etäohjauslaitteella. Tällöin myös mittaaja vapautuu pois

mittalaitteen luota mittauskohteeseen. Mittaaja kykenee tällöin myös itse pitämään mittaprismasta kiinni mittauksen ajan (Pynnöniemi 2020).

Laserkeilaus ja Pistepilvet

Laserkeilausta käytetään muun muassa korjausrakentamisessa, teollisuuskohteissa, kaivoksissa ja tunneleissa. Laserkeilauksella tarkoitetaan menetelmää, missä laserpulssia lähetetään pintaan ja takasin saaden paluupulssin. Näistä saadaan pulssille mittaukseen kulunut aika. Mittauksista saadaan sarja etäisyyshavaintoja, mistä muodostuu kolmiulotteinen pistepilvi. Pistepilvi yleisesti muodostuu pisteistä, joita voi olla aina sadoista miljoonista jopa miljardeihin pisteisin. (Rakennustieto 2019, s 1). Rakennustieto on laatinut hyvin kattavan ohjeen RT 103133 rakennuksen laserkeilaukseen, missä käsitellään laserkeilauksen hyödyntämistä ja ohjeita laserkeilauksen toteutukseen ja työn tilaamiseen.

Markkinoilla on olemassa robottitakymetrejä keilausominaisuudella. Nämä soveltuvat käytännössä yksittäisten ja yksinkertaisten keilauksien tekoon. Keilauksessa tehtäviä pistepilven pisteitä on vähemmän ja nopeudeltaan mittaustapahtuma on hitaampi (Pynnöniemi 2020). Hyvä laserkeilain pystyy tekemään ympärikeilauksen noin 4 minuutissa ja valokuvaamaan kohteen noin 3-4 minuutissa samalla asetuksella. Yleisesti pelkkä keilaustapahtuman peukalosääntö on alle 5 minuuttia per keilaus. Tällä hetkellä tehtävistä keilauksista noin 80 % osuudelle tehdään myös valokuvaus keilauksen yhteydessä. Tämä parantaa keilauksen havainnollisuutta, lisäksi pistepilvi ja kuvat ovat samassa koordinaatistossa. Valokuvaus selkeyttää pistepilven tulkintaa, kun pisteille voidaan määritellä eri värejä ja samalla katsoa kuvana keilaustietoa (Pynnöniemi. 2020). Keilauksen määrät ovat kasvaneet ja menetelmä yleistynyt. Keilauksesta voidaan tehdä mallinnus, mistä suunnittelija saa lähtötietoja omaan osuuteensa (Pynnöniemi. 2020). Kuvassa 18 nähdään siltarakenne todellisena ja laserkeilattuna. Laserkeilaimen sijainnin määritystä varten tarvitaan takymetriä, millä saadaan koordinaattipiste laitteelle. Koordinaatit tarvitaan, että kaikki keilaukset voidaan yhdistää samaan tiedostoon ja pisteet samoille paikoille. Visualisointiin, tarkasteluun ja muokkaukseen tarvitaan oma ohjelma.

Kuva 18. 3D scanned bridge. (3D Laser Scanning Network, 2020).

Laserkeilauksessa tehtävään pistepilveen voidaan määrittää väritasoja ja tätä kautta saada havainnollisuutta kuvaan.

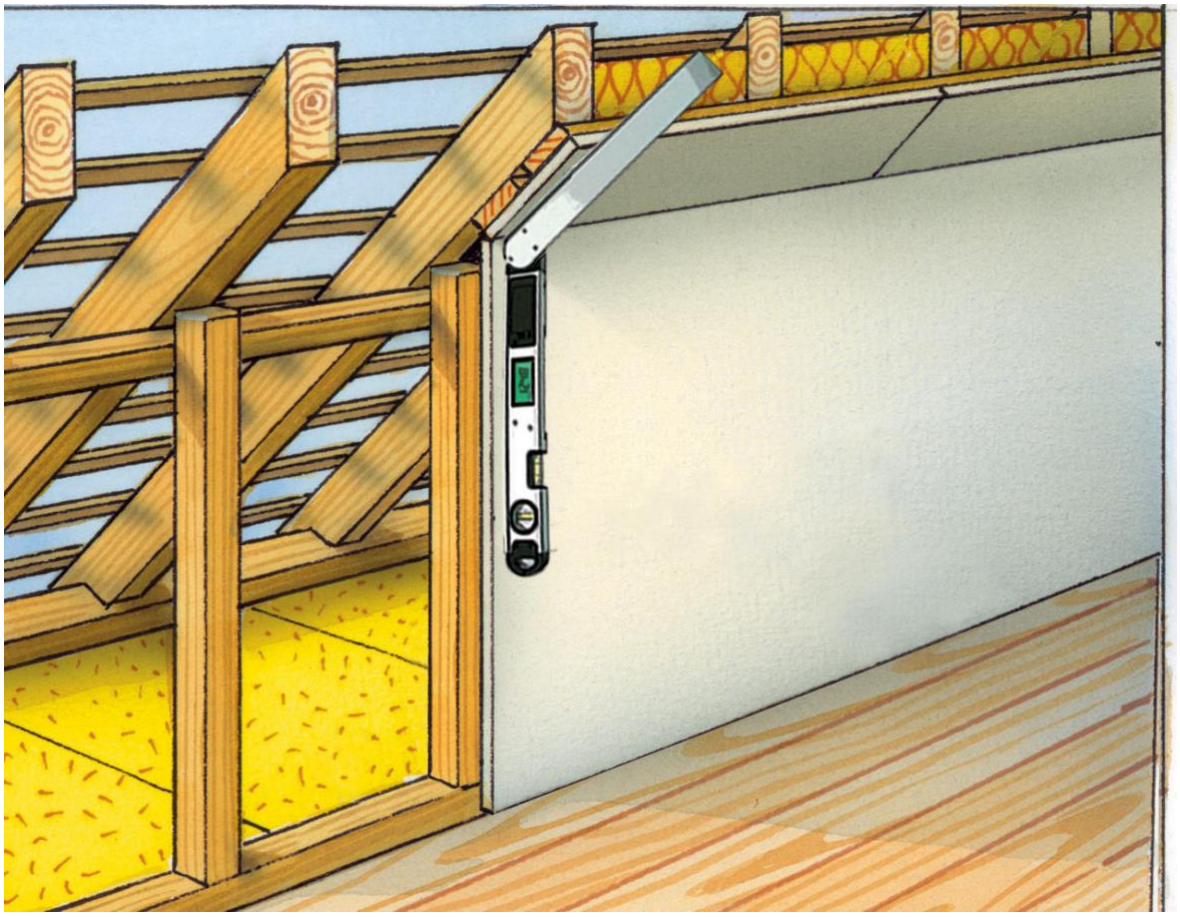
Käsin mittaus

Käsin mittauksella tarkoitetaan mittaustyötä, missä käytetään rakentamisessa yleisiä perusmittavälineitä, kuten rullamittaa kuva 19 ja kuva 20, astekulmia (kuva 22), suorakulmia (kuva 21), käsin käytettävät laseretäisyysmittarit (kuva 23), linja- ja ristiviivalaserit (kuva 24) ja tasolaserit (kuva 25).

Kuva 19. Rullamitta Stanley 10m (Lakkapää, 2020).

Kuva 20. Pitkä rullamitta Stanley 100m (K-Rauta, 2020).

Kuva 21. Suorakulma Ironside (K-Rauta, 2020).



Kuva 22. Kulmamitta Arcomaster 60 (Netrauta, 2020).

Kuva 23. PD-E Etäisyysmittari ulkokäyttöön (Hilti, 2020).

Kuva 24. PMC 46 yhdistelmälaser (Hilti, 2020).

Kuva 25. PR 300-HV2S tasolaser. (Hilti, 2020).

Kuvista nähdään erimerkiksi Hiltin laitteiden käyttöä käytännössä. Laitteet ovat käsin käytettäviä, sillä käyttäjän tulee itse asettaa tietty korkeus tai tehdä itse mittaus. Laitteilla voidaan mitata etäisyyksiä, korkeuksia, pinta-aloja ja kulmia. Astekulmamitalla voidaan myös mallin varustuksesta riippuen käyttää vesivaakana (”vatupassina”). Kuvan 24 ristiviivalaserilla voidaan myös tehdä pystysuoraa linjaa. Laitteella saadaan myös suorakulma eli linjavalo tulee eteen ja sivulle. Tässä esitellyt Hiltin tasolaserit ja linjalaserit tasaavat itsensä automaattisesti.

4 TERÄSRAKENTEIDEN SUUNNITTELU

Seuraavassa käsitellään teräsrakenteiden suunnittelua ja mitä tällä hetkellä teräsrakenteiden suunnittelussa on meneillään, mitä suunnitteluun on tulevaisuudessa tiedossa, mitä avustavia ohjelmia on käytössä ja kuinka suunnittelun eri variaatiot näkyvät käytännön puolella.

4.1 Haastattelut

Suunnitteluun on lähetty liitteen I mukaisia kysymyksiä. Kysymyksien kautta kartoitetaan suunnittelun nykytilannetta, mihin suunnittelussa ollaan seuraavaksi etenemässä. Lisäksi haetaan vastauksia tutkimuksen ongelmaan ja onko joillakin haasteilla vaikutusta asiaan.

4.2 Suunnittelusta yleisesti

Rakennuksia ei voida rakentaa ilman suunnitelmia. Tähän tarvitaan väistämättä suunnittelua. Suunnittelijat ovat oman alueensa ammattilaisia ja tuntevat oman vastuualueensa standardit ja paikalliset määräykset, joiden puitteissa suunnitelmat ja laskelmat tulee tehdä. Suunnittelijoita ovat muun muassa rakennesuunnittelija, LVI-suunnittelija, sähkösuunnittelija ja arkkitehti. Näiden ammattilaisten yhteistyöllä voidaan tehdä rakennuksia.

Nykytilanne teräsrakenteiden suunnittelussa

Nykyään suunnittelua tehdään sekä 2D- ja 3D-suunnitteluna. Mikä ohjaa tietyn sovelluksen käyttöön on tapauskohtaista. Vaikutustekijöitä voi olla muun muassa kohteena korjausrakentaminen tai luonnostason suunnittelu. Haastatteluiden kautta hankitun tiedon mukaan, suunnitteluista suurin osa tehdään jo täysin tietokoneavusteisesti ja tietoa tarkastellaan kolmiulotteisesti. Jonkin verran rakenteellista mitoitusta tehdään numeeristen 3D-mallien avulla, mutta tämä on vielä pientä (Rinne 2020).

Tulevaisuuden näkymät

Haastatteluiden perusteella tulevaisuudessa tehtävä suunnittelu siirtyy askeltaen kokonaiseksi yhdellä ohjelmalla tehtäväksi suunnittelu- ja mitoitustyöksi. Virtuaalitodellisuuden hyödyntäminen arvioidaan lisääntyvän ja joitain sovellutuksia on jo olemassakin (Rinne 2020).

4.3 Virtuaalitekniikat mallien tarkasteluun

Virtuaalitekniikoilla voidaan saada aikaan hyviä tuloksia. Profoxin mukaan tavoiteltavia hyötyjä VR käytöstä on muun muassa, kun työturvallisuustekijöitä voidaan tutkia tietomallista etukäteen, syntyy parannuksia työturvallisuuteen. Henkilöstö voidaan osallistaa paremmin suunnitteluvaiheessa. Tällöin syntyy kehittävää vuorovaikutusta ja yhteistoiminta parantuu koko projektissa. Profoxin mukaan myös päätöksenteko nopeutuu, onhan päätöksenteko helpompaa, kun voi nähdä tietomallin avulla päätöksenteon kohteen. VR hyödyt ovat myös koulutustarkoituksessa hyödyllisiä (Profox 2020).

VR= Virtual Reality

Virtuaalilasit eli VR-lasit ovat keino tutkia tietomalleja. Virtuaalilaseilla tuotetaan katsojalle virtuaalitodellisuuteen uppoutuminen eli immersio (Profox 2020). Virtuaalilaseilla voidaan liikkua tietomallissa ja nähdä objektit todellisena. Virtuaalitekniikan kokemus on täysin immersiivinen eli käyttäjä viedään kokonaan erilliseen virtuaaliseen maailmaan (Business Finland 2020).

MR= Mixed Reality

Mixed Reality eli yhdistetty todellisuus. Tämä tarkoittaa, että virtuaalitekniikan kokemus on sekoitus todellista- ja virtuaalista maailmaa. Business Finlandin sivuilla kerrotaan että, tässä tilassa fyysiset ja digitaaliset asiat ovat olemassa yhtä aikaa ja pystyvät kommunikoimaan keskenään (Business Finland 2020).

AR= Augmented Reality

Augmented Reality eli lisätty todellisuus. Tämä tarkoittaa, että virtuaalitekniikan kokemus on osittain immersiivinen eli virtuaalisia asioita tuodaan käyttäjän todelliseen maailmaan (Business Finland 2020).

Big Room ratkaisut

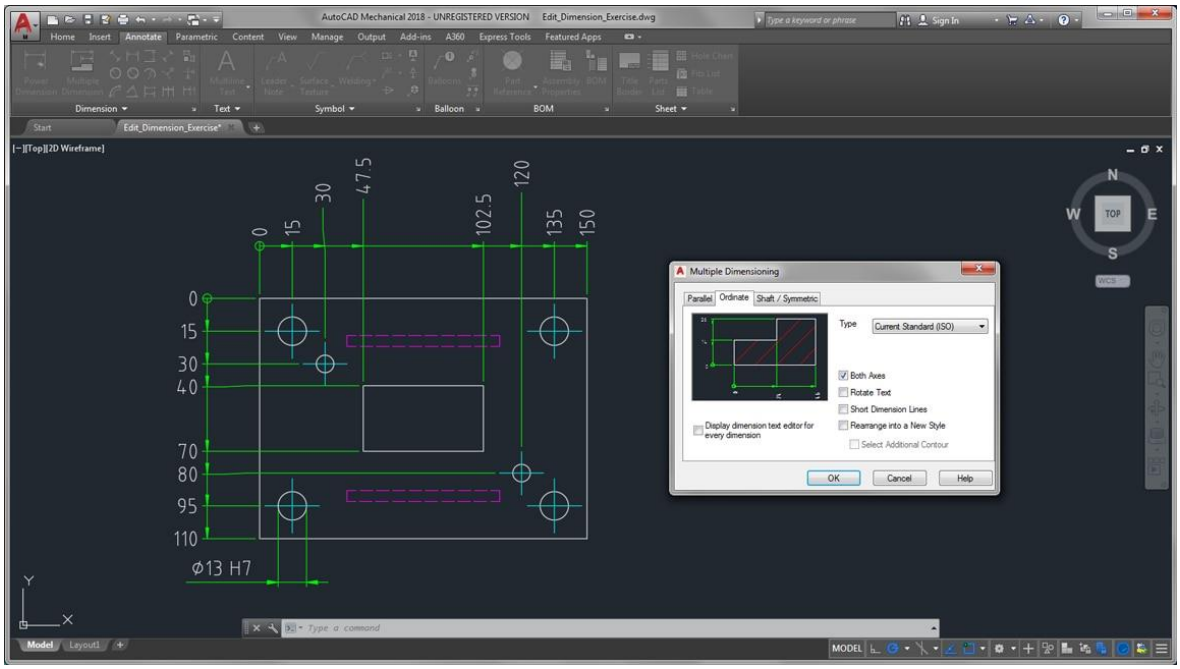
Tietomalleja eli käytännöllisesti 3D-malleja, voidaan tarkastella luonnollisessa mittakaavassa (1:1). Virtuaalitilat voivat olla suhteellisen suuria, tilassa voi olla samanaikaisesti jopa 15-20 henkilöä (VR Profox 2020).

4.4 Suunnittelumenetelmät ja kiinnitys ratkaisujen valinnat

Suunnittelussa voidaan hyödyntää useaa suunnitteluratkaisua yhtä aikaa projekti aikana. Esimerkiksi arkkitehti voi tehdä 3D suunnitteluna oman osuutensa. Tämän jälkeen esimerkiksi LVIS voidaan tehdä myös 3D suunnitteluna ja rakennesuunnittelu 2D suunnitteluna.

2D suunnittelu

2D suunnittelu eli kaksiulotteinen suunnittelu tarkoittaa suunnittelua, missä yleensä rakenteet piirretään ns. ”viiva viivasta” periaatteella. Tämä tarkoittaa myös, että jokainen kuvanto tulee piirtää erikseen itse. Tämä vaatii suunnittelijalta osaamista nähdä kuvanto itse omassa päässä eli miltä kuvannon tulisi näyttää eri suunnasta katsottuna. Kuvassa 26 on esimerkki eräästä suunnitteluohjelmasta. Suunnittelu tapahtuu xy -suunnassa.



Kuva 26. Autocad kuva (Google/Autodesk, 2020).

Kuvassa 26 näkyvää ohjelmistoa voidaan laajentaa eri toimialoille soveltuvilla lisäosilla, kuten esimerkiksi sähkö tai mekaniikka. Tällöin voidaan kirjastosta poimia toimialalla käytettäviä symboleja tai esimerkiksi ruuvikokoonpanon näkymät eri kuvannoista.

3D suunnittelu

3D suunnittelu eli kolmiulotteinen suunnittelu tarkoittaa suunnittelua, missä rakenteet suunnitellaan xyz -suunnassa. Tässä tapauksessa suunniteltuja rakenteita voidaan tarkastella eri suunnista havainnollisesti. Rakenteet mallinnetaan siihen muotoon kuin ne todellisuudessa näyttävät.

Liitosten suunnittelu

Ennen liitosten suunnittelua, rakenteiden tai rakenneosien toimivuutta kokonaisuutena tulee niitä tarkastella rakenneanalyysissä. Liitoksia myös tulkitaan samalla, mutta aluksi vain lujuus ja jäykkyys huomioiden. Tämän jälkeen suunnittelussa voidaan edetä rakenne statiikan kautta laskien liitoskohtaisia kuormituksia, sekä kohti liitoskohtaista detaljisuunnittelua. Rakenteiden statiikassa liitoksia ilmenee määrällisesti vähän ja liitokset ovatkin vakioituneet ja liitosratkaisuista on löytynyt terästoimittajien ja suunnittelun yhteistyössä hyväksi todettuja periaateratkaisuja. Poikkeuksiakin tehdään erikoisratkaisuilla, mutta niille tulee olla perusteita, miksi poiketaan. Siksi vakioituneet liitokset ovat käytössä, koska niistä on kokonaisvaltaisesti eniten kokemusta (Rinne 2020). Liitosten mitoituksessa hyödynnetään standardeja, joista ilmenee muun muassa vaadittavia osavarmuuslukuja liitokselle (Kouhi 1993, s. 1).

Uusien kiinnitys ratkaisujen käyttö suunnittelussa

Uusia ratkaisuja käytetään suunnittelussa vähän. Uudet ratkaisut ovat suurimmaksi osaksi vain alan julkaisuissa tai esitetty seminaareissa. Sovellutuksien käyttöön edellytetään enemmän yksittäisen suunnittelijan mielenkiintoa tutkia uusia ratkaisuja. Haastatteluissa käy ilmi, että ratkaisujen olisi hyvä löytyä suunnittelijan käyttämistä ohjelmistoista.

Tarkentavien mittojen siirto tietomalliin

Tarkentavat mitat tietomalliin voidaan viedä usealla tavalla. Yleisissä tietomallivaatimuksissa kerrotaan eri tasoisista mittausvaatimuksien sisällöstä eli kuinka mittatieto saadaan. Tasot ovat mainittu seuraavasti:

Taso 1 – Laseretäisyysmittaus ja olemassa olevat piirustukset

Menetelmä: ”Mittaukset tehdään laseretäisyysmittarilla.

Mitta-aineisto muodostuu mittaajan manuaalisesti kirjaamista rakennusosien välisistä etäisyyksistä. Mitat eivät ole samassa koordinaatistossa. Mitta-aineiston pohjalta ei voida tehdä geometrialtaan luotettavia inventointimalleja tai mittauspiirustuksia. Menetelmä sopii yksittäisien etäisyyksien ja piirustusten oikeellisuuden tarkastamiseen esim. mallinnettaessa vanhojen piirustusten pohjalta” (Rajala 2012, s. 9).

Taso 2 – Takymetrimittaus

Menetelmä: ”Mittaus tehdään määritellyistä pisteistä takymetrillä.

Mitta-aineisto muodostuu yksittäisistä, samassa koordinaatistossa olevista pisteistä, viivoista ja symboleista. Menetelmä soveltuu hyvin piha-alueiden kartoituksiin ja täydentämään laserkeilausmittauksia esim. lattiakaivojen kartoituksilla. Menetelmä soveltuu inventointimallintamisen lähtötiedoksi geometrisesti yksinkertaisissa kohteissa, joissa mitattavia pisteitä on rajallinen määrä. Inventointimallin ja mittauspiirustusten täydentäminen ja tarkentaminen vaatii paikan päällä tehtäviä lisämittauksia. Mittauksien, inventointimallin ja mittauspiirustusten oikeellisuuden tarkistaminen visuaalisesti on vaikeaa. Määriteltyjen mittapisteiden sijainnin poikkeaman tulee olla alle 5 mm” (Rajala 2012, s. 9-10).

Taso 3 – Laserkeilausmittaus

Menetelmä: ”Mittaus tehdään laserkeilaamalla kattavasti kaikilta näkyviltä pinnoilta.

Mitta-aineisto on havainnollista ja sen oikeellisuus on todennettavissa visuaalisesti.

Inventointimallia tai piirustuksia voidaan täydentää ja tarkentaa tarvittaessa ilman lisämittauksia. Kohina eli virhe max. ±10 mm. Resoluutio eli pistetiheys: mittapisteet alle 5 mm välein” (Rajala 2012, s 10).

4.5 Betoni- ja teräsrakenteiden toleranssit

Betoni- ja teräsrakenteille on laadittu omat standardit, joita noudatetaan suunnittelussa ja valmistuksessa. Standardit osoittavat myös sallitut toleranssit. Suunnittelijan tulee osoittaa rakennesuunnitelmassa mitä standardin toleranssiluokkaa käytetään, jos niitä on useampia. Esimerkiksi teräsrakenteiden liitoksen reikiä varten on standardeissa esitetty tapauskohtaiset mittatoleranssit (Rinne 2020).

4.6 Tietomallien hyödyntäminen käytännön näkökulmasta

Tietomallien avulla voidaan tarkastella kokonaisuutta erilaisissa tasoissa. Suunnittelija pystyy piilottamaan esimerkiksi sellaiset tasot tietomallista, että teräsrakenteiden valmistajan ja asentajan on helppo tutkia omaa osuuttaan. Tietomalleista voidaan etsiä objekteja osan tai kokoonpanon tunnuksella. Mallinnukselle voi olla erilaisia tavoitteita, miksi halutaan mallintaa. Näitä ovat esimerkiksi halu havainnollistaa suunnittelun ratkaisuja, parantaa turvallisuutta rakentamisessa ja rakenteen elinkaarella. (Rajala 2012, s 5).

4.7 Suunnitteluohjelmat ja katseluohjelmat

Teräsrakennesuunnittelua tehdään useilla erilaisilla ohjelmilla. Tyypillisesti suomessa suunnittelua tehdään rakenneteollisuudessa Tekla nimisellä ohjelmalla. Tällä ohjelmalla luodaan natiivi tietomalli. Kuvatasoista ja suunnittelun laajuudesta tehdään sopimus, kuinka pitkälle suunnittelu tehdään hankkeessa. Tietomallista voidaan tehdä IFC-katselumalli, jota jaetaan eri toimijoille havainnollistavaksi työkaluksi. IFC mallia ei voida muokata, eikä se haavoita natiivimallia, mikä on suunnittelun käytössä.

4.8 Teräsrakenteiden suunnittelu valmistajan näkökulmasta konepajalla ja asennuksessa

Teräsrakennetoimituksissa esimerkiksi useasti lukee vaatimus, että konepajadokumentaation valmistus kuuluu konepajalle. Joissain tapauksissa tämä on toimiva ratkaisu, kun kokonaisuus ei ole liian suuri. Esimerkiksi korjausrakentamisessa tämä on toimiva, koska tosimitat saadaan työmaalta mittaamalla ja rakennesuunnittelija ei välttämättä ole voinut saada suunnitteluvaiheessa näitä mittoja, koska rakenteet ovat voineet olla vielä piilossa tai rakennus käytössä.

5 PERINTEISET KIINNITYSMENETELMÄT

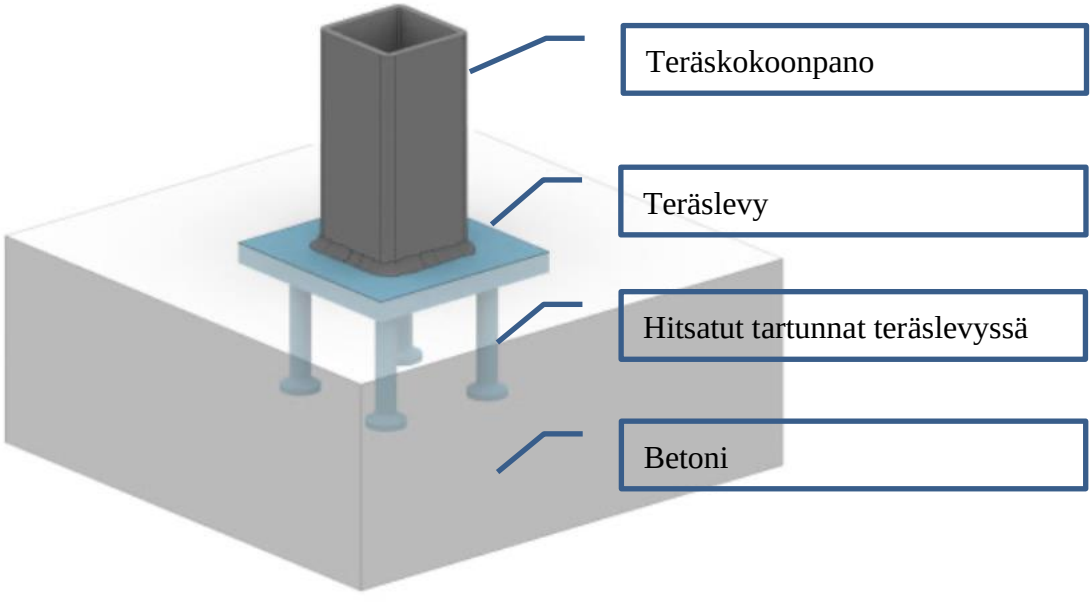
Seuraavassa esitellään, mitä perinteiset menetelmät tarkoittavat kiinnitystapana. Menetelmät, jotka ovat olleet käytössä pitkään, eivät ole uusien saatavilla olevien ratkaisujen rinnalla järkeviä, kustannustehokkaita ja tuovat mukanaan kannattavuutta heikentäviä osatekijöitä tai voivat näkyä tilaajan suuntaan kustannuksia kasvattavana vaikutuksena.

5.1 Hitsaamalla tehtävät liitokset

Teräskokoonpanoja ja rakenteita yhteen liitetään paljon hitsaamalla rakennusteollisuudessa. Hitsaukset olisivat mahdollisimman pitkälle hyvä tehdä konepajalla ja työmaalla käyttäen mekaanisia kiinnittimiä. Joskus tämä ei jostain syystä ole mahdollista, vaan käytetään hitsausta työmaaoloissa, seuraavassa esitetään seikkoja, mitä tulee ottaa huomioon, kun hitsaukset siirretään työmaaolosuhteisiin

Betonirakenteissa kiinnitettävät kiinnityslevyt ja niihin hitsaaminen

Welda-kiinnityslevyt ovat yksi erään valmistajan markkinoilla olevista tuotteista. Welda on heidän rekisteröity tavaramerkki. Kiinnityslevyt asennetaan betoniin valuvaiheessa betonitehtaalla tai työmaalla. Betonin kuivumisen ja rakenteellisen lujuuden saavutettua teräskokoonpano hitsataan kiinnityslevyyn. Kuvassa 27 on esimerkki sovelluksesta, missä kuormituksia siirretään teräsrakenteen ja betonirakenteen välillä (Peikko 2020, s. 2).



Kuva 27. WELDA®- ja WELDA® Strong -kiinnityslevyt. (Peikko, 2020).

Kuvassa 27 näkyy eri osakomponentit, mitä liittyy tähän liitostapaan. Teräslevyn pohjaan on hitsattu tartunnat millä teräslevy kiinnittyy betoniin. Teräslevyyn on hitsattu teräskokoonpano, jotka siirtävät kuormia teräksen ja betonirakenteen välillä.

Työmaahitsien tarkastukset

Työmaalla tehtäviin hitsauksiin tulee tehdä ainettarikomatonta tarkastusta eli NDT-tarkastusta. Tarkastuksen kohteet ja laajuudet määritetään standardeissa, suunnittelijan antamissa ohjeistuksissa tai tilaajan vaatimuksissa.

EN 1090 vaatimukset toteutusluokan mukaan

Kuten aiemmassa kappaleessa mainittiin, tarkastuksia tulee tehdä. Suomessa kantavia teräsrakenteita tarkastetaan muun muassa standardin SFS-EN 1090-2:2018 mukaan. Teräsrakenteita voidaan tarkastella myös erilaisten konedirektiivien mukaan, mutta tässä työssä tarkastellaan ainoastaan EN 1090 mukaan. Standardissa SFS-EN 1090-2:2018 mainitaan eri tarkastuslaajuudet toteutusluokan EXC (execution class) mukaan. Luokkien vaatimustasot ovat EXC 1-4. vaatimustaso 1 on heikoin ja 4 haastavin. Standardissa SFS-EN 1090-2:2018 mainitaan, että päätasot ovat 1-3 ja 4 toimii projektikohtaisena lisävaatimuksena EXC3 toteutusluokalle (SFS-EN 1090-2:2018, s. 24).

Teräsrakenteiden ainettarikomatonta tarkastusta suorittaessa, tulee tarkastajalla olla standardin määrittelemät pätevyydet voimassaolevana sille tarkastusmenetelmälle, mitä ollaan käyttämässä. Tarkastusmenetelmiä on erilaisia ja kaikki menetelmät eivät sovi kaikkiin tarkastettaviin kohteisiin. Rajaavia tekijöitä voi olla muun muassa, mitä materiaalia tarkastetaan, mikä on tarkastettavan kohteen aineenvahvuus ja minkälaisissa olosuhteissa tarkastusta tehdään. Esimerkkinä voidaanko käyttää radiografista tarkastusta kohteessa säteilyriskin takia. Kuvassa 28 on ote standardista SFS-EN 1090-2:2018.

12.4.2.6 Täydentävät NDT-menetelmät

Seuraavia NDT menetelmiä tulee käyttää noudattaen standardissa EN ISO 17635 esitettyjä yleisiä periaatteita ja kutakin menetelmää koskevia erityisvaatimuksia:

a) tunkeumanestetarkastus (PT) standardin EN ISO 3452-1 mukaan

b) magneettijauhetarkastus (MT) standardin EN ISO 17638mukaan

c) ultraäänitarkastus (UT) standardien EN ISO 17640 ja EN ISO 23279 tai EN ISO 13588 mukaan

d) radiografinen tarkastus (RT) standardin EN ISO 17636 mukaan.

NDT-menetelmien käyttöalueet esitetään niitä koskevissa standardeissa.

Kuva 28. Täydentävät NDT-menetelmät (SFS-EN 1090-2:2018, s. 85).

Kuvassa osoitetaan yleisimpien tarkastusmenetelmien nimet, lyhenteet ja niille määritetyt viittaukset standardiin, missä on erityisvaatimukset prosessikohtaisesti.

NDT-tarkastuksen määrät määritellään samassa standardissa. Tarkastuslaajuudet ovat vähimmäistarkastusmääriä ja niitä voidaan korottaa suunnittelijan, tilaajan tai jonkin muun syyn vuoksi. Kuvassa 29 on ote standardista SFS-EN 1090-2:2018 liittyen hitsien tarkastukseen.

Taulukko 24 Täydentävän rutiini-NTD-tarkastuksen laajuus

Hitsin tyyppi	Konepaja- ja työmaahitsit		
	EXC1	EXC2	EXC3 [a]
Poikittaiset päittäishitsit ja osittain läpihitsatut päittäishitsit:	0 % [b]	10 %	20 %
Poikittaiset päittäishitsit ja osittain läpihitsatut hitsit:			
— ristiliitoksissa	0 % [b]	10 %	20 %
— T-liitoksissa	0 %	5 %	10 %
Poikittaiset pienahitsit [c]:			
kun $a > 12$mm tai $t > 30$ mm	0 %	5 %	10 %
kun $a \leq 12$mm ja $t \leq 30$ mm	0 %	0 %	5 %
Täyden tunkeutuman pitkittäishitsit [d] nosturipalkkien uuman ja ylälaipan välillä	0 %	10 %	20 %
Muut pitkittäishitsit [d], jäykisteiden hitsit ja hitsit, joiden toteutuseritelmässä esitetään olevan puristettuja	0 %	0 %	5 %

[a] Toteutusluokassa EXC4 prosenttiosuuden tulee olla vähintään toteutusluokan EXC3 mukainen.

[b] 10 % hitseille, jotka on hitsattu teräkseen ≥ S420.

[c] Suureet a ja t viittaavat pienahitsin a-mittaan ja liitettävien aineiden enimmäispaksuuteen.

[d] Kokoonpanon akselin suuntaiset hitsit katsotaan pitkittäisiksi. Kaikki muut katsotaan poikittaishitseiksi.

Kuva 29. Täydentävän rutiini-NTD-tarkastuksen laajuus (SFS-EN 1090-2:2018, s. 84).

Kuvassa 29 osoitetaan taulukkona erilaiset hitsien tyypit/liitokset ja kuinka toteutusluokissa EXC1-EXC3 hitsityyppiin tarkastuslaajuutta. Tarkastuksen tulee olla dokumentoitua, jolloin

tarkastuksesta tehdään tarkastuspöytäkirja. Kuvassa 30 on esimerkki magneettijauhetarkastuksen tarkastuspöytäkirjan sisällöstä.

5.14 Testausseloste (EN)

Tarkastuspöytäkirja on laadittava.

Pöytäkirjassa olisi esitettävä vähintään seuraavat tiedot:

a) tarkastuksen suorittaneen yrityksen nimi
b) tarkastuskohde
c) tarkastuspäivämäärä
d) perusaine ja hitsiaine
e) hitsauksen jälkeinen lämpökäsittely
f) liitosmuoto
g) aineenpaksuus
h) hitsausprosessi(t)
i) tarkastuskohteen ja tarkastusaineen (käytettäessä suljettua kiertoa) lämpötila tarkastuksen aikana
j) tarkastusmenetelmä ja käytettyjen parametrien kirjaaminen mukaan lukien:
   — tarkastustekniikka
   — virtalaji
   — tarkastusaine
   — katseluolosuhteet
k) toimintakokeen yksityiskohdat ja tulokset, jos suoritettu
l) hyväksymisrajat
m) kaikkien kirjattavien näyttämien kuvaus ja sijainti
n) tarkastustulos hyväksymisrajaan nähden
o) tarkastajien nimet, asianmukaiset pätevyydet ja allekirjoitukset.

Kuva 30. Tarkastuspöytäkirjan sisältö (SFS-EN ISO 17638:2016, s. 15).

Mainitut asiat ovat, mitä tietoja pöytäkirjassa tulee vähintään olla. Pöytäkirjan ulkoasu poikkeaa jonkin verran riippuen yrityksistä, mutta yleisesti alalle on vakioitunut määrätyn lainen kaava, miten asiat on esitetty ja yleisesti tiedot ovat hyvin luettavissa eri asiakirjapohjista riippumatta.

Hitsattujen liitosten pintakäsittelyt työmaalla

EN 1090 vaatimukset koskettavat hitsauksen jälkeen myös pintakäsittelyä ja sitä, kuinka myös teräspinnat tulee esikäsitellä ennen pintakäsittelyä. Standardissa SFS-EN 1090-2:2018

esitetään vaatimus, mitä toista standardia noudattaen suoritetaan pintakäsittely. Pintakäsittelystä on mainittuna kolme eri korroosionestosuojaus metodia eli kuinka korroosionesto voidaan tehdä standardin vaatimusten puitteissa (SFS-EN 1090-2:2018, s. 74). Menetelmiä ovat:

- Maalin tai vastaavan tuotteen levitys esimerkiksi märkämaalaus Standardisarja EN ISO 12944 ja liite F
- Pinnoitteen ruiskuttaminen termisesti metallipinnoille EN ISO 12679, EN ISO 12670 ja liite F
- Kuumasinkittävät pinnat: EN ISO 1461, EN ISO 14713-1, EN ISO 14713-2 ja liite F.

Pintakäsittelyt voivat olla myös näiden menetelmien yhdistelmiä kuten kuumasinkitys ja märkämaalaus. Teräspintojen esikäsittelyä varten määritellään esikäsittelyaste, joka määräytyy korroosiosuojauksen odotetun käyttöiän mukaan ja mikä on teräsrakenteen rasitusluokka (SFS-EN 1090-2:2018, s. 75). Kuvassa 31 esitellään taulukko aiheeseen liittyen.

Taulukko 22 Esikäsittelyaste

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

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

Kuva 31. Esikäsittelyasteet (SFS-EN 1090-2:2018, s. 75).

Rasitusluokat määräytyvät siis ulkopuolisten rasitteiden mukaisesti esimerkiksi onko rasituksen tyyppi ankarat vesi/suola olosuhteet tai tehdasympäristö vai onko rasitus lievää esimerkiksi teräsrakenteen sijainti kaukana rajuista rasitteista maaseudulla. Lievin rasitustyyppi on C1 ja ankarimmat rasitukset ovat C5 – lm. Korroosiosuojauksen odotettu käyttöikä myös määrää mikä esikäsittelyaste tulee valita. Pinnoitteilla on tietty syövyttävyys, eli kuinka paljon pinnoitetta katoaa tietyssä rasituksessa vuodessa. Vaikka osa pintakäsittelyistä tehdäänkin työmaaoloissa, tulee myös työmaalla tehtyjen pintakäsittelyjen

vastata suunniteltua pintakäsittelyä. Tällä varmistetaan rakenteen toimivuus ja korroosiosuojauksen toiminta myös niiltä osin.

5.2 Mekaaniset kiinnitysratkaisut

Mekaaniset kiinnitysratkaisut ovat tapa tehdä kiinnityksiä ilman hitsausta. Seuraavassa esitellään erilaisia tapoja tehdä mekaanista kiinnittämistä. Menetelmät ovat aktiivisesti käytössä ja hyvin tavanomaisia rakennusteollisuudessa.

Perinteiset betonikiinnitykset

Kiila-ankkuri:

Kiila-ankkureilla voidaan tehdä teräskokoonpanojen kiinnitystä betoniin. Tämän ankkurin toiminta perustuu nimensä mukaisesti kiilaamiseen poratun reiän pintoja vasten ja aiheuttavat kitkaa. Ankkurissa olevat siivekkeet levittyvät poratun reiän pintoja vasten ja kitka pitää ankkurin paikallaan (Sormat 2020).

Kuva 32. Kiila-ankkuri (Sormat, 2020).

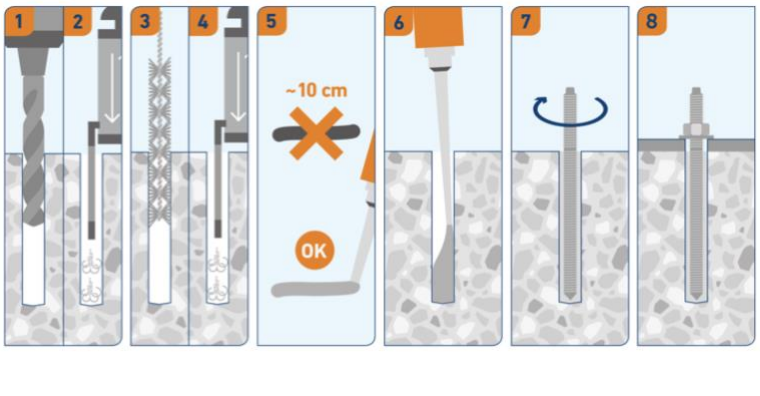
Kuvan kiila-ankkurissa on pinnoitteena kuumasinkki, mikä soveltuu ulkokäyttöön. Rakennuksen sisäpuolisiin kiinnityksiin käytetään yleisesti sähkösinkittyjä kiinnikkeitä.

Kemiallinen ankkurointi + kierretanko:

Teräskokoonpanoja kiinnitetään betonirakenteisiin käyttämällä kierretankoa, joka on kiinnitetty betoniin siihen suunniteltua ankkurointimassaa käyttäen. Teräskokoonpano voidaan kiinnittää tämän jälkeen kierretankoon mutterilla ja aluslevyllä. Kuvissa 33, 34 ja 35 on menetelmän komponentteja ja asennusohje vaihe vaiheelta.

Kuva 33. Kemiallinen ankkuri massa (Sormat, 2020).

Kuva 34. Kierretanko (Sormat, 2020).



ASENNUSOHJEET

1. Poraa tuotetietojen mukainen reikä.
2.-4. Puhdista reikä metalliharjalla ja ilmapumpulla.
5. Purista massaa vähintään 10 cm kunnes näet eriväristen komponenttien sekoittuneen täysin.
6. Umpinaisiin pohjamateriaaleihin asennettaessa täytä 2/3 reiästä massalla. Ontelorakenteissa käytä ontelovaippaa ja täytä se kokonaan massalla.
7. Kierrä vaarna tai muu kiinnike reikään.
8. Noudata annettuja työskentely- ja kuivumisaikoja. Aseta kiinnitettävä kappale paikalleen ja kiristä mutteri oikeaan momenttiin.

Kuva 35. Kemialliset ankkurit (Sormat, 2020).

Kuvassa 35 nähdään asennusmenetelmälle tyypillinen työjärjestys, miten menetelmän kiinnitys on suoritettu oikein. Kiinnitykseen tarvitaan seuraavia välineitä:

- Poravasara
- Reikäharja
- Puhalluspumppu
- Massanpuristin
- Kierretanko

Olennaista tälle kiinnitykselle on kuivumisaika ja reiän pohjustaminen massalle. Olosuhteet eroavat vuodenajan mukaan merkittävästi millä on vaikutuksia massan kuivumiseen ja myös oikean massan valintaan. Reiän pohjustus on edellytys, että käytettävä massa kiinnittyy oikein.

Perinteiset pulttiliitokset

Pultti + mutteri + aluslevy kokoonpano:
Teräsrakenteita kiinnitetään toisiinsa pulttiliitoksella. Pulttiliitos (kuva N) voi olla kuormaa siirtävä tai ei kuormaa siirtävä varusteluliitos. Pulttiliitos koostuu pultista, mutterista ja aluslevyistä. Aluslevyjä voi olla yksi tai kaksi kappaletta, riippuen miten suunnittelija on määrittänyt tarpeen. Yleensä aluslevyjä on kaksi kappaletta, sillä se samalla myös suojaa teräsrakenteen pintakäsittelyä, koska pultin kanta voi kiristysvaiheessa jyrsiä pinnoitetta pois, mistä korroosio myös alkaa nopeammin. Tietyiltä toimittajilta on saatavilla materiaalitodistukset. Tämä ei ole automaatio, että todistukset löytyvät ja kaikkialta hankittua materiaalia ei voida asettaa samalle viivalle, kun vaatimuksena on materiaalitodistukset.

Kuva 36. Pulttikokoonpano (Ferrometal, 2020).

Kuva 37. Pultteja teräskokoonpanossa (Ferrometal, 2020).

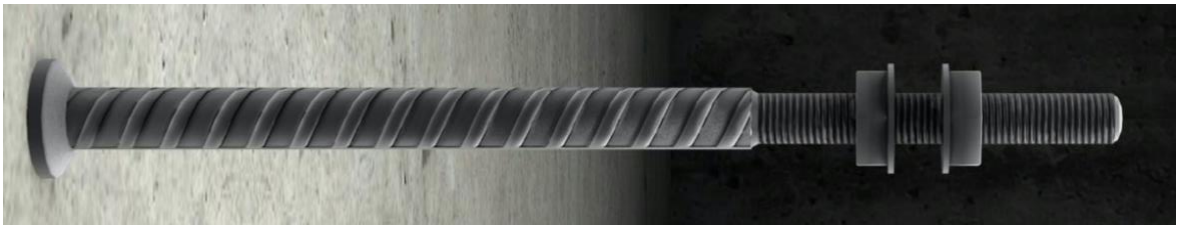
Kuvassa 37 on esimerkki teräsrakennekokoonpanosta, missä on pulttiliitoksella kiinnitetty osa. Pulttikokoonpano kiristetään yleisesti iskevällä mutteriväänтimellä eli kansankielellä pulttikoneella.

6 UUDET KIINNITYSMENETELMÄT

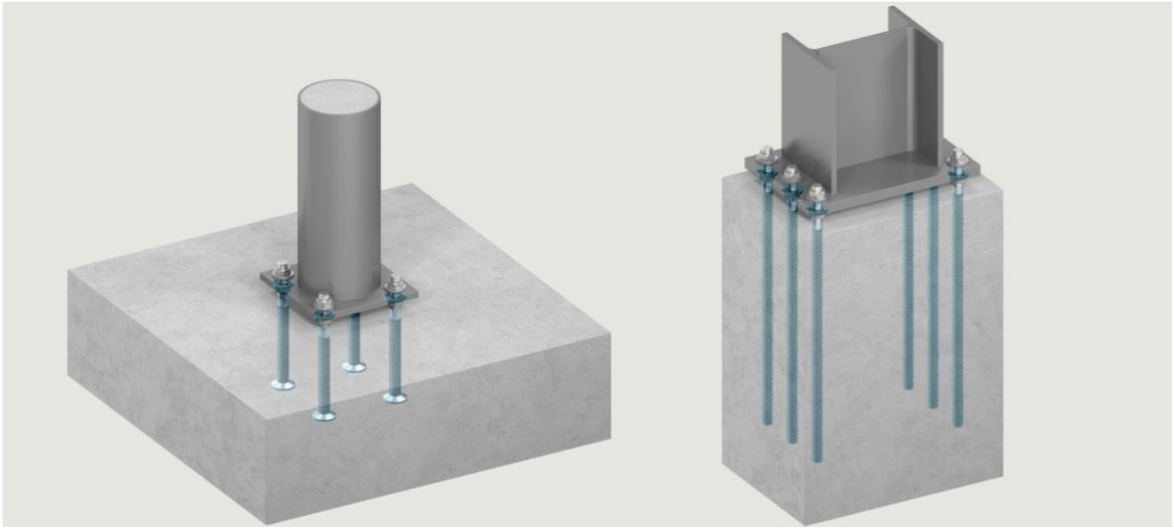
Seuraavassa käsitellään uusia ja lähes uusia kiinnitysmenetelmiä teräsrakenteiden valmistuksessa ja asennuksessa. Uusi menetelmä ei tarkoita täysin uutta menetelmää, vaan suurin osa ratkaisuista on ollut tarjolla pidemmänkin aikaa. Osaa ratkaisuista on kehitetty eteenpäin ja osa ei ole välttämättä löytänyt tietä suunnitteluun. Osa ratkaisuista voi olla enemmän ollut käytössä muualla maailmalla mutta Suomessa saattavat vielä olla ”uusi käsite” suunnittelussa ja toteutuksessa. Kappaleessa käsitellään myös, miten menetelmien kiinnityksessä käytettävissä vääntimissä voidaan hyödyntää sähköisiä ja digitaalisia ratkaisuja.

6.1 Peruspultit

Betonirakenteissa käytetään useasti niin sanottuna peruspultteja. Pultti on valmistettu harjateräksestä ja siihen on koneistettu kierteellinen osuus. Pultin alaosassa voi olla myös murtokartio. Kuvassa 38 on kuva pultista ja kuvassa 39 peruspultit ovat kokoonpanona havainnollistamassa kuinka niitä käytetään (Anstar 2020).



Kuva 38. Peruspultti (Anstar, 2020).



Kuva 39. Pulttiryhmä (Anstar, 2020).

Kuvasta 40 vasemmalla voidaan havaita, että pultit ovat yksittäiskappaleita ja kuvassa 40 oikealla on liitostyyppi, missä usealla pultilla on kiinnitetty teräskokoonpano betoniraudoitteisiin. Yksittäin asennettuna betonivaluun paikallaan pysyminen on lähes mahdotonta samalla varmistaen, että peruspultti on oikeassa paikassa ja suoruus on varmennettu. Tätä varten markkinoilla on olemassa pulttiryhmien asentamista varten apuvälineitä, kuten kuvan 40 Peikon PPL-asennussapluuna.

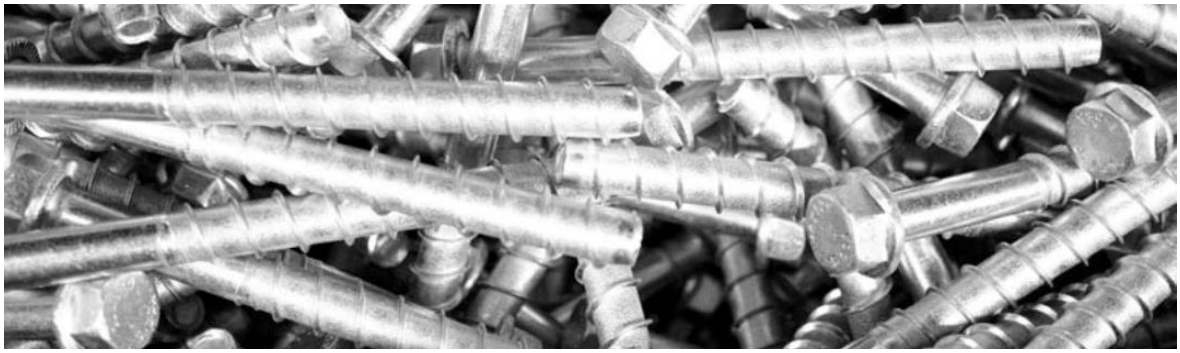
Kuva 40. Asennussapluuna (Peikko, 2020).

Asennussapluunalla on muitakin ominaisuuksia, kuten avonainen keskiosa, mistä voidaan valaa betonia, keskitysreiät tarkkaa keskittämistä varten, kiinnityspisteet nurkissa millä estetään pulttiryhmän liikkuminen valun aikana (Peikko 2020, s. 1). Asennussapluuna on valun valmistumisen jälkeen uudelleen käytettävissä, eikä joka kerta tarvitse hankkia uutta.

6.2 Betonikiinnitykset

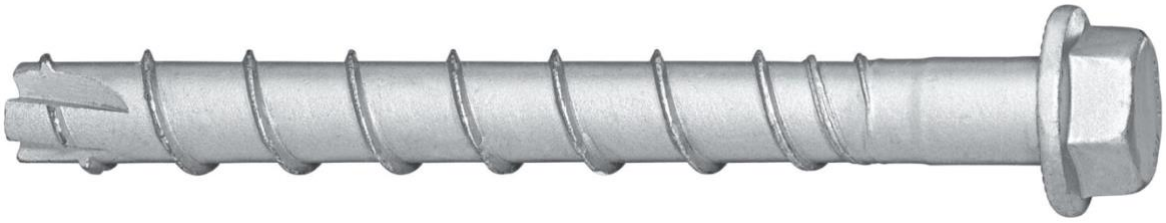
Betoniruuvit:

Betoniruuvi muistuttaa idealtaan normaalia ruuvia. Betoniruuvilla on monia hyviä ominaisuuksia, mikä tekee siitä omalaatuisen kiinnitystyypin. Betoniruuvit ovat saavuttaneet paremman hyväksynnän, kun niiden luotettavuus, ominaisuudet ja helppo asentaminen ovat parantuneet (ACI Structural Journal 2012, 109-S49, s559). Kuvassa 41 näkyy perinteisiä betoniruuveja.



Kuva 41. Betoniruuveja (Sormat, 2020).

Betoniruuville on ominaista pienemmät betonin reunaetäisyydet verrattaessa kiila-ankkuriin, jonka toiminta perustui kiilaosan puristumien reiän seinämää vasten ja aiheuttaen kitkaa puristuksen voimalla. Betoniruuvilla pitävyys saavutetaan, kun ruuvi tekee kierteen reikään (Sormat 2020.). Yleensä kun betoniruuvi kiinnitetään alustaan, sitä ei saa enää käyttää pois reiästä ja asentaa uudelleen. Tästä syystä esimerkiksi Hilti on tehnyt kehitystyötä ja kehittänyt betoniruuvin, mitä voidaan käyttää useamman kerran ja käyttää myös pois reiästä. Kuvassa 42 on esimerkki Hiltin betoniruuvista



Kuva 42. Betoniruuvi HUS3 (Hilti, 2020).

Kuvasta 42 voidaan havaita erilainen ruuvin kärkiosa. Ruuvin kärjessä on kierteittävä kärki, joka auttaa kierteen onnistumisessa. Tämänlaista ruuvia voidaan käyttää useassa liitoksessa, kunhan käytetään ruuville valmistettua tarkastusputkea (tulkkia) millä varmistetaan, että ruuvi on oikeassa mitassa. Kuvassa 43 on tarkastusputki.

Kuva 43. Tarkistusputki (Hilti, 2020).

Tarkistusputkella voidaan tarkastaa, onko betoniruuvi liian kulunut. Jos ruuvi on käyttökunnossa, se ei mahdu tarkistusputkeen. Kuvassa 44 nähdään erään markkinoilla olevan betoniruuvin ennen ja jälkeen kuvat.

Kuva 44. Kulumisvertaitu betoniruuvi (ACI Structural Journal, 109. 2012).

Vasemmalla kuvassa on uusi betoniruuvi ja oikealla käytetty ruuvi. Kuvasta nähdään kuinka ruuvin kierteet ovat kuluneet. Tähän Hilti on kehittänyt omille tuotteilleen tarkistusputken millä varmistetaan, onko heidän ruuvinsa käyttökelpoinen.

Kemialliset ankkurit HILTI HIT200 + erilaiset ankkuri sovellukset

Hilti on kehittänyt kemialliseen ankkurointiin injektointimassan joka tietyn ankkurin kanssa mahdollistaa kiinnitykset ilman esiporatun reiän harjausta ja puhtaaksi puhallusta. Yhdistelmä on käytettävissä, mikäli käytetään kuva 46 mukaista HIT-Z ankkuria. Kyseisellä HY-200 massalla voidaan myös injektoida kuvan 47 mukaisia ankkureita ja myös harjateräksiä, mutta silloin reiän puhdistus tulee tehdä aiemmin esitetyn kuvan 35 mukaan, eli reikä tulee myös harjata ja puhaltaa puhtaaksi ennen injektointia. HIT-HY 200 massalla on lisäksi hyvät kuivumisajat verrattaessa perinteiseen injektointimassaan. Massalla on myös hyvä käyttölämpötila-alue -40 - 120 °C (Hilti 2020).

Kuva 45. HIT-HY 200-A ankkurimassa (Hilti, 2020).

Kuva 46. HIT-Z-F ankkuritanko (Hilti, 2020).

Kuva 47. HAS-U 8.8 HDG ankkuritanko (Hilti, 2020).

Kemialliset ankkuroinnit HVU2 kapseli + ankkuri

Hilti on kehittänyt kemiallisen ankkurointi menetelmän, missä käytetään perinteisen ankkurointimassan sijasta pehmeää foliokapselia (Hilti 2020). Hilti mainitsee sivuillaan, että folio on luja ja kestävä verrattaessa lasikapseliin (Hilti 2020). Kuvassa 48 nähdään HVU 2 ratkaisu käytännössä.

Kuva 48. HVU 2 foliopatruuna kuva (Hilti, 2020).

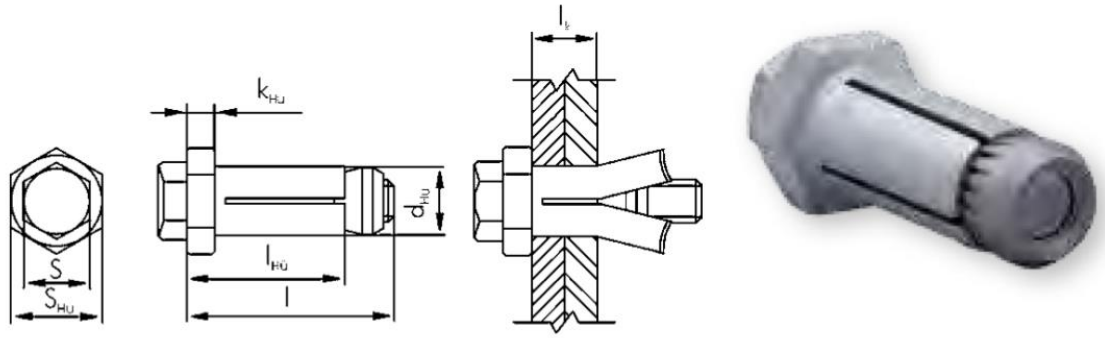
Kiinnityksessä foliopatruuna asetetaan esiporattuun reikään, jonka jälkeen reikään asetetaan kuvan N HAS-U ankkuritanko, missä on v-muotoon viistetty kärki. Viistetty kärki rikkoo folion. Tämän jälkeen folion sisältö reagoi ja jähmettyminen alkaa. Hilti mainitsee, että menetelmä on nopea ja kuormitettavissa lähes välittömästi. HVU 2 liimamassa kovettuu noin 5 minuutissa 20 °C lämpötilassa. Foliopatruunasta mainitaan myös sen puhtaus verrattuna liimamassa puristimella tehtävään massaukseen (Hilti 2020).

6.3 Yhdeltä puolelta tehtävät liitokset

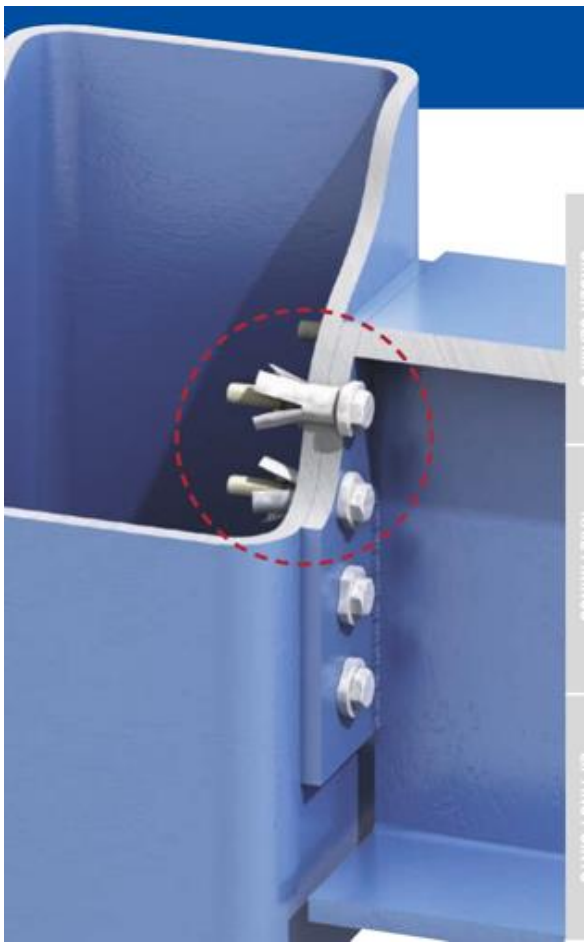
Kaikkia liitoksia ei voida tehdä niin, että pääsy olisi kiinnikkeen molemmille puolille, pääsy toiselle puolelle on estynyt tai yhdeltä puolelta tehtävälle liitokselle on jokin muu määrittävä tekijä. Tällöin liitokset voidaan tehdä niin sanotusti yhdeltä puolelta. Sovelluksen tyyppi määräytyy tilanteen mukaan. Seuraavassa on esitelty eri ratkaisuja kiinnityksen tekemiselle. Sovelluksen tarkempi käyttö katsotaan tapauskohtaisesti.

Profiiliputkikiinnike (kuva 49 ja kuva 50):

Tätä kiinniketyyppiä käytetään tehdessä kiinnityksiä profiiliputkiin tai kohteisiin, joissa pääsy on muuten estynyt. Tämän kiinnike toimintaperiaate on, että ruuvin etuosassa oleva kiila levittää ulkopuolisen hylsyn siivekkeitä Kuva 50. Kiristys tapahtuu pitämällä kiinni hylsystä ja samalla kierretään ruuviosaa, jolloin levittäminen tapahtuu. (Ferrometal 2020.)



Kuva 49. Box Bolt (Ferrometal, 2020).

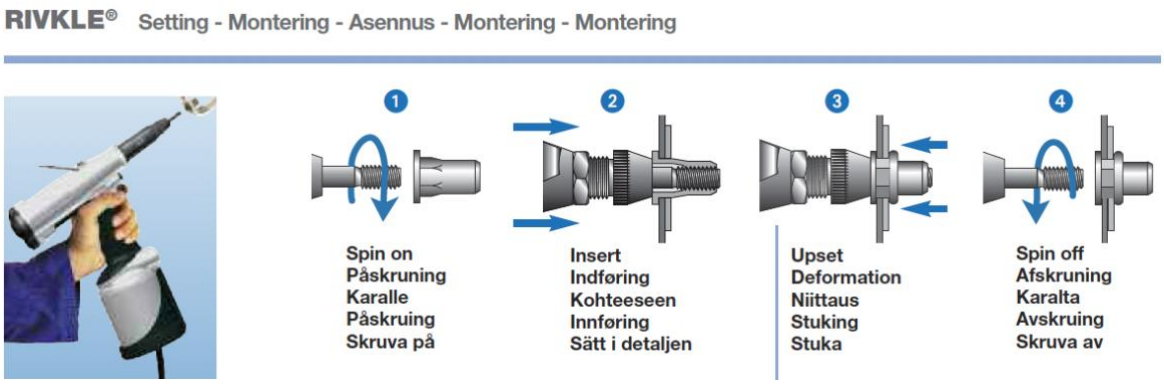


Kuva 50. Hollo-Bolt kokoonpano (Lindapter, 2020).

Suomen markkinoilla on ainakin kaksi valmistajaa, Lindapter ja Ferrometal. Tätä kiinnitystapaa on käytetty muun muassa kohteissa, missä halutaan välttää tulitöiden teko teollisuudessa. Kohteina ovat olleet muun muassa tehdas, missä asennustöitä on tehty käynninaikaisina ja tulityöt on minimoitava.

6.4 Kierreniittimutteri ratkaisut

Rivkle®- kierreniittimutteri sovelluksia on useita. Rivkle® on Böllhoffin tuote ja heidän valikoimastansa löytyy erilaisilla ominaisuuksilla varustettuja vaihtoehtoja. Kierreniittimutteri on myös yhdeltä puolelta tehtävä ratkaisu, missä niittiä vedetään kierteestä ja niitti tyssääntyy takapuolelta estäen poispääsyn. Kierreniittimutteri asetetaan esiporattuun reikään. Kiinnityksessä niittiin asetetaan sitä varten suunniteltu työkalu, jolla niittiä kiristetään ja niitti alkaa tyssääntyä/levittyä. Tämän jälkeen niitti on leveämpi takapuolelta kuin esiporattu reikä, eikä niitti pääse enää pois. Kuvassa 51 on niittausta varten suunniteltu ruuvain ja työn eri vaiheet.



Kuva 51. Rivkle asennuskuva (Böllhoff, 2020).

Kierreniittimutteria voidaan Böllhoffin mukaan käyttää esimerkiksi koneenrakentamisessa, autoteollisuudessa, työkoneissa ja tuulimyllyissä. Kierreniitille ilmoitetaan laaja asennuslämpötila -30 – +80 °C. (Böllhoff 2020)

6.5 Niittaus

Avdel on kehittänyt Avdelok® XT- (aiemmin tunnettu Infalok®) lukkopulttijärjestelmän, mikä mukailee niittauksen periaatteita. Avdel esittelee tuotteen korkean lujuuden ja turvallisen kiinnityksen tuotteena (Avdel 2020). Sille annetaan hyvä tärinän kestävyys. Sitä voidaan käyttää muun muassa paikoissa, missä hitsaus, pulttiliitokset tai kiinteät eivät ole

soveltuvia (Avdel 2020) Avdel mainitseekin, että niitä voidaan käyttää laajasti erilaisissa konepajasovelluksissa, rautateillä, rakennusalalla, kaivoksissa, silloissa ja nostureissa. Kuvasta N nähdään pulttikokoonpano. Kokoonpano koostuu pultista ja kaulusrenkaasta.

Kuva 52. Avdelok® XT kokoonpano (Avdel, 2020).

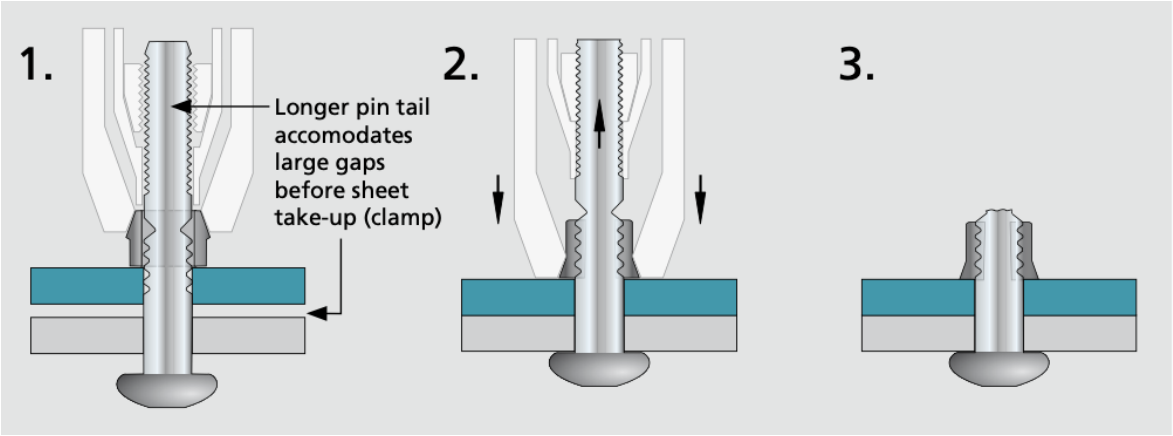
Kokoonpanon kiinnitykseen tarvitaan menetelmään kehitetty kaksiosainen työkaluyksikkö kuva 53. Yksikössä on vetoniittipistoolin kaltainen työkalu ja pumppuyksikkö, joka tuottaa energian pistoolille.

Kuva 53. Pumppuyksikkö (Avdel, 2020).

Kuvassa 54 näkyy työhön tarvittava vetoniittipistoolin kaltainen työkalu.

Kuva 54. Työkalu (Avdel, 2020).

Kuvassa 55 esitellään työvaiheet tälle kiinnitysmenetelmälle.



Kuva 55. Avdelok työvaiheet (Avdel, 2020).

Ensimmäisessä vaiheessa Avdelok -tappi sijoitetaan esiporattuun reikään tässä tapauksessa alakautta. Seuraavaksi liitoksen toiselle puolelle asetetaan kaulusrengas ja työkalu. Toisessa

vaiheessa työkalu vetää materiaalit yhteen ja samalla puristaa kaulusrenkaan tapissa olevia kierteitä vasten ja lopuksi työkalu irrottaa vetämistä varten suunnitellun tapin poikki. Kolmannessa vaiheessa näkyy valmis liitos. Kaulus on puristettu tapin kierrettä vasten ja täten estää liitoksen aukeamisen (Avdel 2020).

6.6 Digitaaliset ja sähköiset ratkaisut vääntimissä

Teräsrakenteisiin tehtävät liitoksissa tulee olla varmistettu, että ne ovat asianmukaisesti kiinnitetty ja ne ovat kiristetty oikeaan kiristyslujuuteen eli momenttiin. Muun muassa Hilti ja Hytorc ovat kehittäneet vääntimiä, mistä ruuvikokoonpanojen kiristyslujuudet ovat valvottavissa ja dokumentoitavissa.

HILTI tiedonkeruu moduuli

Kuvassa 56 nähdään Hiltin mutteriväänimeen kiinnitetty tiedonkeruu moduuli. Moduuli valvoo myös kiristysten momentin laatua.

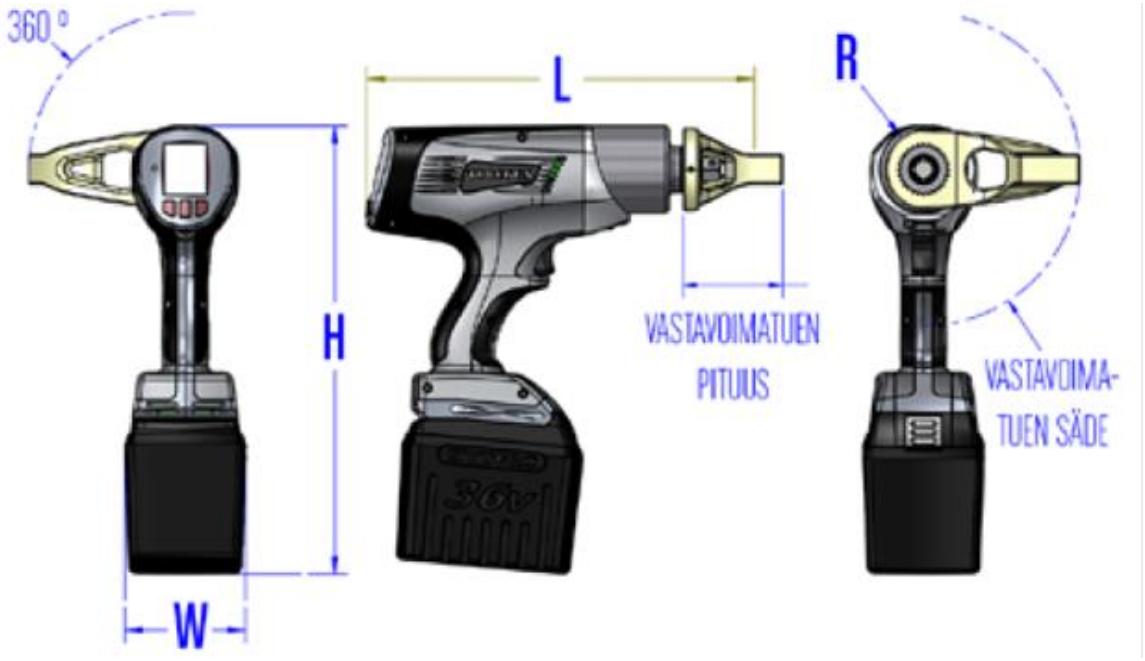
Kuva 56. Tiedonkeruu moduuli pulttikoneessa ja kytketty tietokoneeseen (Hilti, 2020).

Tällä moduulilla voidaan valvoa kiinnitysten tasalaatuisuus. Kyseinen yhdistelmä kykenee valvomaan kiinnitykset jopa M16 pulttikokoon saakka. Suuremmille pulttikokoonpanoille esitellään myöhemmin eri ratkaisu. Moduulin hienous on myös Hiltin omien tuotteiden

kiristysmomenttien löytyminen laitteesta. Lisäksi laitteessa on lukumahdollisuus, viivakoodinlukijalla Hiltin paketista voidaan lukea QR-koodi ja täten laite valitsee oikean kiristysmomentin kyseiselle tuotteelle. Tämä varmistaa esimerkiksi betoniruuvien ja kiila-ankkurien kohdalla ylikiristämisen. Laitteesta saadaan siirrettyä tietokoneelle kiinnityksien tietoja ja täten dokumentoitua tiedot (Hilti 2020).

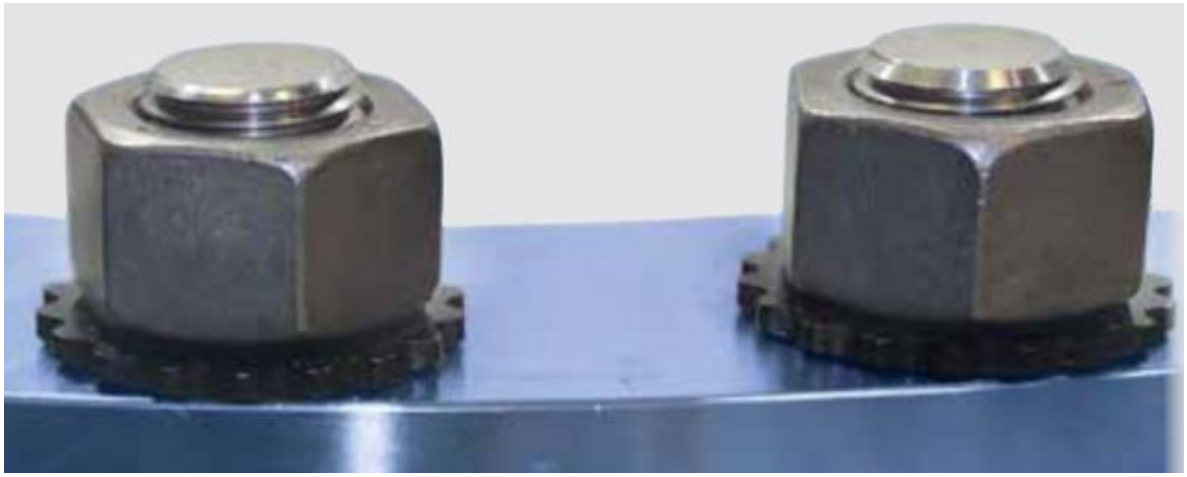
Hytorc momenttivääntimet

Hytorc on kehittänyt akkutoimisen momenttivääntimen millä voidaan kiinnittää momenttialueella 50-4000 Nm. Momenttiväännin on ohjelmoitavissa suoraan tietylle momentille. Laitteelle voidaan myös asettaa kiristysohjelma, missä voidaan esimerkiksi asettaa aluksi tietty kiristysmomentti ja sen jälkeen tietty kulma-arvo esimerkiksi 90 astetta. Yleisesti momenttivääntimissä tarvitaan vastavoimatuki, joka auttaa suurten kiristysmomenttien käsittelyssä. Hytorc on kehittänyt ratkaisun, jonka avulla voidaan kiinnittää myös ilman vastavoimatukea. Menetelmä perustuu Hytorc Washer -aluslevyyn, missä vastavoima otetaan suoraan aluslevystä. Sisempi hylsy kiristää mutterin ja ulompi vääntimen runkoon ja Washer -aluslevyyn (Hytorc 2020). Kuvissa 57-61 nähdään tämän menetelmän laite ja aluslevyratkaisu.



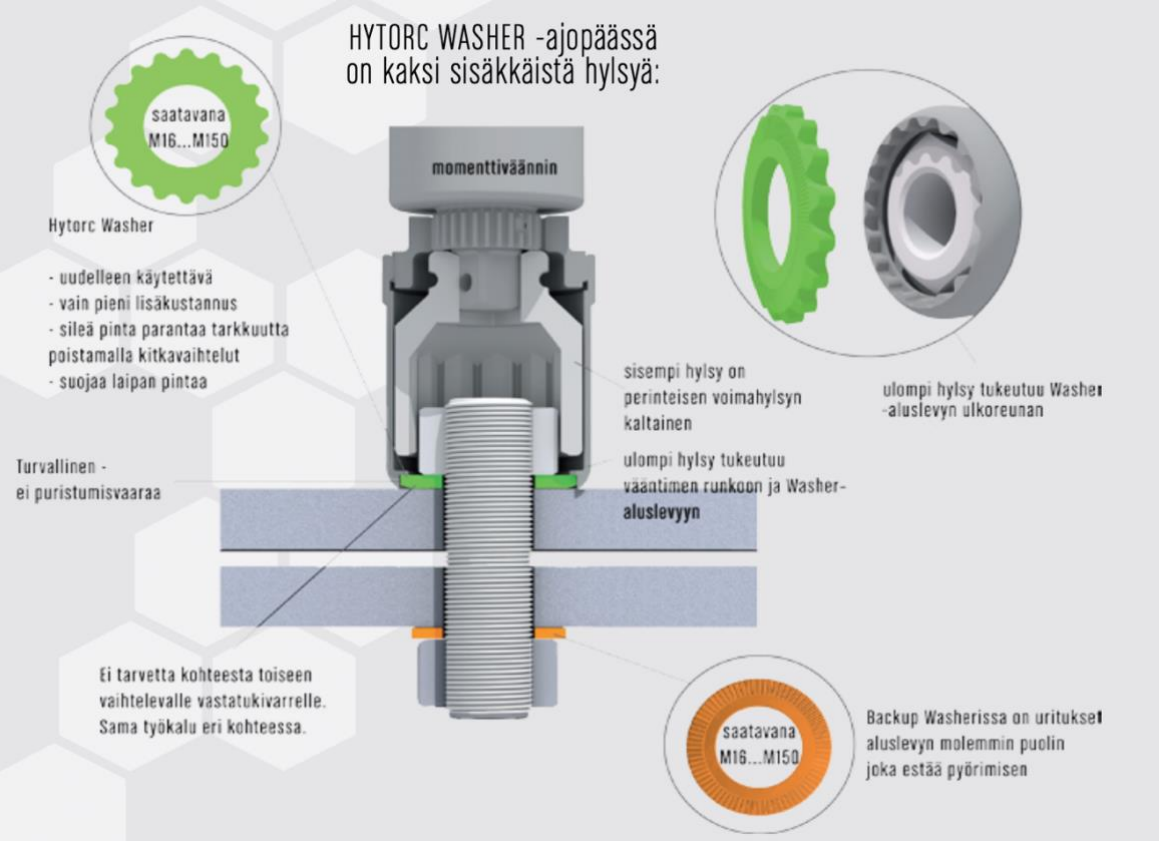
Kuva 57. Vääntimen kuvia (Hytorc, 2020).

Kuva 58. Väännin asennustyössä (Hytorc, 2020).



Kuva 59. Pultti ja Hytorc Washer aluslevy (Hytorc, 2020).

Kuva 60. Hytorc Washer aluslevy (Hytorc, 2020).



Kuva 61. Hytorc Washer läpileikkaus (Hytorc, 2020).

Kiristettävien ruuvikokoonpanojen koko voi vaihdella suuren momenttialueensa myötä suuresti. Esimerkiksi kuvassa 61 mainitaan Hytorc Washer -aluslevyn kanssa käyttöalueeksi M16-M150 (Hytorc 2020). Samoin kuin Hiltin tiedonkeruu moduulilla, tälläkin laitteella kiristykset voidaan dokumentoida myöhempää käyttöä varten ja myös varmentaa kiristysten tasalaatuisuus.

7 TULOKSET JA VERTAILUT

Kappaleessa vertaillaan ja tarkastellaan kiinnitysmenetelmiä, suunnittelumenetelmiä.

7.1 Kiinnitysmenetelmien vertailut

Tässä esitellään SWOT analyysit kappaleen 5 ja kappaleen 6 kiinnitysmenetelmistä. Analyysissä etsitään menetelmistä eroavuuksia seuraavasti:

S=Vahvuudet (Ratkaisun vahvuudet)
W=Heikkoudet (Ratkaisun heikkoudet)
O=Mahdollisuudet (Ratkaisun mahdollisuudet)
T=Uhat (Ratkaisulle ilmenevät uhkat)

Taulukko 1. SWOT -analyysi Menetelmä Betoniin kiinnitettävä kiinnityslevy

S=Vahvuudet • Alalla tunnettu menetelmä • Pidetään edullisena ratkaisuna • Nopea ratkaisu • Ei tarvitse mitoittaa pulttiryhmiä • Hieman enemmän toleranssia sijainnissa kuin pulttiryhmällä	W=Heikkoudet • Tapa edellyttää hitsausta betonivalun jälkeen • Liitoksen NDT-tarkastus hitsauksen jälkeen • Pintakäsittely hitsauksen jälkeen • Valun korkeus oltava kerrasta oikea • Käytetään vääriin sovelluksiin
O=Mahdollisuudet • Mitataan tarkemmin sijainti ja korkeusasema • Asennetaan kiinnityslevy tarkemmin betonivaluun suoraan	T=Uhat • Jää käyttöön ja estää uusien ratkaisujen korvautumisen • Sijainti ja korkoasema ongelmat jatkuvat

Taulukko 2. SWOT -analyysi Menetelmä Kemiallinen ankkurointi + kierretanko

S=Vahvuudet • Alalla tunnettu menetelmä • Ei tarvita hitsausta • Kierretanko edullisempaa kuin valmiit ankkurit • Kemikaalin määrä per reikä ei rajattu	W=Heikkoudet • Edulliset lähtötason kemialliset massat hitaita kuivumaan • Edellyttää tarkkaa esireiän valmistelua • Lujuusarvot matalampia • Katkaisukohtien korroosiosuojaus huomioitava • Edellyttää harjaus ja puhallus vaiheen. • Betonipöly • Kemikaalin käyttöosaaminen
O=Mahdollisuudet • Oikein käytettynä hyvä perus kiinnitysmenetelmä • Voidaan katkaista tangot isosta kierretanko akselista työmaalla	T=Uhat • Hinta voi jäädä ratkaisevaksi • Termi ”tai vastaava” voi hämätä valitsemaan vääriä tuotteita

Taulukko 3. SWOT -analyysi Menetelmä Perinteinen pulttiliitos

S=Vahvuudet • Yleisesti pulttien saatavuus markkinoilla hyvä • Saatavana eri materiaalina • Saatavana eri korroosiosuojauksella • Saatavana eri lujuusluokituksella • Materiaalitodistukset saatavissa eräkohtaisesti • Nopea kiinnitystapa	W=Heikkoudet • Edellyttää mittatarkkuutta rakenteissa • Levyjen rei'itys oltava tiedossa valmistuksessa • Reikätoleranssit huomioitava rakenteellisesti ja toteutuksellisesti • Materiaalitodistuksilla olevat hankittava tietyiltä toimijoilta • Materiaalitodistukset edelleen uusi käsite alalla • Kiristysmomentit tiedostettava kiinnityksessä
O=Mahdollisuudet • Vältetään hitsaaminen • Materiaalitodistuksilla parannetaan jäljitettävyyttä • Nopeutetaan asentamisen läpimenoa verrattaessa hitsaukseen	T=Uhat • Kaikkialta hankitut kiinnikkeet eivät ole verrattavissa keskenään • Kaikkiin kiinnikkeisiin ei saada materiaalitodistusta, jos hankitaan väärästä paikasta. • Toiset kilpailevat kiinnitystavat • Hitsausliitoksien pysyvyys • Liitoksien detaljisuunnittelun puute

Taulukko 4. SWOT -analyysi Menetelmä Peruspulttiliitos

S=Vahvuudet • Joustavuus korkeusaseman säädössä • Valmiita sapluunoita olemassa pulttiryhmälle	W=Heikkoudet • Tarkka pulttiryhmän sijainti • Sidottava hyvin kiinni betonivalun ajaksi
O=Mahdollisuudet • Ei tarvetta hitsaukselle • Nopeuttaa asennuksen läpimenoaikaa • Hitsauksen välttäminen	T=Uhat • Kuvitellaan kalliiksi ja ajatellaan hitsauksen olevan ”edullisempi ratkaisu”, kun perustuksen tekijä ei tee niin paljon työtä.

Taulukko 5. SWOT -analyysi Menetelmä Betoniin kiinnitettävä Kiila-ankkuri

S=Vahvuudet • Alalla hyvin tunnettu • Hyvin vakioitunut tapa • Ei kemikaaleja	W=Heikkoudet • Poistaminen reiästä ei mahdollinen • Virheellisessä kiinnityksessä ankkuri on katkaistava • Vaatii isommat reunaetäisyydet betonissa • Puristus jakautuu betoniin vain kiilaosalle
O=Mahdollisuudet • Helppo kiinnitysmenetelmä	T=Uhat • Uudet ratkaisut ajavat pois markkinoilta

Taulukko 6. SWOT -analyysi Menetelmä Betoniin kiinnitettävä betoniruuvi HUS-H

S=Vahvuudet • Nopea • Joustava • Helppo asentaa • Mekaaniset ominaisuudet nykyään hyvät • Edellyttää pienemmät betonin reunaetäisyydet • Ei kemikaaleja • Turvallisempi asennusvirheille • Soveltuu halkeilemattomaan, halkeilleeseen betoniin ja ontelolaattakiinnitykseen • Kiilautuu koko kierteen matkalta • Voi osittain ohittaa betoniteräksen rikkomatta kierrettä	W=Heikkoudet • Kiinnitykset vain pintoja vasten • Ei ilmarakoja • Joidenkin valmistajien ruuvi on kertakäyttöinen • Betonipöly • Betoniteräkset ei saa olla porauksen linjalla
O=Mahdollisuudet • Asennuksen läpimenoaika nopeutuu • Jonkin valmistajan tuotetta voidaan käyttää useamman kerran	T=Uhat • Opitut vanhat tavat estävät uuden käytön • Muutoshaluttomuus • Kiila-ankkurin käytön jatkuminen • Suunnittelun tietämys ratkaisusta

Taulukko 7. SWOT -analyysi Menetelmä Kemiallinen ankkuri HILTI HIT-HY200 + HIT Z ankkuri

S=Vahvuudet • Perusmenetelmä sama • Nopea kuivumisaika • Kiinnityksen onnistuminen erittäin hyvä • Ei tarvita harjaus ja puhallus vaihetta • Hyväksyntä myös tärinäkuormituksissa • Kemikaalin määrä per reikä ei rajattu • Voimien välittyminen sitomalla, muotoon perustuen ja kiilautuen • Korkeat lujuudelliset kapasiteetit milloin voidaan mahdollisesti käyttää pienempää ankkuria tai poraussyvyyttä	W=Heikkoudet • Tietämättömyys ratkaisusta • Kalliimpi hankintahinta per kiinnityspiste • Betonipöly • Kemikaalin käyttöosaaminen
O=Mahdollisuudet • Nopeuttaa ankkuroinnin läpimenoaikaa • Nostokalustoa ja henkilönostokalustoa tarvitaan vähemmän aikaa • Säästää asennuksen kustannuksia	T=Uhat • Vanhat ratkaisut menevät uuden edelle, jos mittarina on vain hankintahinta • Väärät motiivit kiinnityksen valinnassa voivat aiheuttaa suuremmat kustannukset asennukselle • Eivät useinkaan suunnittelijoiden tiedossa • Termi ”tai vastaava” voi hämätä valitsemaan vääriä tuotteita

Taulukko 8. SWOT -analyysi Menetelmä Kemiallinen ankkuri HILTI HIT-HY200 + HAS-U ankkuri

S=Vahvuudet • Perusmenetelmä sama • Nopea kuivumisaika • Kemikaalin määrä per reikä ei rajattu	W=Heikkoudet • Kemikaalin käyttöosaaminen • Kalliimpi hankintahinta per kiinnityspiste • Edellyttää harjaus ja puhallus vaiheen. • Betonipöly • Kemikaalin käyttöosaaminen • Kiinnityksen onnistuminen ei niin varma kuin HIT-Z ankkurilla • Tietämättömyys ratkaisusta • Voimien välittyminen vain sitomalla ja muotoon perustuen
O=Mahdollisuudet • Massan hinnasta huolimatta läpimenoaika nopeampi • Samalla tuotteella saisi harmonisoitua tuotevalikoiman • Nostokalustoa ja henkilönostokalustoa tarvitaan vähemmän aikaa • Säästää asennuksen kustannuksia	T=Uhat • Epäilykset uutta kohtaan estävät käytön • Hinta pidetään liian usein ratkaisevana tekijänä • Eivät useinkaan suunnittelijoiden tiedossa • Termi ”tai vastaava” voi hämätä valitsemaan vääriä tuotteita

Taulukko 9. SWOT -analyysi Menetelmä Kemiallinen ankkuri HILTI HVU 2 + HAS-U ankkuri

S=Vahvuudet • Kuivumisaika erittäin nopea • Kuivumisaika nopeampi kuin HIT HY-200 • Ei tarvita massan annosteluun omia laitteita • Helppo menetelmä • Korkeat lujuudelliset kapasiteetit milloin voidaan mahdollisesti käyttää pienempää ankkuria tai poraussyvyyttä	W=Heikkoudet • Betonipöly • Kemikaalin käyttöosaaminen • Reiän poraus syvyys tarkka • Kemikaalin määrä rajattu • Tietämättömyys ratkaisusta
O=Mahdollisuudet • Supistaa työkonekantaa • Massan hinnasta huolimatta läpimenoaika nopeampi • Samalla tuotteella saisi harmonisoitua tuotevalikoiman • Nostokalustoa ja henkilönostokalustoa tarvitaan vähemmän aikaa • Säästää asennuksen kustannuksia	T=Uhat • Termi ”tai vastaava” voi hämätä valitsemaan vääriä tuotteita • Eivät useinkaan suunnittelijoiden tiedossa • Vanhat opitut tavat uusien esteenä

Taulukko 10. SWOT -analyysi Menetelmä Profiiliputkikiinnike

S=Vahvuudet • Ei hitsausta • Asennukset myös seisokkien ulkopuolella • Valikoimassa eri korroosiosuojauksella olevia kiinnikkeitä • Löytyy eri kantatyypillä olevia kiinnikkeitä	W=Heikkoudet • Hidas asennustapa • Reikien mittatarkkuus tärkeää • Kiinnikkeen hinta kallis • Kertakäyttöinen • Rakenteen irrotus vaikeaa
O=Mahdollisuudet • Mahdollistaa käynninaikaisen asentamisen kohteissa, missä kipinät ovat ongelmallisia • Työturvallinen tapa	T=Uhat • Ei nähdä menetelmän turvallisuus ja työn jaksotuksen mahdollisuutta • Kiinnitystä varten tehdyn reiän korroosionkestosta ei tiedossa tietoa

Taulukko 11. SWOT -analyysi Menetelmä Kierreniittimutteriratkaisut

S=Vahvuudet • Ei tarvetta hitsaukselle • Paljon erilaisia niitti vaihtoehtoja • Suhteellisen nopea menetelmä • Valmis kierre • Sandwich paneelin kiinnitystä varten sisäkierrehylsy voidaan asentaa vielä työmaalla, edellyttää ennen mahdollista betonivalua	W=Heikkoudet • Vain pienet kiinnitykset • Niittien maksimikoko M14 • Vain ohuet materiaalit PL <8mm
O=Mahdollisuudet • Uudenlainen ratkaisu ohuiden materiaalin kiinnitykseen teräsrakenteissa • Kevyiden ripustuksien kiinnitys RHS putkeen tai kantavaan profiilipeltiin • Sandwich paneelin kiinnitys teräspilariin, nykyisiä tehdään hitsaamalla pilarin keskelle sisäkierrehylsy konepajalla	T=Uhat • Teräsrakenteissa ei tavoita hyötyä • Investoinnin Break-Even voi olla tavoittamattomissa liian vähäisellä kapasiteetilla • Naulaimella ammuttavat suorakiinnitys kiinnikkeet • Hilti kierretanko tapit

Taulukko 12. SWOT -analyysi Menetelmä Niittaus Avdelok® XT

S=Vahvuudet • Pitävä liitos koko elinkaarensa ajan, ei löystymistä • Laite jaksaa kiristää liitoksen pinnat yhteen tiettyyn voimaan saakka • Soveltuu esimerkiksi siltoihin ja teräsrakenteisen voimalinjan sähköpylvään kiinnityksiin	W=Heikkoudet • Laitteisto raskas ja vaikea siirtää työmaaolosuhteissa • Liitos ei uudelleen avattavissa
O=Mahdollisuudet • Hyvä ratkaisu tärinälle alttiissa rakenteissa, missä halutaan varmentaa liitoksen pysyvyys	T=Uhat • Teräsrakenteissa ei tavoita asemaansa uutena korvaavana menetelmänä • Investoinnin Break-Even voi olla tavoittamattomissa liian vähäisellä kapasiteetilla

Taulukko 13. SWOT -analyysi Menetelmä Hytorc Washer pulttiliitos

S=Vahvuudet • Vastavoiman otto suoraan aluslevystä, ei lipeämisvaaraa • Turvallinen menetelmä • Laaja käyttöalue M16-M150 • Aluslevyt uudelle käytettäviä •	W=Heikkoudet • Laitteisto kallis • Ei sovellu <M16 kiinnityksille • Korroosionkestosta ei tietoa
O=Mahdollisuudet • Voidaan käyttää yhdeltä puolelta kiristettävänä menetelmänä • Samalla laitteella voidaan kiristää koko rakennuksen kiinnike repertuaari M16 ylöspäin dokumentoidusti	T=Uhat • Voi jäädä liian erikoiseksi menetelmäksi teräsrakenteille • Liian arvokkaana laitteena voi olla vaikeus saada investointilupaa

Työvaiheiden vertailut

Taulukko 14. Työvaiheiden vertailut

Tuote \ Työvaihe	Mitoitus	Poraus	Katkaisu	Lyönti porattuun reikään	Niittaus	Kiinnitys	Hitsaus	NDT -Tarkastus	Pintakäsittely	Puhallus+Harjaus+Puhallus	Massan annostelu	Ankkurin kiertäminen reikään	Jälkikiristys	X	Tyhjiä	-
Betoniin kiinnitettävä kiinnityslevy	X					X	X	X	X					Kyllä	Ei	Kuuluu vaiheeseen
Kemiallinen ankkurointi + kierretanko	X	X	X			X				X	X	X	X			
Perinteinen pultiliitos						X										
Peruspultiliitos	X					X										
Betoniin kiinnitettävä Kiila-ankkuri	X	X		X		X										
Betoniin kiinnitettävä betoniruuvi	X	X				X										
HILTI HIT-HY200 + HIT Z ankkuri	X	X									X	X	X			
HILTI HIT-HY200 + HAS-U ankkuri	X	X								X	X	X	X			
HILTI HVU 2 + HAS-U ankkuri	X	X									X	X	X			
Profiilipulkkiinnike	X	X		X		X										
Kierreniittimutteriratkaisut	X	X				X										
Niittaus Avdelok® XT	X	X			X											
Hytorc Washer pultiliitos	X					X										

Aikavertailut

Taulukko 15. Työvaiheiden aikavertailut

Vertailussa kiinnitykset tehdään ruuvi ja ankkuriliitoksessa M16 kiinnityksenä ja lämpötila +12 °C
Tartuntalevyyn asennus tehdään lämpötilassa lämpötila +12 °C, Materiaalina RHS putki 150x150x5, a-mitta 6mm, Hitsausprosessi pulkkohitsaus 111, pulkko seostamatommalle rakenneteräkselle d 3,2mm
Ajat ilmoitetaan minuutteina

Tuote \ Työvaihen kesto min	Mitoitus/Mittojen tarkastus/ Korkojen tarkastus	Poraus	Katkaisu	Lyönti porattuun reikään	Niittaus	Kiinnitys	Hitsaus	NDT -Tarkastus	Pintakäsittely	Puhallus+Harjaus+Puhallus	Massan annostelu	Ankkurin kiertäminen reikään	Jälkikiristys	Kuivumisaika/Jäähtymisaika yht.	Työhön tarvittavat työpäivät	Aika yht.	Kiinnityksen epäonnistumisen riski 1-5	1 Vähäinen 3 Kohtalainen 5 Suuri		
Betoniin kiinnitettävä kiinnityslevyyn hitsaus	5					5	15	15	30					60	2	130,00	2	X	Kyllä	
Kemiallinen ankkurointi + kierretanko	5	1	1							3	1	1	1	90	2	103,00	5	Tyhjä	Ei	
Perinteinen pultiliitos						2									1	2,00	2	-	Kuuluu vaihteeseen	
Peruspultiliitos	5					2									1	7,00	3			
Betoniin kiinnitettävä Kiila-ankkuri	5	1		1		2									1	9,00	2			
Betoniin kiinnitettävä betoniruuvi	5	1				2									1	8,00	1			
HILTI HIT-HY200 + HIT Z ankkuri	5	1									1	1	1	45	1	55,00	2			
HILTI HIT-HY200 + HAS-U ankkuri	5	1								3	1	1	1	45	1	58,00	4			
HILTI HVU 2 + HAS-U ankkuri	5	1								3		1	1	10	1	22,00	2			
Profiilinputkiliimnike	5	5		1		2									1	13,00	2			
Kierreniitinmuuterratkaisut	5	1				3									1	9,00	3			
Niittaus Avdelok® XT	5	1			2										1	8,00	2			
Hytorc Washer pultiliitos	5					3									1	8,00	2			

7.2 Suunnittelumenetelmien vertailut

Suunnittelun SWOT analyysit

Taulukko 16. SWOT -analyysi 2D-Suunnittelu

S=Vahvuudet • Nopea pienissä suunnittelutöissä, etenkin korjaussuunnittelu-hankkeissa • Piirustukset voivat olla ”kerrasta valmiina, jos työ yksinkertainen”	W=Heikkoudet • Ei saatavissa materiaalimääriä, tilavuuksia ja painoja • Virheen mahdollisuus materiaalilaskennassa • Kuvannot piirrettävä itse ja omassa mielessä simuloitava • Ristikoiden suunnittelu vaikeaa/hidasta • Kaikki päivitykset tehdään käsin • Päivityksien tekeminen hidasta • ”viiva viivasta” piirto riski suuremmassa kokonaisuudessa
O=Mahdollisuudet • Nopeasti suunnittelua vaativissa korjaussuunnitelmissa, kun piirtäminen määrä on kohtuullinen	T=Uhat • 3D suunnittelun automatisaatio • Osaajien vähentyminen • Jää luonnostason suunnitteluksi

Taulukko 17. SWOT -analyysi 3D Suunnittelu

S=Vahvuudet • Tarkat materiaalimäärät, tilavuudet ja painot • Kuvannot ovat valmiina automaattisesti • Päivitykset automaattisia • Ristikkorakenteille valmiina automaattisia makroja millä voidaan automatisoida ristikon suunnittelu	W=Heikkoudet • Vaatii paljon kouluttamista • Ohjelma yhtä hyvä kuin ohjelman tekijä • Ohjelman hinnaltaan moninkertainen verrattuna 2D ohjelmistoihin. • Laskutettavaa työtä vaaditaan paljon vuoden aikana, että kaikki kustannukset on kuitattu • Pienet työt voivat olla hitaita toteuttaa toistaiseksi
O=Mahdollisuudet • Suunnittelun prosessien automatisointi • Suunniteltava kokonaisuus katsottavissa suunnittelun aikana • Suunnittelu- ja mitoitustyön yhdistyminen yhdellä ohjelmistolla tehtäväksi • Virtuaalitodellisuuden hyödyntäminen • Massojen määrää tarkkailevia lisäosat	T=Uhat • Suunnittelun hinta • Uhka mikäli vain vähän ohjelmiston tekijöitä markkinoilla • Automatisointi heikentää suunnittelijan käsitystä, mitä tehdään ja miksi • Mittasuhteet voivat kadota • Käytännön seikkojen ymmärrys kadota

Ominaisuuksien ja tuotettavan dokumentaation vertailut

Taulukko 18. 2D- ja 3D suunnittelun ja ominaisuuksien vertailu

Menetelmä / Tehtävä/Ominaisuus	2D-Suunnittelu		3D-Suunnittelu									Tekotapa	
	X1	-	X1	X2	A	K/A	A	A	A	A	A	A	Automaattinen
Lähtötiedot	X1		X1										Käsin
Pistepilven hyödyntäminen mallissa	-		X2										
Sketsaus/Hahmottelu/ Profiilien sijoittelu	K		A									K	
Laskennallinen tarkastelu /Mitoitus	K		K/A										
Muutoksien teko laskennan jälkeen (Profiilien vaihto)	K		A										
Detaljisuunnittelu/Osien/ Liitosten suunnittelu	K		A										
Dokumentaation valmistaminen	K		A										
Kuvantojen teko tuotantokuville Osakuvat, Kokoonpanokuvat, Asennuskuvat	K		A										
Materiaalimäärät	K		A										
Luettelot	K		A										
Katselumalli IFC	-		A										

X1 Lähtötiedot kerätään samalla tavalla

Ohjelmasta riippuen pistepilveä voidaan käyttää suoraan tietomallissa. Vanhemmissa ohjelmissa pistepilveä käytetään erillisessä ohjelmassa.

X2

8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Kiinnitykset

Kiinnityksissä nähdään, että työajat voivat olla lähes samat, mutta toisen tavan onnistuminen varmempi. Tällöin kiinnityksen epäonnistumisen kriittisyys on tärkeämpi, kuin verrata vain työaikaa. Hintaerot betonikiinnityksissä ovat kohtuullisen pieniä toistensa kesken. Kiinnityksien välisellä hintaerolla ei korvata menetettyä työaikaa, nostokaluston kustannuksia, henkilönostimien kustannuksia, viivästynyttä asennusta ja ylimääräistä järjestelyä. Uusissa betonikiinnityksissä on myös etunsa, jos ratkaisu auttaa pienentämään ankkurin vahvuutta tai poraussyvyyttä. Kaikille vanhoille sovelluksille on oma paikkansa ja oikeassa paikassa oikein tehtynä hyviäkin, mutta myös uusien ratkaisujen mahdollisuudet on tiedostettava. Tässä voidaankin harkita, halutaanko tehdä kerralla kunnolla vai aluksi vanhalla tutulla tavalla ja sitten korjata kalliilla muutoksia.

Kiinnitysratkaisuista on saatavilla paljon tietoa verkkosivuilta, lisäksi valmistajien kenttäorganisaatiot ovat kasvaneet ja varmasti mielellään jalkautuvat esittelemään uusia ratkaisuja. Tehokkain tapa on kuitenkin tuoda ne suunnittelijoiden käytössä oleviin työkaluihin, eli niihin ohjelmistoihin, mitä suunnittelijat käyttävät joka päivä. Niin vanhoilla kuin uusillakin ratkaisuilla saadaan aikaan hyviä tuloksia, mutta jokaisella tavalla työ tulisi tehdä aina asianmukaisesti ja huolellisesti. Esimerkiksi betonivaluun asetettavat hitsattavat levyt ovat hyviä, jos sen korkeus ja sijainti ovat oikeassa paikassa. Lisäksi, ettei hitsausta tarvitse tehdä tasopinnan alapuolelle tai asentaa esimerkiksi pilaria vinoon asennettuun kiinnityslevyyn.

Hitsauksella tehdyt liitokset vaativat usein NDT-tarkastuksen ja aina pintakäsittelyn työn jälkeen. Tällöin saman liitoksen kohdalle tulee useita työkertoja ja työn aloituksia. Mikäli NDT-tarkastuksessa havaitaan korjattavaa, korjaustyöhön vaadittava työresurssi nostokalustoineen on lisäkustannus. Nostokalusto joutuu pahimmassa tapauksessa odottamaan korjauksen ajan. Useasti on ongelma, jos nostokalusto luovutetaan pois työmaalta, ei ole varmuutta, milloin nostokalusto saadaan takaisin. Tämä on huomioitava erityisesti, jos kaluston käyttöaste on siinä tilanteessa korkea paikkakunnalla. Suomessa on myös eri sääolosuhteita, jotka hankaloittavat pintakäsittelyn suoritusta ja myös hitsauksia. Kylmä ilma, kosteus, vesisateet, lumisade, kaikilla näillä on negatiivisia vaikutuksia ja

voivat hankaloittaa työn edistymistä. Mikäli hitsaustyöt olisi tehty konepajalla ja liitokset pulttiliitoksia, ei näitä ongelmia tarvitse huomioida samalla tavalla.

Osa esitellyistä kiinnikeratkaisuista ovat rakenneteollisuuteen täysin uusia. Tällöin uuden ratkaisun eteenpäin vienti käytäntöön voi viedä paljon aikaa. On myös ongelma, mikäli urakoitsija esittää uusia ratkaisuja, on urakoitsijan esitettävä kaikki tarvittava tieto kuten laskelmat ja perustelut ratkaisun vaihtamiselle. Kustannuksien myöskään ei haluta kasvavan, eli kustannussäästö voi kohdistua urakoitsijan oman urakan katteen parantamiseen. Tilaajat harvoin ovat valmiita maksamaan lisähintaa. On myös huomioitavaa kiinnityksen tapa asennuspaikkakohtaisesti. Tämä tulee esille esimerkiksi betonikiinnityksissä, jos pölyä ei haluta esiintyvän tai hitsaukselle ei ole mahdollisuuksia paloturvallisuuden tai hitsauksesta johtuvien pöly, melu ja kipinä esiintymien vuoksi.

Suunnittelu

Vaikka 3D suunnittelulla on paljon hyviä puolia, on edelleen 2D suunnittelulle oma paikkansa. Korjaussuunnittelussa käytetään edelleen 2D suunnittelua tai kohteissa, missä tarvitaan nopeaa suunnittelua. Pieniä suunnitelmia saadaan 2D suunnittelulla nopeammin valmiiksi. Tämä tarkoittaa, että samalla kun pientä suunnitelmaa tehdään, syntyy samalla dokumentaatiota nopeammin ”kerrasta valmiiksi”. 3D suunnittelulla on uudisrakentamisessa paremmat hyödyt, kun materiaalien määrät, luettelot ja tuotantosuunnitelmat saadaan automatisoidusti.

Kaikki toiminnot ovat yhtä hyviä, kuin sen heikoin lenkki, eli jos suunnittelijalta puuttuu käytännön ymmärrys tekemisestä, mittasuhteet voivat kadota tai automaatio voi kadottaa käsityksen, mitä tehdään ja miksi. Tätä ei ohjelmistot voi pelastaa. Uusi sukupolvi osaa käyttää ohjelmistoja peruskäytöllisesti hyvin. Suunnitteluohjelmien käyttö vaatii koulutusta, 2D vähemmän ja 3D ohjelmat huomattavasti enemmän koska toimintoja on käytettävissä huomattavasti enemmän. 3D ohjelmaa käyttävien suunnittelijoiden mukaan käyttävät enemmissä määrin 3D suunnittelua myös pienempiinkin kohteisiin. Korjauskohteista tulee saada hyvät lähtötiedot, että voidaan suunnitella tosimitoin. Uudiskohteissa tämä on helpompaa. 2D ohjelmilla muutokset voidaan tehdä yksittäiseen piirustukseen mikä on myös riski, että ristiriita syntyy toiseen paikkaan. 3D ohjelmistolla muutos tehdään tietomalliin ja muutosvaikutus siirtyy kaikkiin tietoihin. Muutos on myös myöhempää käyttöä varten

tiedossa, eikä tätä kautta tehdä virhettä. Konepajan näkökulmasta 3D suunnittelun edut ovat erityisen hyvät. Tietoa on saatavilla paljon alkuvaiheesta saakka ja myös rakenteita voidaan alusta alkaen tutkia paremmin tietomallista, verraten 2D suunnitteluun, missä piirustuksen lukijan tulee hallita moniulotteinen ajattelu ja luoda näkyvät omassa päässään. Teknisten piirustusten lukutaito on tärkeää, sillä työpiirustukset ovat 2D mallisia. Tässä 2D piirtäminen on olennainen tapa, eikä pelkkää 3D tekijää ole olemassa. Lisäksi on olennaista hallita työpiirustusten teko ja mitoittaminen eri tekijöille. Tässä tulee myös esille SWOT - analyysissä mainittava käytännön osaamisen merkitys, mitä tehdään ja miksi. Harmillista on myös, että käytännön näkeminen kohteessa on vähentynyt. Samoin itse kohteessa käyminen on vähentynyt yleisesti. Tällä monesti suunnittelija ymmärtäisi, mitä on tekemässä, kun näkee työkohteensa paikan päällä. Lähtötietoja saadaan usealla tavalla, kuten arkistokuvilla, itse mittaamalla, takymetrimittauksella tai laserkeilatulla pistepilvellä. On myös suunnittelijan ammattitaitoa osata tulkita mittauksia tai osata vaatia tiettyjä mittapisteitä, että pääsee aloittamaan työnsä oikein.

Suunnitteluiden hintaero on myös merkittävä tekijä vielä. Vaikka rakennesuunnitelmat tehtäisiin ”edullisesti” ja konepajapiirustuksien teko sisällytetään konepajaurakkaan, ei urakoitsija niitä ilmaiseksi tee. Lisäksi urakoitsija pidättää oikeuden omiin piirustuksiin eivätkä nämä jää tilaajan haltuun eli suunnittelusta on maksettu, mutta aineisto ei saatavilla. Molemmat suunnitteluhaarojen kautta voi tulla virheitä, mutta muutoksien hallinnan varmentamiseksi tietomalliin tehdyt muutokset ovat käytettävissä nyt ja tulevaisuudessa. Haastatteluissa ilmeni, että suunnittelun automaatio on mennyt niin pitkälle, missä piilee vaara, ettei kaikkea ohjelmistojen yksinkertaistakaan päätöksentekoa enää kyseenalaisteta. Tässä palataan asiaan, että perusasiat tulee olla edelleen hallinnassa. Ohjelmiston tulee olla hyvä työkalu, ei johtaja. Haastatteluiden pohjalta selkeni tulevaisuutta varten, että suunnittelussa toivotaan muun muassa rakenteiden massarajausta suunnittelun tueksi.

9 YHTEENVETO

Työn päätutkimuskysymyksenä oli tutkia vaihtoehtoja kannattavuuden parantamiseksi ja kilpailukyvyn säilyttämiseksi markkinoilla niillä keinoilla, jotka ovat nopealla tähtäimellä toteutettavissa. Työssä esiteltiin teräsrakenteiden toimitusta yleisesti, mitä toimituksissa yleensä tapahtuu ja kuinka lainsäädännölliset seikat teräsrakenteisiin liittyvät. Rakenteiden suunnittelu- ja mittatarkkuutta voidaan todentaa monilla eri tavoilla. Työkaluja ja osaamista löytyy hyvin, mutta inhimilliset virheet ja sovitusta poikkeaminen aiheuttavat lisätyötä ja muutoksia toimituksen elinkaaren aikana. Kolmiulotteisella suunnittelulla helpotetaan muun muassa poikkeamien löytymistä paremmin. Niihin voidaan puuttua ennen, kuin tuotteita ollaan valmistamassa tai ennen asennuksia. Tämä näkyy suuresti, kun toimittajat tarkkailevat malleja ja tutkivat valmistettavia tuotteita kokonaisuudessa ja omalla osaamisellaan osaavat kyseenalaistaa, mikäli jotain epäilyttävää ilmenee. Virheen löytäminen hyvissä ajoin ei ole huono seikka, ennemminkin paheksuttavaa on tiedostettavan virheen korjaamatta jättäminen. Teräsrakenteita suunnitellessa vanhat opitut menetelmät herkästi siirtyvät edelleen hankkeesta toiseen kopiointi menetelmällä. Tämä tapa ei kykene poistamaan toistuvia ongelmia ja katkaisemaan muutoksien kierrettä, eikä palvele kerrasta valmiiksi periaatetta, mikä voisi tuottaa loppukäyttäjälle lisäarvoa.

Suunnittelua tarkasteltiin kaksiulotteisen ja kolmiulotteisen suunnittelun eroavuuksilla, sekä niiden hyvyyksiä ja heikkouksia. Suunnittelussa on käytössä useampaa toimintasuuntaa, miten suunnittelua lähdetään viemään eteenpäin. Suunnittelu voi olla 2D- tai 3D suunnittelua tai näiden yhdistelmää. Enemmissä määrin kolmiulotteinen (3D) suunnittelu yleistyy. Sen mukana tulee paljon etuja, mutta myös ongelmia, joita on syytä tunnistaa. Kumpikaan suunnittelutapa ei ole ongelmaton, se on tärkeää muistaa. Kaikki työkalut ovat hyviä, kun tiedostetaan niiden hyödyt ja haitat. Tulevaisuuden näkymänä mukaan on tulossa paljon avustavia työkaluja, kuten virtuaalitekniikat ja yleistyvä laserkeilaus.

Tässä työssä tarkasteltiin uusia kiinnitysratkaisuja ja vanhempia vakioituneita kiinnitysratkaisuja. Monille ratkaisuille on edelleen oma paikkansa, kunhan ratkaisua käytettäessä asiat tehdään niin, kuin ne on suunniteltu tehtäväksi. Mikäli työvaiheissa poiketaan tai työtä ei tehdä kunnolla, korjauksella ja muutoksella on aina hintansa. Osa ratkaisuista on teräsrakenteiden parissa tuntemattomia. Herkästi uudet ratkaisut jäävät

käyttämättä, jos uudet ratkaisut eivät ole suunnittelijoiden tiedossa. Kiinnitysratkaisuna uusi ja vanha voivat olla periaatteeltaan samankaltaisia, mutta niiden ominaisuuksissa ilmenee poikkeavuuksia mitkä voivat olla merkittäviä etuja esimerkiksi asennuksen läpimenoajan kannalta, jos kiinnityksen epäonnistumisessa on suurempi riski. Tämä riski voi aiheuttaa esimerkiksi asennustyön pysähtymisen, mikä johtaa väistämättä viivästyksiin ja ylimääräisiin kustannuksiin.

LÄHTEET

3D Laser Scanning Network. 2020. 3D scanned bridge. [Viitattu 16.10.2020]. Saatavissa: https://3dlaserscanning.net/wp-content/uploads/2018/10/scanbridge.jpg

Ahonen, P. ja Saimaan ammattikorkeakoulu, 2015. Laserkeilaus, laserkeilausmittauksen suorittaminen ja pistepilven käsittelyohjelmien vertailu, Saimaan ammattikorkeakoulu.

American Fastener Journal. 2008. Global Market for Industrial Fasteners Expected to Grow. American Fastener Journal, 25(3), pp. 23.

Anstar. 2020. Harjateräspultit. [Viitattu 28.2.2020]. Saatavissa: https://www.anstar.fi/wp-content/uploads/2020/02/Harjateräspultit_Käyttöohje_2020.pdf

Avdel. 2020. 734 AV Installation Tool Flyer (UK version). [Viitattu 15.10.2020]. Saatavissa: http://www.avdel-global.com/fileadmin/user_upload/Data/PDF/Tools/EN/734_AV_EN_UK.pdf

Avdel. 2020. Avdelok® XT lockbolts website. [Viitattu 28.2.2020]. Saatavissa: http://www.avdel-global.com/en/products/lockbolts/avdelokr-xt.html

Avdel. 2020. Avdelok® XT Product Flyer. [Viitattu 28.2.2020]. Saatavissa: http://www.avdel-global.com/fileadmin/user_upload/Data/PDF/Product_Flyer/EN/Avdelok_XT_EN_UK.pdf

Basis for Design of Screw Anchors in Concrete. 2012. ACI Structural Journal, 109-S49.

Business Finland. 2020. Virtuaalitekniikat. [Viitattu 3.10.2020]. Saatavissa: https://www.businessfinland.fi/suomalaisille-asiakkaille/palvelut/ohjelmat/paattyneet-ohjelmat/mixed-reality/

Böllhoff. Rivkle® kierreniittimutterit. 2020. [Viitattu 15.10.2020]. Saatavissa: https://www.masino.fi/wp-content/uploads/2013/06/Rivkle_kierreniittimutterit_ja_-ruuvit.pdf

Cleaver, L. 2019. Reduce reconstruction costs with 3D laser scanning. Feed & Grain, 59(3), pp. 18-23.

Doppke, T. 2004. Concrete Anchor. American Fastener Journal, 21(3), pp. 80-82.

Ehm M. Use of 3D Laser Scanning for Capture of Buildings - Building Information Modeling (BIM). Bautechnik. 2014;91(4):243-U166.

Ferrometal. Teräsrakenteiden kiinnitystarvikkeet. 2020. [Viitattu 14.10.2020]. Saatavissa: https://www.ferrometal.fi/media/downloads/catalogues/terasrakennekiinnikkeet_low.pdf

Fourie, D. 2019. How to produce a laser scan. Civil Engineering: Magazine of the South African Institution of Civil Engineering, 27(1), pp. 27-29.

SFS-EN 1090-1+A1. Teräs- ja alumiinirakenteiden toteutus. Osa 2: Vaatimuksen rakenteellisten kokoonpanojen vaatimustenmukaisuuden arviointiin. 2p. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto. 2012.

SFS-EN 1090-2:2018. Teräs- ja alumiinirakenteiden toteutus. Osa 2: Teräsrakenteiden tekniset vaatimukset. 3p. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto. 2018.

SFS-EN ISO 17638:2016. Hitsien rikkomaton aineenkoetus. Magneettijauhetarkastus. 2p. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto. 2016.

Google/Autodesk. 2020. Autocad kuva [Viitattu 3.10.2020]. Saatavissa: https://images.app.goo.gl/Q7yXjrFYudtxnteq7

Hilti. Betoniruuvi HUS3. 2020. [Viitattu 14.10.2020]. Saatavissa: https://www.hilti.fi/c/CLS_FASTENER_7135/CLS_SCREW_ANCHORS_7135/r3241612

Hilti. HIT-Z-F ankkuritanko. 2020. [Viitattu 14.10.2020]. Saatavissa: https://www.hilti.fi/c/CLS_FASTENER_7135/CLS_ANCHOR_RODS_ELEMENTS_7135/r3667162

Hilti. HAS-U 8.8 HDG ankkuritanko. 2020. [Viitattu 14.10.2020]. Saatavissa: https://www.hilti.fi/c/CLS_FASTENER_7135/CLS_ANCHOR_RODS_ELEMENTS_7135/r9864252

Hilti. HIT-HY 200-A ankkurimassa. 2020. [Viitattu 14.10.2020]. Saatavissa: https://www.hilti.fi/c/CLS_FASTENER_7135/CLS_INJECTABLE_ADHESIVE_ANCHORS_7135/r4803

Hilti. Momentinsäätömoduuli SI-AT-A22. 2020. [Viitattu 15.10.2020]. Saatavissa: https://www.hilti.fi/c/CLS_CORDLESS_TOOLS_7123/CLS_CORDLESS_TOOL_ACC_7123/CLS_CORD_IMPACT_WRENCHES_ACC_7123/r4838537?itemCode=2138585

Hilti. PD-E Etäisyysmittari ulkokäyttöön. 2020. [Viitattu 19.10.2020]. Saatavissa: https://www.hilti.fi/c/CLS_MEA_TOOL_INSERT_7127/CLS_LASER_METERS_7127/r587776?itemCode=2062050

Hilti. PR 300-HV2S tasolaser. 2020. [Viitattu 19.10.2020]. Saatavissa: https://www.hilti.fi/c/CLS_MEA_TOOL_INSERT_7127/CLS_ROTATING_LASERS_7127/r4185761?itemCode=2097583

Hilti. PMC 46 yhdistelmälaser. 2020. [Viitattu 19.10.2020]. Saatavissa: https://www.hilti.fi/c/CLS_MEA_TOOL_INSERT_7127/CLS_LINE_POINT_LASERS_7127/r4387

Hilti. Tarkistusputki. 2020. [Viitattu 14.10.2020]. Saatavissa: https://www.hilti.fi/c/CLS_FASTENER_7135/CLS_SCREW_ANCHORS_7135/2192594

Hilti. HVU 2. 2020. [Viitattu 19.10.2020]. Saatavissa: https://www.hilti.fi/c/CLS_FASTENER_7135/CLS_CAPSULE_ADHESIVE_ANCHORS_7135/r6275

Hilti. HVU 2 foliopatruuna kuva. 2020. [Viitattu 19.10.2020]. Saatavissa:

https://www.hilti.fi/c/CLS_FASTENER_7135/CLS_CAPSULE_ADHESIVE_ANCHORS_7135/r6275

Hytorc. 2020. Akkutoiminen momenttiväännin. [Viitattu 28.2.2020]. Saatavissa: https://www.haitor.com/_files/Hytorc/Sahko/Lithium/Hytorc_Lithium_Tuotekortti.pdf

Hytorc. 2020. Hytorc Washer -aluslevyt. [Viitattu 15.10.2020]. Saatavissa: https://www.haitor.com/_files/Hytorc/WasherNut/Washer/Hytorc_Washer_Tuotekortti.pdf

Jacobs, C. 2005. The Market for Construction Fasteners. American Fastener Journal, 22(1), pp. 34-36.

Kainusalmi, M. 2019. Luentomoniste, Tuotanto yrityksen kilpailukyvyn lähteenä. Lappeenranta: Lappeenrannan teknillinen yliopisto 75 s.

Kouhi, J. 1993. EN 1993-1-8: Teräsrakenteiden suunnittelu, Liitosten mitoitus [verkkodokumentti]. [viitattu 22.10.2020]. Rakennustieto. 7 s. Saatavissa PDF-tiedostona: https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK060103.pdf
[Tekstiviite: (Suojanen 2000, s. XX)]

K-Rauta. Pitkä rullamitta Stanley 100m. 2020. [Viitattu 19.10.2020]. Saatavissa: https://www.k-rauta.fi/tuote/pitka-mitta-stanley-2-34-777-powerw-100-m/3253562347770

K-Rauta. Suorakulma Ironside. 2020. [Viitattu 19.10.2020]. Saatavissa: https://www.k-rauta.fi/tuote/suorakulma-ironside-200mm/3394661540010

Lakkapää. Rullamitta Stanley 10m. 2020. [Viitattu 19.10.2020]. Saatavissa: https://www.lakkapaa.com/fi/tyovalineet/rullamitta-powerlock-10m-sey-(l2)0-33-442-stanley-25mm/p/2184896/?gclid=Cj0KCQjw8rT8BRCbARIsALWiOvSR8NQxHckIcjgn0tWNN__6nagWLbd6gUdCHBa2d3_OIa9rmPClFQcaAhzSEALw_wcB

Leica Geosystems. Robottitakymetri. 2020. [Viitattu 19.10.2020]. Saatavissa:

https://leica-geosystems.com/-/media/images/leicageosystems/slider%201766x750/leica_viva_ts16_pic_1766x750.jpg?h=750&w=1766&la=fi-FI&hash=0DCCB04650B1A5110FA9BAE7A8624A1F

Liebherr. Mobiilinosturi. 2020. [Viitattu 28.5.2020]. Saatavissa: https://www.liebherr.com/en/fin/products/mobile-and-crawler-cranes/mobile-cranes/liebherr-mobile-cranes/details/ltm109551.html#lightbox

Lindapter. 2020. Hollo-Bolt Installation card. [Viitattu 28.2.2020]. Saatavissa: http://www.lindapter.com/Downloads/Get/installation_cards/Type_HB_Hollo-Bolt_Installation_Card_1170.pdf

Nguye, C., 2018. Comparison of point cloud data and 3D CAD data for on-site dimensional inspection of industrial plant piping systems. Automation in Construction, 91, pp. 44-52.

Netrauta. Kulmamitta Arcomaster 60. 2020. [Viitattu 19.10.2020]. Saatavissa: https://www.netrauta.fi/media/catalog/product/cache/1/image/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/T/E/TEHO075-131A_6.jpg

Peikko. 2020. WELDA®- ja WELDA® Strong -kiinnityslevyt. [Viitattu 28.2.2020]. Saatavissa: https://d76yt12idvq5b.cloudfront.net/file/dl/i/lDDGCQ/hWIKVn1a5CJENBLqsNMG4A/WELDAWELDAStrong-kiinnityslevyFI004TMA.pdf

Peikko. 2020. HPM®-ankkurointipulttien asentaminen. [Viitattu 28.2.2020]. Saatavissa: https://d76yt12idvq5b.cloudfront.net/file/dl/i/nOxccg/WWkVXkUPehr0RIKkEb-UJQ/HPMFinland002Installation.pdf

Profox. 2020. Virtuaalilasit. [Viitattu 3.10.2020]. Saatavissa: https://www.profox.com/virtuaalilasit

Pynnöniemi, T. 2020. Tiimiesimies Pohjois-Suomi, Mittaus, Mitta Oy. Oulu. Puhelinhaastattelu. 19.10.2020

RT 03-10525. Rakennusten ja rakenneosien mittajärjestely. Helsinki: Rakennustieto Oy. 1993.

RT 103133. Rakennuksen laserkeilaus. Helsinki: Rakennustieto Oy. 2019.

Rajala, M. 2012. Yleiset tietomallivaatimukset. [Viitattu 21.2.2020]. Saatavissa: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_2_lahtotilanne.pdf

Rajala, M. Laserkeilausmittaus ja rakennuksen inventointimalli. [Viitattu 21.2.2020]. Saatavissa: https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK090701.pdf

Rinne, J. 2020. Civil Structural Designer, AFRY. Oulu. Sähköpostihaastattelu. 19.10.2020

Saastamoinen, T. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. 2005. Hitsauksen laadunvarmistus teräsrakentamisessa.

Simeri. 2020. Nivelpuominostin. [Viitattu 28.5.2020]. Saatavissa: https://simeri.fi/genie-henkilonostimet/

Sormat. 2020. 6 vastausta betoniruuveista. [Viitattu 14.10.2020]. Saatavissa: https://fi.sormat.com/article/6-vastausta-betoniruuveista/

Sormat. 2020. Kierretanko. [Viitattu 14.10.2020]. Saatavissa: https://fi.sormat.com/article/kiinnityskoulu-sormatin-massamanuaali/kierretangot/

Sormat. 2020. Kiila-ankkuri. [Viitattu 14.10.2020]. Saatavissa: https://fi.sormat.com/wp-content/uploads/S-KAK-päältä-shorter.jpg

Sormat. 2020. Kiila-ankkurit. [Viitattu 14.10.2020]. Saatavissa: https://fi.sormat.com/products/s-kak/

Sormat. 2020. Kemialliset ankkurit. [Viitattu 14.10.2020]. Saatavissa: https://www.sormat.com/wp-content/uploads/ITH-Pe_FI-05_2016-1.pdf

Varis, J. 1997. Luentomoniste, Tuotantotekniikan peruskurssi. Lappeenranta: Lappeenrannan teknillinen yliopisto. 30 s.

Wang, Q. 2019. An Application Oriented Scan-to-BIM Framework. Remote Sensing, 11(3).

Ympäristöministeriö. 2016. Kantavien rakenteiden suunnitteluperusteet. [Viitattu 20.2.2020]. Saatavissa: https://www.ymparisto.fi/download/noname/%7bC352472F-E7C4-4653-BF44-1AB47FB50CB0%7d/137127

Ympäristöministeriö. 2019. Teräsrakenteet. [Viitattu 20.2.2020]. Saatavissa: https://www.ymparisto.fi/download/noname/%7bD829E0A3-9D8E-4730-8E6C-EF076B4642F2%7d/126585

Ympäristöministeriö. 2019. Betoni-teräs-liittorakenteet. [Viitattu 20.2.2020]. Saatavissa: https://www.ymparisto.fi/download/noname/%7b9DAC7601-EE3E-4822-B0A8-69BB50E4B36D%7d/123779

Yoders, J. 2008. Integrated Project Delivery Using BIM. Building Design & Construction, 49(5) s, 30-44

Liite I

Kysymyksiä suunnitteluun liittyen.

- Mikä on nykytilanne suunnittelussa?
- Mitkä ovat tulevaisuuden näkymät suunnittelussa?
- Miten liitosten suunnittelu tapahtuu?
- Miten uudet kiinnitykset ja ratkaisut löytäisivät suunnitteluun?
- Miten tarkentavien mittojen vienti tietomalliin onnistuu?
- Onko siinä haasteita?
- Miten näet hyödyn laserkeilauksilla ja pistepilvellä suunnittelussa?
- Onko eri materiaali- ja määrä- ja osaluetteloiden tiedonsaanti ohjelmista helppoa?
- Onko siinä haasteita?
- Miten suunnittelussa huomioidaan betoni ja teräsrakenteiden toleranssit
- Miten teräsrakenteiden reikätoleranssit?
- Mitä tekisit toisin suunnittelussa?