

Toni Laine

MBR+ PORTAALIROBOTIN RUNKORAKENTEEN  
ASENETTAVUUDEN PARANTAMINEN

Automaatiotekniikan koulutusohjelma  
2015

# MBR+-PORTAALIROBOTIN RUNKORAKENTEEN ASENNETTAVUUDEN PARANTAMINEN

Laine, Toni  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Automaatiotekniikan koulutusohjelma  
Marraskuu 2015  
Ohjaaja: Suvela, Timo  
Sivumäärä: 39  
Liitteitä:1

Asiasanat: robotit, koneenasennus, koneensuunnittelu, ongelmanratkaisu

---

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää Cimcorp Oy:n MBR+-portaalirobotin runkorakenteen asennettavuutta ja laatua. Opinnäytteessä tutustuttiin nykyisen MBR+-portaalirobotin ja vanhan MBR-portaalirobotin runkorakenteisiin, ja niissä tehtyihin teknisiin ratkaisuihin. Opinnäytetyön aikana asennus- ja suunnitteluhenkilöstölle tehtiin kysely, jonka perusteella etsittiin mahdollisia ongelmakohtia MBR+-sarjan portaalirobottien runkorakenteesta. Näihin ongelmakohtiin kehitettiin parannusehdotuksia työtilaajan määrittämien kriteerien puitteissa. Parannusten suunnittelukriteereinä toimivat tekninen toimivuus, asennettavuus, asennusaika, kokonaiskustannukset ja asennustyön mielekkyys. Vaihtoehtoja vertailtiin eri näkökulmista nykyisen runkorakenteen ratkaisuihin. Työn tuloksena esitettiin käyttökelpoisimmat parannusehdotukset, joita työtilaaja voi käyttää runkorakenteen jatkokehityksessä.

# IMPROVING INSTALLATION OF MBR+ PORTAL ROBOT FRAME STRUCTURE

Laine, Toni

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Automation Technology

November 2015

Supervisor: Suvela, Timo

Number of pages: 39

Appendices: 1

Keywords: robot, machine installation, engineering design, problem-solving

The aim of this thesis was to develop installation and the quality of the MBR+ portal robot frame structure. The thesis explored the current MBR+ and the old MBR portal robots frame structures, and technical solutions. During the thesis a survey were conducted within installation- and design personel to find out possible problems in MBR+ series portal robot frame structure. A solutions for these problem areas of frame structure were developed with client-defined criteria's. Design criteria's for improvements were technical functionality, installation, setup time, overall cost and the meaningfulness of installation work. Alternative solutions were compared from different angles with current frame structure solutions. As a result of this thesis there were presented the most useful suggestions for improvements, which client can use in further development of frame structure.

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	TAUSTAA .....	7
2.1	Cimcorp Oy.....	7
2.2	MBR+-portaalirobotti .....	8
2.2.1	MBR+-Portaalirobotin rakenne .....	8
2.2.2	Yleistietoa MBR+-portaalirobotista .....	8
2.2.3	Johdepalkki .....	9
2.2.4	Jalat .....	10
2.2.5	Johteen vinotuet.....	11
2.2.6	Lattiavinotuet .....	11
2.2.7	Asennus .....	12
3	KEHITTÄMISTEHTÄVÄ JA TAVOITTEET.....	15
3.1	Yleistä .....	15
3.1.1	Valmistuskustannukset .....	15
3.1.2	Asennuskustannukset .....	15
3.1.3	Laatu .....	16
3.2	Kyselyn suorittaminen .....	17
3.3	Kyselyn tulokset.....	17
3.3.1	Johdepalkin ja jalan liitos .....	17
3.3.2	Johdepalkin toleranssiongelmat.....	18
3.3.3	Johdepalkin kohdistusholkin ongelmat .....	18
3.3.4	Johdepalkkien vinotuet.....	19
3.4	Vanhan MBR-portaalirobotin runkorakenne .....	19
3.4.1	Vanhan ja uuden runkorakenteen vertailua .....	19
4	KEHITYSEHDOTUKSET .....	22
4.1	Johdepalkin ja jalan kiinnitys.....	22
4.1.1	Vanhaan runkorakenteeseen perustuva vaihtoehto .....	22
4.1.2	Kohdistus poistettavilla kohdistustapeilla .....	24
4.1.3	Kohdistus paikoilleen jätettävillä kohdistustapeilla .....	25
4.1.4	Kohdistus työkalun avulla .....	26
4.1.5	Huomioita päätyjaloista.....	26
4.2	Johdepalkin kiinnityslattojen parannukset.....	28
4.3	Johteen vinotukien vaihtoehtoinen rakenne.....	28
4.4	Johdepalkkien välisen liitoksen parannukset.....	29
4.4.1	Käyttöön otetut parannukset opinnäytetyön aikana .....	30

4.4.2	Vaihtoehto kohdistusholkeille .....	31
4.5	Johdepalkin kalustaminen ennen asennusta.....	31
5	KEHITTÄMISTOIMINNAN TULOSTEN KUVAUS .....	33
5.1	Johdepalkkien kehitysehdotusten vertailu .....	33
5.2	Johdepalkin kiinnitysvertailun tulokset .....	35
5.3	Johdepalkin I-palkin kohdistusholkit.....	36
5.4	Johdepalkin laadun parantaminen.....	36
5.5	Johdepalkkien vinotukien rakenne.....	37
6	POHDINTAA JA PÄÄTELMIÄ .....	37
	LÄHTEET.....	39
	LIITTEET	

## 1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö tehdään Ulvilassa toimivalle automaatio- ja tuotantologiikka-alan yritys Cimcorp Oy:lle. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on kartoittaa Cimcorp Oy:lle mahdollisia parannuksia MBR+-sarjan portaalirobottien runkorakenteen asennettavuuden ja laadun kannalta.

Opinnäytetyössä tutkitaan Cimcorp Oy:n päätuotteen nykyisen MBR+-portaalirobotin runkorakennetta, ja selvitetään asennettavuuden ja laadun ongelmakohtia. Ongelmakohtia selvitetään ensisijaisesti asennus- ja suunnitteluhenkilöstön keskuudessa tehtävillä kyselyillä ja haastatteluilla, mutta myös havainnoimalla. Näiden tulosten pohjalta kehitetään parannusehdotuksia työn tilaajan käyttämien kriteereiden mukaisesti. Käyttökelpoisimpia vaihtoehtoja vertaillaan vielä keskenään ja nykyistä rakennetta vastaan. Vertailussa käytetään eri painoarvoiltaan olevia kriteerejä, kuten eri kustannukset, tekninen toimivuus, asennettavuus ja huoltomahdollisuudet.

Työn tuloksena saatiin useita käyttökelpoisia parannusehdotuksia runkorakenteeseen. Työtä tehdessä on käytetty laajasti Cimcorp Oy:n asennus- ja suunnitteluhenkilöstön tietoja ja kirjoittajan omaa usean vuoden kokemusta Cimcorpin MBR+-portaalirobottien asennuksista.

## 2 TAUSTAA

### 2.1 Cimcorp Oy

Cimcorp Oy on Ulvilassa pääkonttoriaan pitävä automaatiotekniikan yritys. Yritys valmistaa pääasiassa erilaisia portaalirobotti- ja käsittelyratkaisuja kappaletavarateollisuuden, erityisesti rengas- ja elintarviketeollisuuden käyttöön. Yritys on perustettu vuonna 1975 Rosenlewin työkalupajan automaatio-osastona. Vuonna 1986 yritysostojen yhteydessä perustettiin Wärtsilän tytäryhtiö Cimcorp Oy. Swisslog osti Cimcorpin Wärtsilältä vuonna 1996 ja yrityksen nimi muuttui Swisslog Oy:ksi vuonna 2002. Vuonna 2003 yritys siirtyi silloisen johdon omistukseen ja muutti nimensä takaisin Cimcorp Oy:ksi vuoden 2004 alussa.

Cimcorp osti vuonna 2010 Kanadalaisen RMT Roboticsin, joka myöhemmin vuonna 2015 muutti nimensä Cimcorp Automation Ltd:ksi.

Vuoden 2014 lopulla Japanilainen automaatio- ja konepaja konserni Murata Machinery Ltd. osti koko Cimcorp Oyn osakekannan, mutta jätti Cimcorpin toiminnan ja jo kehittyneen brändin käyttöön.

Cimcorpin päätuote, eli modulaarisen robottijärjestelmä sai alkunsa vuonna 1986, kun valtion omistama kuvaputkitehdas Valco tilasi Rosenlew Oy:ltä kaikki materiaalihallinnassa käytettävät laitteet, kuten robotit ja kuljettimet.

Ajan kuluessa tämä modulaarinen robottijärjestelmä on kehittynyt muun muassa nykyiseen MBR+-sarjan portaalirobottijärjestelmäksi, jota käytetään laajasti rengas- ja kappaletavarateollisuudessa.

Cimcorp Oy valmistaa myös muita käsittely- ja kuljetusjärjestelmiä eri asiakkaiden tarpeisiin. Isoimpana voidaan mainita Monorail-vaunut, joita käytetään rengasteollisuudessa kuljettamaan raakarenkaita rengasprässille ja samalla säästetään lattiatilaa. (Cimcorp Oy:n www-sivut 2015)

## 2.2 MBR+-portaalirobotti

### 2.2.1 MBR+-Portaalirobotin rakenne

Cimcorp Oy:n MBR+-sarjan portaalirobotit asennetaan jaloista, johdepalkeista ja sivuttaistuista koostuvan runkorakenteen päälle. Samalla rungolla voi toimia yksittäinen tai useampi robottisolu. Robottisolun muodostaa joko yksittäinen portaalirobotti tai robottipari. Kyseisiä robotteja käytetään erilaisissa varastoratkaisuissa rengas- ja kappaletavarateollisuudessa jossa palleja, renkaita tai laatikoita voidaan varastoida pinoamalla niitä lattiatasolle maksimoiden matalan varastotilan varastointi kyky.

Cimcorpin MBR+-sarjan portaalirobotteja valmistetaan kahdella erilaisella rungolla, yksirunkoinen MBR700+ ja raskaammille tavaroille kaksirunkoinen MBR800+. Robottien leveys määritellään asiakkaan tarpeiden mukaan.

### 2.2.2 Yleistietoa MBR+-portaalirobotista

MBR+-sarjan portaalirobotin runkopalkisto koostuu rungon jaloista, erilaisista vinoituista ja X-suuntaisista (pituussuuntainen) X-johdepalkeista. Robottien liikesuunnista puhutaan yleisesti liikkeistä XYZ-koordinaatistosta.

MBR+-sarjan robottien osalta X-suunnalla tarkoitetaan varaston pituussuuntaista liikettä (käytännössä koko robotti liikkuu X-johdepalkkien päällä), Y-suunnalla sivuttaissuuntaista liikettä (tarttuja liikkuu robotin y-johteella) ja Z-suunnasta, jossa robotin tarttuja liikkuu pystysuuntaista liikettä. Cimcorpissa portaalirobotin Y-johdetta voidaan myös kutsua Y-johdepalkiksi. Tässä opinnäytetyössä keskitytään vain runkorakenteisiin, joten jatkossa X-runkopalkeista puhutaan johdepalkkeina.

Johdepalkit kiinnittyvät jalkojen ylälevyyn puristusliitoksella. Jalkojen ja johdepalkkien väliin asennetaan johdepalkkien vinotukia, joiden tarkoituksena on tukea runkoa robotin liikkeistä tulevia voimia vastaan. Isoon ja etenkin korkeaan runkoon saatetaan myös asentaa myös Y-suuntaisia sivuttaistukia johdepalkin ja lattian väliin tukemaan johdepalkkia sivuttaissuunnassa.





Kuva 1. MBR700+-Portaalirobottipari

### 2.2.3 Johdepalkki

Johdepalkki koostuu neliöteräsputkesta, jonka päälle on hitsattu I-palkki robotin johdeeksi. I-palkki on kohdistettu johteen keskelle säätötyökalulla ja hitsattu paikoilleen. I-palkin päädyissä on kohdistusholkit, joiden avulla johdepalkit voidaan kohdistaa toisiinsa nähden korkeus ja sivuttaissuunnassa. Johdepalkin päässä on koneistettu päätylaippa, jossa on kiinnitysreiät laippojen toisiinsa kiinnittämistä varten. Johdepalkin alakulmiin on hitsattu kokomittaiset teräksiset kiinnityslatat, jotka ovat kohdistustyökalulla kohdistettu päätylaipan kiinnitysrei'istä. Kiinnityslatat on kiinnitetty paikoilleen hitsaamalla ne ensin päistään ja keskipisteen kohdistamisen jälkeen koko matkalta. Jalkojen, pysäyttimien ja kaapelikourun kannakkeiden puristusliitos kiinnitetään edellä mainittuihin kiinnityslattoihin. Liitos tehdään puristamalla kiinnityslevyt kiinnityskynsien ja jalkapalkin ylälevyn väliin. Näin jalkojen paikkaa johdepalkilla voidaan teoriassa muuttaa, vaikka pääasiassa jalat asennetaan runkopalkkien liitoskohtiin tukemaan johdepalkkien liitosta.



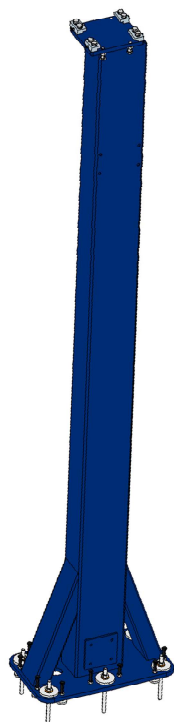
Kuva 2. Johdepalkki

## 2.2.4 Jalat

Jalat koostuvat neliöputkista, joiden ylä- ja alapäihin on lisätty teräslevyt kiinnityslai-  
poiksi. Jalkoja on käytössä kahta tyyppiä; 300x300 ja 300x200 millimetrisistä ne-  
liöputkista. 300x200 millimetrisestä neliöputkesta valmistettua jalkaa käytetään  
MBR700+-roboteissa ja matalissa sovelluksissa. Paksumpaa jalkaa käytetään  
MBR800+-roboteissa ja korkeissa sovellutuksissa.

Yläpään kiinnityslapassa on 8 kappaletta M16-kierre-reikiä, joihin kiinnitetään johde-  
palkkien alareunassa olevat kiinnityslatat puristusliitoksella.

Alapään kiinnityslapassa on yhteensä kuusi kappaletta 120mm reikiä lattiakiinnitystä  
varten. Näiden kulmissa ja keskellä olevien reikien vieressä on 2 kappaletta M16-kier-  
re-reikiä, joihin tulevat M16-kuusiokantaruuvi ja mutteri. Nämä ruuvit toimivat säätö-  
ruuveina, joiden avulla jalka saadaan säädettyä oikealle tasolle ja suoraan. Jalat on  
pultattu lattiaan porattuihin reikiin kuudella M20-kierretangoilla ja liitosaineella.



Kuva 3. Runkorakenteen jalka

### 2.2.5 Johteen vinotuet

Johteen vinotuet koostuvat kahdesta teräslatasta, jotka pultataan rinnakkain jalan ja runkopalkin väliin 45 asteen kulmaan. Vinotuen kiinnityskappale, johon teräslatat pultataan, kiinnitetään johteen kiinnityslattoihin puristusliitoksella. Jalkaan tuleva kiinnityskappale pultataan jalkaan kiinni kuudella pultilla.

Teräslatat kiinnitetään kiinnityskappaleeseen M20-pultilla ja Nyloc-lukkomutterilla. Normaalisti runkopuoliskon reunimmaisiin ja keskimmäiseen jalkaan asennetaan vinotuet jalan kummallekin puolelle.



Kuva 4. Johteen vinotuet.

### 2.2.6 Lattiavinotuet

Lattiaan tai runkorakenteen jalan alaosan ja johdepalkin väliin kiinnitettävät vinotuet koostuvat D140mm teräsputkesta, jonka päihin on kiinnitetty erikätiset kierretangot ja nivelvarret, jolloin teräsputkea pyörittämällä voidaan lattiavinotukea kiristää tai löysätä tarpeen mukaan.

Y-suuntainen sivuttaistuki on rakenteeltaan lattiavinotukea vastaava, mutta alapää kiinnittyy jalan alaosan sijasta lattiaan kohtisuoraan johdepalkista.

Lattiavinotukia käytetään pitkien ja/tai korkeiden runkojen kanssa.



Kuva 5. Lattiavinotuet

### 2.2.7 Asennus

Nykyisen runkopalkiston asentaminen aloitetaan piirtämällä lattiaan jalkojen ja jalkojen kiinnitysreikien paikat. Paikat mitoitetaan ennalta annetusta referenssipisteestä. Tämän jälkeen lattiaan porataan jalkojen kiinnityspulttien kohdalle kuusi reikää, halkaisijaltaan 24mm ja syvyydeltään noin 170mm. Reikien syvyys riippuu asennuspaikan lattian vaatimuksista ja runkorakenteen koosta.

Reiät täytetään liimamassalla ja niihin upotetaan 300mm pitkät M20-kierretangot. Liimamassan kuivuttua jalat nostetaan trukilla paikoilleen niin, että lattiassa olevat kierretangot tulevat jalan alalevyn kiinnitysreikien kohdalle. Jalan säätöpulttien alle laitetaan pienet lattapalat, jotta kosketuspinta lattiaan kasvaisi. Kiinnitysreikiin laitetaan paksu sovitepala, jossa on lattiassa olevaa kierretankoa varten epäkeskoisesti porattu soikea reikä.

Seuraavaksi jalat säädetään pystysuoraan ja oikeaan linjaan käyttämällä hyväksi vesi-vaakaa ja säätötyökalua jalkapalkin päällä. Säätötyökalussa on kaksi, jalan kummallekin puolelle tulevaa luotilankaa. Luotilankojen avulla varmistetaan, että jalka on tarkkaan linjassa lattiaan piirrettyjen suuntalinjojen mukaan. Jalan ollessa linjassa lattiassa olevan merkkilinjan kanssa, se suoristetaan asettamalla tarkkuusvesivaaka jalkapalkin päälle, ja säätämällä säätöpultteja kiristäen suoraan X- ja Y-suunnassa.

Jalkojen korkeus säädetään tasomitan ja säätöruuvien avulla niin, että kaikki runkopalkiston jalat ovat samalla tasolla keskenään, lattian korkeusvaihteluista ja vinoudesta riippumatta. Säädön jälkeen jalka kiristetään paikoilleen ruuvaamalla M20-mutterit ja jousiprikat kiinnityspulttien ympärillä olevaa sovitelevyä päin.

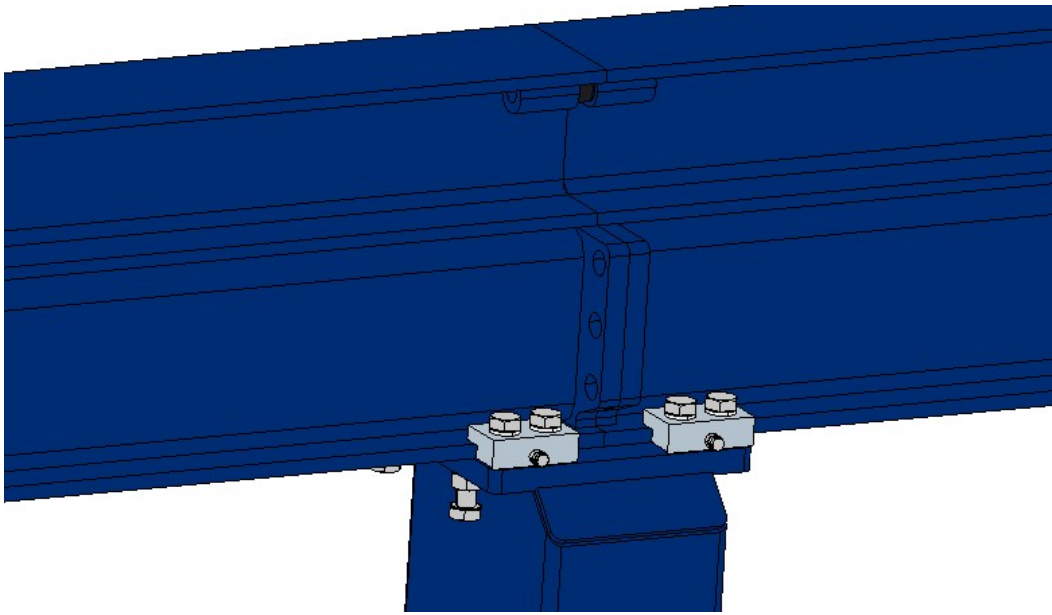
Ensimmäisenä johdepalkkina pyritään asentamaan runkorakenteen keskimmainen johdepalkki. Johdepalkki nostetaan säädettyjen jalkojen päälle sovittaen X-suunnassa oikeaan kohtaan. Johdepalkin liitoskohta sijoitetaan pääasiassa jalkojen keskelle, mutta harvoissa poikkeustapauksissa liitoskohta voi teoriassa olla muualla kuin jalan päällä.

Reunimmaisat jalat asennetaan yleensä noin 1500 millimetriä johteen päädystä keskelle. Seuraavat johdepalkit asennetaan ensimmäisen johdepalkin jatkoksi. Palkkien keskinäistä suhdetta voidaan säätää pystysuunnassa jalan ylälevyissä olevista säätöruuveista, ja sivusuunnassa kiinnityskynsissä olevista säätöruuveista. Liitoskohdan I-palkit kohdistetaan erillisellä kohdistustapilla, joka kohdistaa johdepalkkien uumaan hitsatut kohdistusholkit ja siten myös johdepalkit samaan linjaan. Kohdistustappia ei voida poistaa kohdistusholkkien sisältä, kun jalat on liitetty toisiinsa. Samalla tarkastetaan liitoskohta mahdollisten virheiden ja pykälän varalta.

Seuraavassa vaiheessa varmistetaan johdepalkkien X-suuntainen sijainti, mittaamalla luotilangan avulla johdepalkin päästä. Johdepalkkien asennusten jälkeen, tarkastetaan runkopuoliskoiden välinen etäisyys jokaisen jalan kohdalta mittaamalla johdepalkkien I-palkkien välinen matka laser-mitalla. Puristusliitos mahdollistaa  $\pm 5\text{mm}$  säädön Y-suunnassa.

Johdepalkkien asentamisen ja säätämisen jälkeen tarkastetaan johdepalkkien liitoskohdat I-palkin päältä ja uumasta mahdollisten pykälän varalta. Tarvittaessa pykälät hiotaan tasaiseksi, jos säätöruuveilla ei saada pykälää poistettua.

Joissain tapauksissa valmiin runkorakenteen jalkojen alaosat voidaan valaa lattiarakenteen sisälle. (Asennusohje MBR+ 2015)



Kuva 6. Johdepalkkien liitos

### 3 KEHITTÄMISTEHTÄVÄ JA TAVOITTEET

#### 3.1 Yleistä

Opinnäytteen tavoitteena oli etsiä mahdollisia ongelmia runkopalkiston asennettavuudesta ja toiminnasta, ja tarvittaessa esittämään parannusehdotuksia. Tilanteen kartoittamiseksi suoritettiin asennushenkilöstön ja suunnittelijoiden keskuudessa kysely. Kyselyn lisäksi suoritettiin useita henkilöhaastatteluita, joissa etsittiin mahdollisia ongelma-kohtia liittyen asennettavuuteen.

Kerätystä kysely- ja haastattelumateriaalista rajattiin yleisimmin esille tulleet ja isoimmat ongelmat, joihin esitettiin mahdollisia parannusehdotuksia. Ratkaisuvaihtoehdot arvioitiin tämän jälkeen seuraavien arvojen perusteella;

##### 3.1.1 Valmistuskustannukset

Valmistuskustannukset ovat yksi tärkein rajaava arvo, koska liian suuret valmistuskustannukset nostavat tuotteen kokonaishintaa. Täytyy siis arvioida, miten kasvaneet valmistuskustannukset vaikuttavat tuotteen loppuhintaan, asennuskustannuksiin ja tuotteen yleiseen laatuun.

Liian korkeat valmistuskustannukset verrattavissa asennuskustannuksista säästettyihin hyötyihin ei ole järkevää, koska tuotteen loppuhinta saattaa nousta liian korkealle. (Valtonen henkilökohtainen tiedonanto 18.11.2015)

##### 3.1.2 Asennuskustannukset

Asennuskustannukset koostuvat tuotteen asentamiseen käytetystä asennusajasta, henkilömäärästä, henkilökustannuksista, tarvittavista työvälinekustannuksista ja mahdollisista ylimääräisistä kuljetuskuluista.

Asennusaikaan vaikuttaa itse työn yksinkertaisuus, toistettavuus sekä asennuksen helppous ja mielekkyys. Varsinkin yrityksen nykyisen asennustavan mukaisesti, jossa

käytetään asennuksissa yrityksen oman työntekijän ohjattavina ulkopuolisia alihankkijoita, joilla ei välttämättä ole kokemusta Cimcorp Oy:n tuotteiden asentamisesta ja asennustavoista.

Tarvittava asennushenkilöiden määrä korreloi suoraan henkilökustannuksiin. Henkilökustannuksia voidaan laskea hyödyntämällä alihankkijoita, mutta tämän tyyppisissä tilanteissa asennusten yksinkertaisuus on toivottavaa. Isojen ja raskaiden osien siirtämiseen tarvitaan yleensä enemmän väkeä kuin kevyiden tai pienten osien liikutteluun. Tällöin henkilöstöä voidaan siirtää työmaalla muihin asennustehtäviin ja projektin kokonaisasennusaika lyhenee.

Työvälinekustannukset koostuvat mahdollisista erityistyökaluista, joita asentamiseen tarvitaan. Yksinkertaisemmassa asennuksessa yleensä tarvitaan vähemmän erilaisia työkaluja, jolloin niiden hankinta ja kuljetuskulut teoriassa pienenevät.

Ylimääräisiin kuljetuskustannuksiin vaikuttaa osien suuri koko, muoto tai niiden rikkoutumisherkyys. Pääasiassa Cimcorp Oy:n tavarat toimitetaan asennuspaikalle merikonteissa, jolloin osien erikoinen muotoilu tai suuri koko pakottavat kalliimpiin erikoiskuljetusratkaisuihin tai useamman kontin lähettämistä. Laitteiden ja tavaroiden rikkoutumisherkyys vaikuttaa kuljetuskustannuksiin, koska tavarat on pakattava paremmin ja kuljetus maksaa enemmän esimerkiksi tarvittavien vakuutuksen takia. (Valtonen henkilökohtainen tiedonanto 18.11.2015; Laine henkilökohtainen tiedonanto 12.10.2015)

### 3.1.3 Laatu

Tuotteen yleinen laatuvaikutelma on monelle mahdolliselle asiakkaalle yksi ostopäätökseen suuresti vaikuttava tekijä. Yleiseen laatuun vaikuttaa tuotteen kestävyys, toiminta, luotettavuus, ulkonäkö, referenssi kokemukset ja tuotteen fyysinen laatuvaikutelma.

Tässä opinnäytteessä laatua katsotaan tuotteen teknistä toimivuutta ja ulkonäköä silmälläpitäen. Ylimääräiset äänet, vuodot, asennusvirheet, myöhästymiset, näkyvien jälkimuokkausten määrä ja huono valmistuslaatu vaikuttavat suuresti asiakkaan kokemuksiin, esimerkiksi jatkotilausta tehdessä. (Valtonen henkilökohtainen tiedonanto 18.11.2015; Laine henkilökohtainen tiedonanto 12.10.2015)



### 3.2 Kyselyn suorittaminen

Opinnäytetyön aluksi oli selvitettävä, mitä asennushenkilöstö ja suunnittelijat ajattelivat nykyisestä runkopalkistosta ja sen asennettavuudesta. Kysely jaettiin kaikille asennuksia tekeville henkilöille, niin asentajille, huoltoinsinööreille kuin työmaapäälliköille. Kaikki eivät kyselyyn vastanneet ja osa ei halunnut vastata kirjallisesti. Koska kyselyyn osallistuneista osa ei halunnut vastata kirjalliseen kyselylomakkeeseen, tehtiin lisäksi henkilökohtaisia suullisia haastatteluita.

Alkuperäisen kyselyn lisäksi haastateltiin suullisesti viittä muuta Cimcorp Oy:n henkilöstön jäsentä, joilla oli kokemusta runkopalkin ongelmista. Suuri osa kyselyyn vastanneista ja haastatelluista halusivat myös pysyä omasta tahdostaan anonyymeinä.

Vaikka standardipohjaista kyselyä ei näin ollen saatu kerättyä, toistui useissa haastatteluisa samat ongelmakohdat jatkuvasti.

### 3.3 Kyselyn tulokset

Kyselyiden ja haastatteluiden aineistosta seulottiin asennuslaadun, asennusmielekkyyden ja kustannusten kannalta ongelmalliseksi koetut asiat, jotka vaikuttavat oleellisesti robottijärjestelmän mekaaniseen asentamiseen. Seuraavat kohdat tulivat erityisesti esille;

#### 3.3.1 Johdepalkin ja jalan liitos

Kyselyn perusteella nykyisen jalan ja johdepalkin välinen kiinnitys koettiin asennushenkilöstön mielestä aikaa vieväksi ja vaikeaksi verrattuna aiemmin käytössä olleeseen vanhan robottimalliston runkorakenteeseen. Nykyisessä rakenteessa jalan asentamisen ja kohdistamisen jälkeen on vielä kohdistettava johdepalkki X- ja Y-suunnassa. Vanhan robottimallin runkorakenteessa riitti yleensä vain jalan tarkkaan paikalleen kohdistaminen, jolloin johdepalkki asennettiin paikalleen keskittävää soviteholkkia käyttäen. Mainittakoon, että asennushenkilöstön haastattelun perusteella vanhat johdepalkit olisivat olleet parempaa laatua, tarkempia ja helpompia asentaa kuin nykyiset johdepalkit. (Asennushenkilöstön kysely. 2015)

### 3.3.2 Johdepalkin toleranssiongelmat

Johdepalkin palkkiosan päälle hitsattu I-palkin kohdistaminen toisen johdepalkin kanssa koettiin ongelmalliseksi johdepalkkien toleranssiongelmiensa takia.

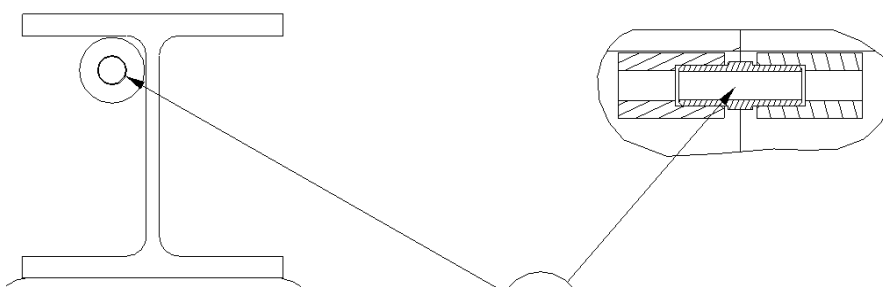
I-palkin uuman paksuuden vaihtelu tuo ongelmia robotin sivuohjauspyörän kanssa palkkien liitoskohdassa. Toleranssiongelmiä on myös I-palkin leveyden ja korkeuden kanssa, jolloin johdepalkkeja liitettäessä syntyy vetopyörää haittaavia kynnyksiä (kuva 14.), jotka on käsin hiottava tasaisemmaksi.

Ongelma liittyy myös aiemmin mainittuun johdepalkin säätöongelmaan, koska johdepalkkien välinen etäisyys mitataan I-palkin uumasta, ja tämä voi sekoittaa kohdistusten tekemistä. (Asennushenkilöstön kysely. 2015)

### 3.3.3 Johdepalkin kohdistusholkin ongelmat

Edellä mainitut ongelmat liittyvät myös johdepalkkien yhteen liittämiseen käytettyihin kohdistusholkkeihin ja kohdistustappiin, jotka teoriassa pakottaa palakit linjaan keskenään. Johdepalkin I-palkin toleranssiongelmiä johtuen tätä kohdistusholkkia ei voida usein käyttää ollenkaan, koska kohdistusholkin sijainti on riippuvainen I-palkin mitoista. Mittavirhe kohdistusholkkien kohdalla on hyvin yleinen, jolloin johteet kohdistettava käsin kohdilleen niin, että johdepalkkien I-palkit olisivat mahdollisimman kohdakkain. Toleransseista riippuen myös jo kohdistetuissa johdepalkeissa saattaa esiintyä pykäliä liitoskohdassa (kuva 14.), jotka on hiottava tasaiseksi.

Ongelmana on myös, että jo asennetun kohdistustappin takia keskelle asennettua johdepalkkia ei pystytä myöhemmin säätämään, tai vaihtamaan, ilman että viereiset palakit irrotetaan. (Asennushenkilöstön kysely. 2015)



Kuva 7. Johdepalkin kohdistusholkkien rakenne

### 3.3.4 Johdepalkkien vinotuet

Yleisesti kyselyssä selvisi, että kaikkien nykyisten vinotukien asennettavuus koettiin hankalaksi.

Lattiavinotuet koettiin hankalaksi asentaa työmaalla, jossa tilaa on vähän. Tilanvähyyden takia trukilla liikkuminen on vaikeaa ja tuet ovat liian raskaita pelkästään käsin asennettaviksi.

Johteen vinotuet koettiin hankalaksi ja raskaiksi asentaa. Niiden neliosaisen rakenteen ja suuren painon takia työmaalla tapahtuva asennus nostolavalla on hankalaa. Monessa haastattelussa esiin tullut asennuksen raskaus johtui jo käytöstä poistuneesta asennustavasta, jossa johteen vinotukia asennettiin palkiston jokaiseen jalkaan. Tällä hetkellä käytössä olevalla asennustavalla johteen vinotukia asennetaan vain runkopuoliskon kolmeen jalkaan.

Myös vinotukien ja johdepalkin kiinnitysliitoksen kynsien lyhyys koettiin ongelmalliseksi johdepalkin kiinnityslattojen leveysvaihteluiden takia. Useampi haastatteluun osallistunut mainitsi, että vinotukien kiinnitys on ollut vaikeaa kiinnityskappaleen tipuessa pois kiinnityslevyiltä liian lyhyiden kiinnityskynsien takia. (Asennushenkilöstö kysely. 2015)

## 3.4 Vanhan MBR-portaalirobotin runkorakenne

Kyselyn tulosten perusteella suurin osa vastaajista koki vanhan, jo käytöstä poistuneen robottityypin runkorakenteen toimivammaksi ja helpommaksi asentaa kuin nykyisen runkorakenteen. Vanha runkorakenne poistui käytöstä samalla kun uusi MBR+-sarja lanseerattiin, koska robotit kiinnittyvät rungoille eri tavoin. On siis tutkittava mikä teki vanhasta rakenteesta miellyttävämmän asentaa. (Asennushenkilöstön kysely. 2015)

### 3.4.1 Vanhan ja uuden runkorakenteen vertailua

Vanha runkorakenne eroaa uudesta pääasiassa jalan ja johdepalkin kiinnityksen osalta. Vanhassa johdepalkissa ei ollut erillisiä kiinnityslattoja johteen alareunassa, vaan jalan kohdalle johdepalkin päähän hitsattiin jalan kiinnityslaippaa vastaava levy, jossa oli

neljä kappaletta 25 millimetriä halkaisijaltaan olevia soikeita reikiä. Johdepalkin pohjaan hitsatut kiinnityslaipat tasokohdistettiin koneistamalla, niin että kiinnityslaippojen pohjapinnat olivat samalla tasolla keskenään ja verrattuna johdepalkin yläpinnan suoruuteen. Jalan yläosassa on vastaavasti johteen kiinnitystä varten päältäan koneistettu kiinnityslaippa, jossa oli kahdeksan kappaletta M16-kierrereikiä.

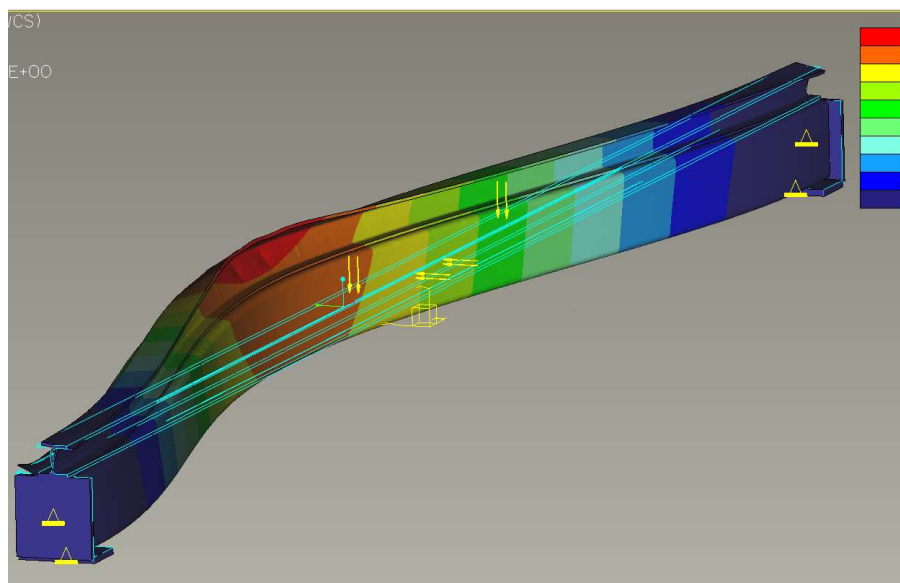
Jalan kiinnityslaipan kierrereikiin asennetaan kaksipäiset M16-sovitepultit. Keskimäisen johdepalkin kahteen ristikkäiseen kulmaan laitetaan lisäksi vielä soviteholkki, joka kohdistaa jalan ja johdepalkin keskenään, ilman erillistä mittausta. Soviteholkki kohdistuu johdepalkin kiinnityslaipan reiän ja jalan sovitepultin väliin jättäen alle 0,5 millimetrin välyksen. Näin ollen vain jalan kohdistamisella on merkitystä, eikä johdepalkkia ole tarvetta kohdistaa erikseen. Seuraavien johteiden kauimmaiseen ristikulmaan laitetaan taas soviteholkki ja johteen vapaa pääty kohdistetaan niin sanotun kiinteän ja kohdistetun johdepalkin kanssa. Asennuksen jälkeen tarkastetaan johdepalkkien välinen etäisyys Y-suunnassa. Tarvittaessa johdepalkkia voidaan siirtää irrottamalla kohdistusholkki, jolloin johteeseen saadaan noin  $\pm 2,5$  mm säätöä.

Vanhan rakenteen suurimmat ongelmat ovat mahdolliset alihankintana ostettavien johdepalkkien tai jalkojen valmistusvirheet, esimerkiksi vinoon hitsattu kiinnityslevy, jolloin koko jalkaa on säädettävä uudelleen. Vanha runkorakenne ei myöskään mahdollistanut suoraan jalan siirtämistä muuhun kohtaan johdepalkissa, esimerkiksi tilanpuutteen takia. Sivuttaistuet kiinnitettiin vanhaan rakenteeseen vastaavalla kiinnityslaipalla kuin jalat, jolloin säätömahdollisuuksia ei juurikaan ollut.

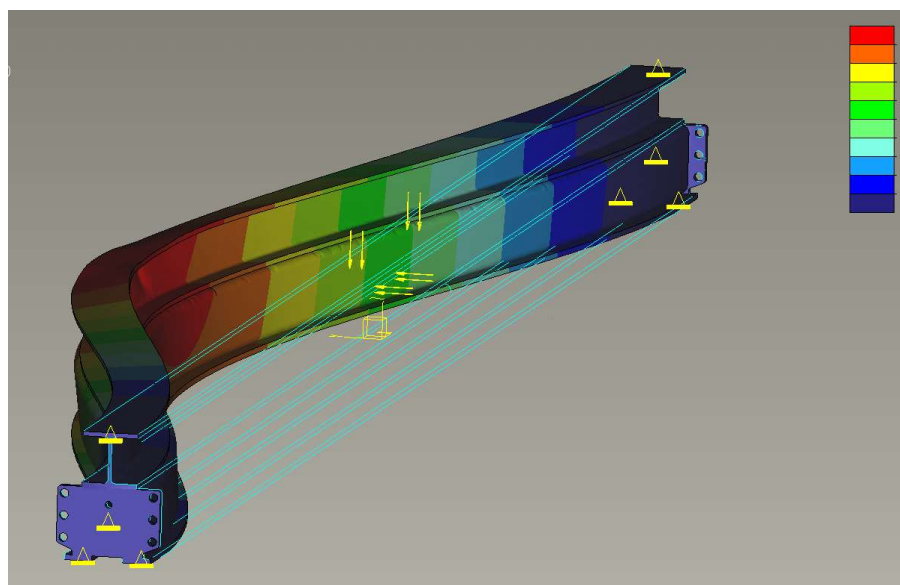
Vanha runkorakenne koostui erikokoisista komponenteista ja siinä oli vähemmän suurta tarkkuutta vaativia pyörien johdepintoja kuin nykyisessä MBR+-portaalirobotin runkorakenteessa. Nykyisessä MBR+-portaalirobotissa on monimutkaisempi pyörästä paremman suorituskyvyn saavuttamiseksi. I-palkin päälle tulevat vetopyörät, ylälaipan alapintaan keulimisen-estopyörät ja sutimisen-estopyörä, uumaan robotin sivuohjauspyörät (master-puoli) ja palkin yläreunan läheisyydessä sijaitsevat metalliset rajoitinpyörät. Vanhassa MBR-portaalirobotissa oli vetopyörät johdepalkin päällä, sivuohjauspyörät johdepalkin I-palkin uumassa ja rajoitinpyörät.

Vanhassa johderakenteessa I-palkki oli myös kooltaan pienempää, jolloin myös valmistustoleranssit ovat suhteessa pienemmät.

Nykyisessä runkorakenteessa on enemmän säätöjä, esimerkiksi valmistusvirheiden varalta. Nykyisin käytössä oleva johdepalkki on myös reilusti vääntöjäykempi kuin vanhan robottimallin johdepalkki ja ensimmäiset MBR+-sarjan johdepalkit. Vanhan robottimallin runkorakenteen johdepalkin päällä oleva I-palkki oli pienempi, jota suurentamalla saavutettiin suurempi sivuttaisjäykkyys. Suurempi sivuttaisjäykkyys on eduksi kun robotti on erityisen leveä tai painava. Esimerkiksi hätäpysäytyksen yhteydessä mahdollisesti vinoon ajautuva robotti taivuttaa johdepalkin I-palkkia vähemmän, koska se jakaa vääntöä enemmän muille johdepalkin osille. (Laine henkilökohtainen tiedonanto 12.10.2015; Viitanen A. henkilökohtainen tiedonanto 1.9.2015)



Kuva 8. Vanhan johdepalkin taipumat törmäystilanteessa.



Kuva 9. Uuden johdepalkin taipumat törmäystilanteessa.

## 4 KEHITYSEHDOTUKSET

### 4.1 Johdepalkin ja jalan kiinnitys

Useimmiten asennushenkilöstön haastatteluissa esiin tullut ongelma oli johdepalkkien ja jalkojen kohdistaminen nopeasti ja luotettavasti, johon esitän muutamia kehitysvaihtoehtoja.

#### 4.1.1 Vanhaan runkorakenteeseen perustuva vaihtoehto

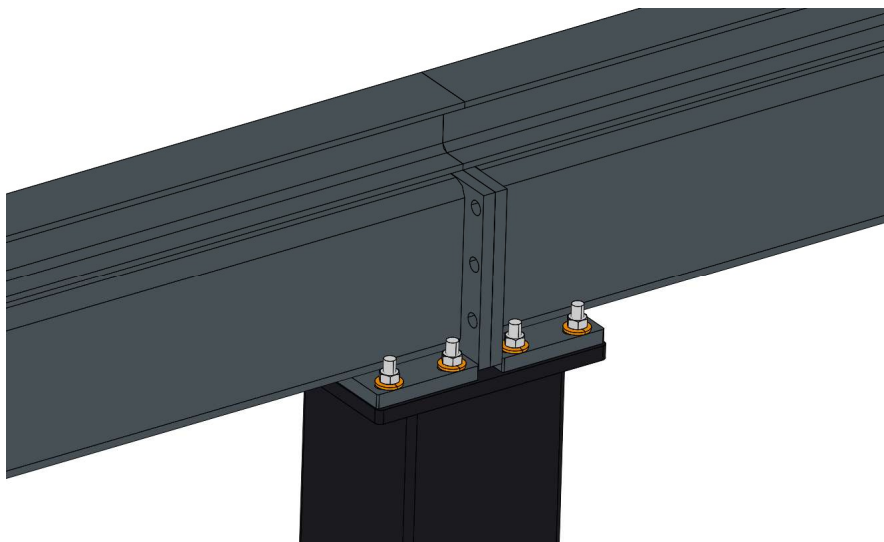
Jalan kiinnityslaippa ja johdepalkin välinen kiinnitys muutetaan vastaamaan vanhaa runkorakennetta, jossa johdepalkki kiinnittyy koneistetun ja johdepalkkiin hitsatun kiinnityslevyn, ruuvien ja kohdistusholkkien kanssa. Näin säästetään asennusvaiheeseen kuluva aikaa, kun johdepalkkia ei tarvitse erikseen kohdistaa jalkaan nähden Y- tai X-suunnassa.

Johdepalkin pohjaan tulevassa kiinnityslevyssä on neljä kappaletta kiinnitysreikiä, joista yhteen tulee kohdistusholkki. Kiinnityslevyjen alapinnat on myös koneistettava samaan tasoon verrattuna johteen I-palkin yläpintaan. Johteiden keskinäinen korkeus ei saisi vaihdella, ja tämä onkin ollut ajoittain ollut nykyisen johteen ongelma.

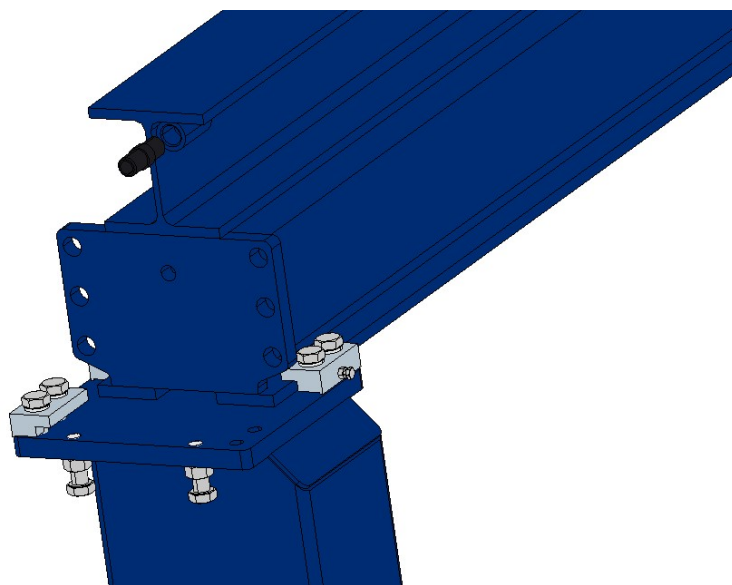
Muutoksen takia johdepalkin valmistuskustannukset ja valmistusvaatimukset kasvavat, mutta asennuksesta tulee nopeampaa ja yksinkertaisempaa.

Kiinnityksen muutos aiheuttaa muutoksia jalan yläpään kiinnityslevyyn. Kiinnitysreikien sijaintia ja luultavasti myös ylälevyn kokoa joudutaan hieman muuttamaan. Tällöin jalan valmistuskustannukset hieman nousevat, mutta työstöjärjestys pysyy samana ja kustannusten kasvu on maltillista. Johdepalkin valmistuskustannukset nousevat, kun palkin valmistusvaiheessa työmäärä ja työvaiheet lisääntyvät. Nykyisessä runkorakenteessa johdepalkin kiinnityslattojen päädyt kohdistetaan valmistusvaiheessa johteen päätylaipasta kohdistustyökalan avulla. Palkin keskeltä kiinnityslatat kohdistetaan silmämääräisesti suoraan, jonka jälkeen levyt hitsataan kiinni. Lopuksi kiinnityslattojen alapinnat koneistetaan jyrkimellä samalle tasolle ja I-palkin yläpinnan kanssa suoraan. Jos rakenteeseen lisätään nykyisten kiinnityslattojen päälle erillinen kiinnityslevy jalalle, tarvitsee tämä uusi levy kohdistaa ja koneistaa oikeaan korkeuteen erikseen.

Vaihtoehtoisesti voidaan nykyiset kiinnityslatat paloittaa useampiin osiin ja johteen pohjaan lisätä jaloille kiinnityslevyt. Näin kiinnityslevyt ja kiinnityslatat voidaan koneistaa kerralla suoraan johdepalkin yläpinnan kanssa, koska ne ovat valmiiksi samalla tasolla keskenään. Kiinnityslevyn koneistus ja useiden kiinnityslattojen kohdistaminen nostavat valmistuskustannuksia reilusti. Tällöin tarvitaan myös uusia kohdistustyökaluja ja ylimääräisiä kohdistuksia vanhoille kiinnityslatoille ja uusille kiinnityslaipoille. Johteen reunimmaisiet jalat tarvitsevat johteen kiinnityslevyn eri kohtaan kuin muissa johteissa. Tämä aiheuttaa sen, että joudutaan valmistamaan vähintään kahta erilaista johdepalkkia, josta voi tulla muun muassa logistisia ongelmia työmaalla ja valmistuskustannukset nousevat johteen kiinnityslaipan kohdistamisen takia.



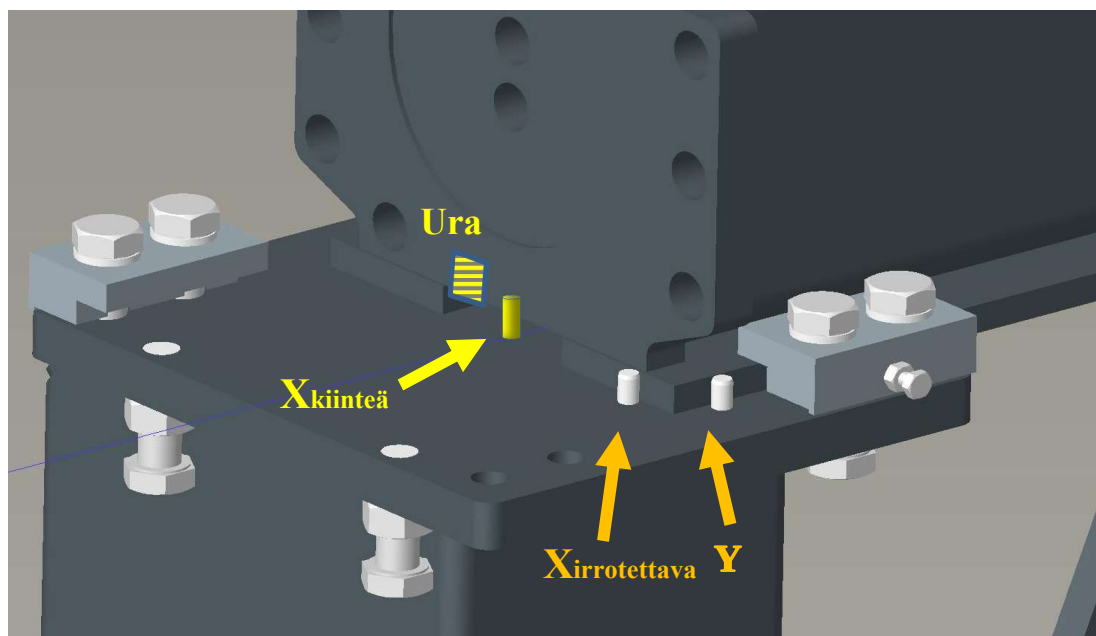
Kuva 10. Vanhan runkorakenteen johdepalkkien kiinnitys.



Kuva 11. Nykyisen runkorakenteen johdepalkkien kiinnitys

#### 4.1.2 Kohdistus poistettavilla kohdistustapeilla

Käytetään nykyistä johderakennetta, mutta lisätään jalan ylälevyyn kohdistustapit, jotka kohdistaisivat ensimmäiseksi asennettavan, eli keskimmäisen johteen Y- ja X-suunnassa. X-suuntaisen kohdistustapin reuna on jalan ylälevyn keskilinjalla, jolloin siihen kohdistettava johdepalkin päätylaippa pakotettaisiin jalan keskelle. Y-suuntainen kohdistus saataisiin tapilla, joka kohdistettaisiin päätylaipan tai kiinnityslatan reunaan. Tämä liitoskohta on valmistusteknisesti tarkka piste, koska kiinnityslevyt ovat kohdistettu päistään päätylaipan kiinnitysreikien suhteen kohdistustyökälulla. Ongelmana tosin on, miten nämä kohdistustapit voitaisiin irrottaa, kun johde on kiristetty niitä päin. Ratkaisuna voisi kohdistustappeina käyttää jousisokkaa, joka lyötäisiin jalkapalkin sisään tarvittaessa. Toisena ratkaisuna on käyttää kohdistustappina soviteruuvia, joka voidaan kiristyksen jälkeen ruuvata pois. Näin johdepalkkeja voidaan jälkikäteen säätää jalkojen suhteen. Esimerkiksi tilanteessa, jossa lattia on ajan kuluessa vääntyillyt ja vääntänyt lattiaan valettuja jalkoja vinoon. Suurena etuna on, ettei johdepalkin rakennetta tarvitse muuttaa. Ainoana muutoksena ovat jalan ylälevyyn tulevat reiät. Rakenne on näin ollen helposti testattavissa jo tulevissa projekteissa.



Kuva 12. kohdistustappien toimintaperiaate. X-tappi kohdistaa pituussuunnassa (X-suunta) ja Y-tappi sivusuunnassa (Y-suunta).



#### 4.1.3 Kohdistus paikoilleen jätettävillä kohdistustapeilla

Vastaavanlainen rakenne kuin aiemmin esitelty irrotettavien kohdistustappien vaihtoehto, mutta sisältää paikoilleen jätettävät kohdistustapin tai -tapit. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että johdepalkkiin olisi tehtävä uritus tai reikä jalkaan tulevaa kohdistustappia varten. Näin kohdistustappi ei jäisi toisen johdepalkin alle.

Vaihtoehtoja on useampi, kuten kohdistustapille tehtävä ura kiinnityslatan sivulle, mielellään mahdollisimman lähelle päätylaippaa. Tällöin kohdistustappi kohdistaa palkin kummassakin suunnassa. Ongelmaksi muodostuu palkin valmistus, joka vaatisi tämän koneistuksen valmiiseen palkkiin tai kiinnityslattojen tason työstövaiheessa. Ratkaisussa tulisi myös ottaa huomioon, kuinka syvälle kohdistustappi voidaan asentaa, niin ettei se haittaa kiinnityskynsien asennusta. On myös huomioitava kiinnityslattojen korkoon koneistus, johon vaikuttaa muun muassa I-palkin ja johteen mittaerot. Ongelmaa voidaan ratkoa muuttamalla kiinnityskynttä niin, että se ei tule samalla linjalle tapin kanssa. Vaihtoehtoisesti kiinnityskynnessä olisi ylikokoinen reikä tai ura, johon kohdistustapin pää voi jäädä tilanteessa jossa tappi jäisi kiinnityslevyn yläpuolelle. Ongelmaksi muodostuu päätylaipan suoruuskoneistus, jolloin uraa tai reikää ei voida teettää valmiiksi kiinnityslevyihin, vaan se on tehtävä päätylaipan lopullisen koneistuksen jälkeen.

Toisena vaihtoehtona on koneistaa johdepalkin päätylaippaan reikä kohdistustappia varten. Jalan ylälevyyn tuleva reikä tulisi johdepalkin päätylaipan kohdalle, että kohdistustappi olisi kokonaan päätylaipan sisällä, jotta se ei osuisi toiseen asennettavaan johdepalkkiin. Ongelmaksi muodostuu päätylaipan suoruuskoneistus, jolloin reikää ei voida teettää valmiiksi päätylaippaan, vaan se on tehtävä päätylaipan suoruuskoneistuksen jälkeen. Tällöin johdepalkin valmistuskustannukset nousevat. Myös reiän koron täytyisi olla riittävä, jotta ongelmia ei ilmenisi kiinnityslattojen ja päätylaipan pohjan suoruutta koneistettaessa.

Helppoisimpana vaihtoehtona on käyttää täysin vastaavaa rakennetta kuin irrotettavilla kohdistustapeilla, mutta koneistaa johdepalkin päätylaippojen alareunaan kiinnityslattojen väliin ura kohdistustappia varten. Ura on tehty seuraavana asennettua johdepalkkia varten, jolloin ensimmäisen johdepalkin kohdistustappi ei osuisi seuraavana asen-

nettavaan johdepalkkiin. (Kuva 12. Keltaiset merkinnät) Edut ovat samat kuin irrotettavalla kohdistustapilla, mutta tämä vaatii johteen päätylaippaan uuden uran. Uran ko-neistaminen voidaan tehdä esityöstövaiheessa, jolloin kustannukset kasvavat minimaalisesti. Uran täytyy olla isompi, jotta kiinnityskynsien  $\pm 5$  millimetrin sivuttaissää-töä voidaan käyttää.

#### 4.1.4 Kohdistus työkalun avulla

Neljäntenä vaihtoehtona on valmistaa johdepalkin asennustyökalu. Työkalu voisi yksinkertaistettuna olla kulmarauta, joka kohdistetaan kohdistustapeilla jalkaan tehtyihin kohdistusreikiin ja johdepalkin päätylaippaan. Tällöin jalan päälle tuleva johdepalkki-liitoksen ensimmäinen johdepalkki saadaan kohdilleen ja toinen voidaan kohdistaa sen mukaisesti, kuten edellä mainituilla kiinnitystavoilla.

Työkalun ongelmaksi muodostuu se, että niitä on valmistettava jokaiselle asentajalle ja työkalukontteihin, jolloin valmistuskustannukset nousevat reilusti.

Tätä työkalua ei voida käyttää johdepalkiston päihin tulevilla päätyjaloilla.

#### 4.1.5 Huomioita päätyjaloista

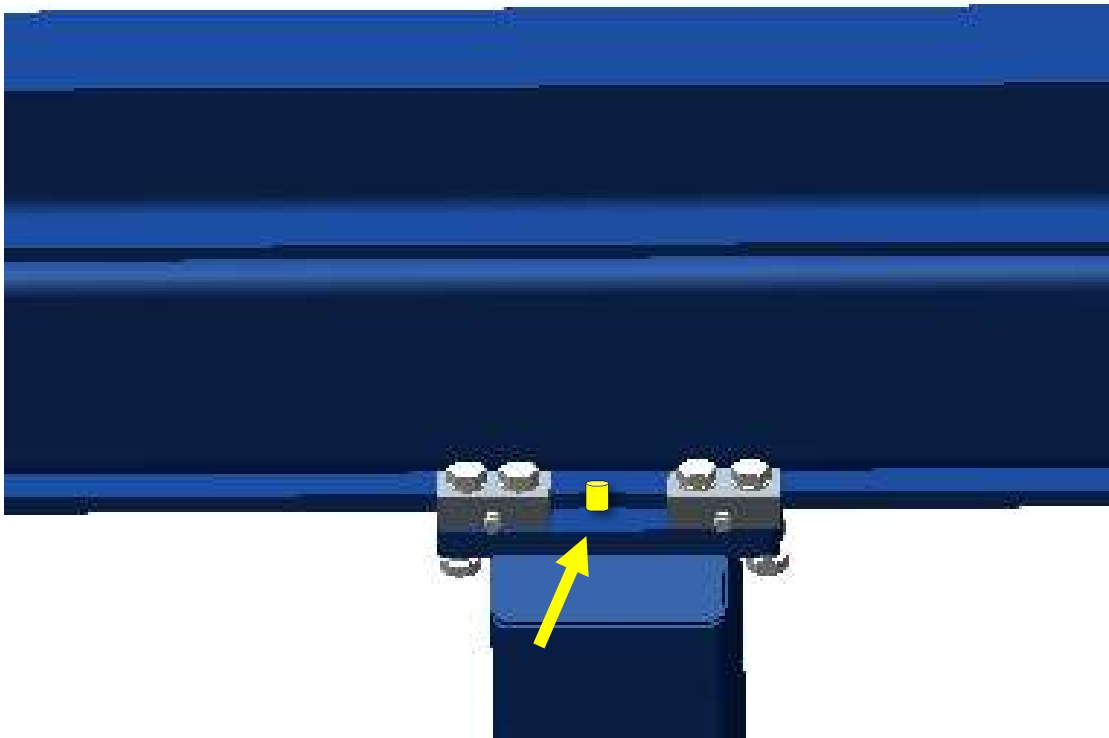
Päätyjalat ovat johdepalkkien päissä sijaitsevat jalat. Päätyjalka on sijoitettu noin 1500 millimetrin päähän johdepalkin päädystä. Päätyjalkojen ongelma onkin yleensä vain Y-suuntainen epätarkkuus, koska ensimmäiset eli keskimmäiset johdepalkit ovat täl-löin jo kohdistettu X-suuntaisesti. Y-suuntainen tarkkuus on saatu tällä hetkellä käy-tössä olevilla menetelmillä; kuten luotilanka tai pystylaser I-palkin uuman ja lattiavii-voituksen välillä.

Vaihtoehtoisesti erillisen työkalun avulla voidaan kohdistaa johdepalkki keskelle jalan kiinnityslaippaa. Työkalun mittapisteinä voisivat toimia johteen I-palkin uuma tai ylä-levyn reuna tai kiinnityslevyn reuna.

Käyttökelpoisimpana vaihtoehtona jalkaan lisätään aiemmin mainittu jalkaan tuleva kohdistustappi, joka keskittää johdepalkin kiinnityslatan reunasta. Kohdistustapin ongelmana on palkin kiinnityslevyjen valmistustekniikka, joka ei ole välttämättä mittatarkka muualla kuin lattojen päissä. Tällöin johdepalkki ei olisi jalan keskilinjalla.

Toisaalta otettaessa kohdistustappiratkaisu käyttöön, voitaisiin johdepalkin kiinnityslatan kohdistuspisteitä lisätä. Tällöin jalan kiinnityslaippaan tuleva kohdistustappi voi olla samassa jalan reiässä kuin aiemmissa kappaleissa mainitut johdepalkin päädyn kohdistustapit.

Tämä vaatii myös johteen kiinnityslevyjen kohdistamisen jalan kohdalta, jolloin voidaan varmistua että kohdistustappi varmasti keskittää johdepalkin jalan keskelle. Johdepalkkien kiinnityslattojen kohdistamisesta lisää luvussa 4.2.



Kuva 13. Päätyjalan Y-suuntainen kohdistustappi

## 4.2 Johdepalkin kiinnityslattojen parannukset

Nykyinen vinotukien ja kaapelikourun kannakkeita varten olevat johdepalkin kiinnityslatat johdepalkin pohjassa voidaan jättää jokaisessa kehitysehdotuksessa paikoilleen, mutta sen leveysuuntaiseen mittatarkkuuteen tulisi kiinnittää huomiota. Nykyisin kiinnityslatat kohdistetaan päistään kohdistustyökalun avulla ja lattojen keskeltä mitataan sivuttaisetäisyys. Muuten suoruus katsotaan silmämääräisesti. Mittauspisteiden määrää tulisi lisätä varsinkin pidemmissä johdepalkeissa.

Vaihtoehtoisesti kiinnityslattojen kohdistuspisteitä otetaan käyttöön useampi. Tämä tosin tarkoittaa uuden kohdistustyökalun tai -työkalujen tekemistä. Kohdistuspisteiden lisääminen on toivottavaa varsinkin, jos käyttöön otetaan luvussa 4.1.5 esitetty päätyjalan Y-suuntainen kohdistustappi, joka kohdistaa johteen kiinnityslevyn reunasta. Tällöin voidaan palkin valmistajaa pyytää kohdistamaan kiinnityslevyt tulevan jalan kohdalta.

Myös puristusliitoksen kynsiä tai kynnen kiinnitysreikiä tulisi pidentää, koska sivuttaistukien kiinnityksessä kynnet eivät aina yllä johdepalkin kiinnityslattoihin kiinni. Samalla tulisi tarkistaa mahdollisesti riittääkö kynnen purentasyvyys, jos kiinnityslevyjä on jouduttu koneistamaan normaalitilannetta enemmän. Yhdessä nämä muutokset auttavat sivuttaistukien asentamista, kun sivuttaistuen tai kaapelikourukannakkeen kiinnityspää ei pääse irtoamaan johdepalkista.

## 4.3 Johteen vinotukien vaihtoehtoinen rakenne

Johdepalkin vinotukien asentaminen on ongelmallista niiden määrän, painon ja asennettavuuden takia. Johteen vinotukien määrää on vähennetty opinnäytetyön aikana. Nykyisin johteen vinotukia asennetaan kolmeen jalkaan runkopuoliskoa kohden, entsen jokaisen jalan sijaan. Määrää vähentämällä saadaan laskettua työn rasittavuutta, kun painavia kappaleita on vähemmän käsiteltävänä.

Vaihtoehtoisesti johdepalkkien vinotukina voidaan käyttää nykyisten teräslevyjen sijasta neliönmallista putkea. Putkirakenne voidaan tehdä kevyemmäksi ja näin ollen helpommin käsiteltäväksi, kuin nykyiset painavat teräslatat. Ongelmana on putkirakenteen kiinnitys.

Yksi vaihtoehto on hitsata putken päähän kiinteät kiinnityslevyt, joissa on reiät puristusliitoksen kynsille. Tässä rakenteessa käsiteltävyys huononee rakenteen massan noustessa.

Toinen vaihtoehto on tehdä kiinnityslevyistä erilliset. Tässä rakenteessa voidaan esimerkiksi kiinnityslevyt hitsata varsinaisen tukiputken sisään sopivat soviteputket 45 asteen kulmaan. Liitos lukittaisiin M16-läpipultilla ja mutterilla niin, että varsinainen tukiputki litistyy kiristyskohdasta soviteputkea päin lukiten liitoksen. Rakenteen valmistuskustannukset nousisivat hieman ja käsiteltävyys paranisi painon laskiessa. Liitoksella ei välttämättä päästäisi vastaavaan X-suuntaiseen tukevuuteen kuin nykyisin käytössä olevalla vinotuella.

Kolmas vaihtoehto on keventää nykyistä rakennetta ohentamalla tukilevyjen paksuutta. Rakenteen jäykkyyttä voidaan parantaa lisäämällä tukilevyjen väliin kolmas latta tai lattapaloja läpipulttiliitoksella. Rakenne pysyisi yksinkertaisena ja samalla yksittäisten osien paino alenee. Valmistuskustannukset nousevat hieman mahdollisten lisäjäykisteiden ja niiden vaatimien koneistusten takia hieman.

#### 4.4 Johdepalkkien välisen liitoksen parannukset

Nykyisten johdepalkkien keskinäinen kohdistaminen on välillä hankalaa ja aikaa vievää. Tämä johtuu pääasiassa johdepalkissa olevan I-palkin ja kohdistusholkkien toleranssivirheistä.

Johdepalkkien päällä olevien I-palkkien liitospintojen tulee olla tasaisia, ettei robotin pyörästä vahingoitu, tai robotti kolahtelee ylittäessään johdepalkkien liitoskohtaa. Ongelmia on ollut aikaisemmin uuman paksuudessa, I-palkin korkeudessa ja leveydessä. Johdepalkkien välistä liitosta on jouduttu usein hiomaan yhteensopivaksi, mutta työtöpinä on käsityökaluilla vaikea saada tasaiseksi.

Opinnäytetyön aikana alettiin käyttää paremmilla toleransseilla valmistettua I-palkkia ja tarkentaa koko johdepalkin valmistustoleransseja. Tällöin valmistuskustannukset nousivat, mutta I-palkkien väliset toleranssierot pienenevät ja asennettaessa tuli vähemmän palkkien ”pakkokohdistamisia” hiomisella.

Vaihtoehtoisena ratkaisuna on tilata palkit alihankkijalta valmiiksi kohdistettuna keskenään. Tämä nostaisi valmistuskustannuksia reilusti entisestään, mutta palkit olisivat

varmasti liitoksistaan suoraan sopivat. Ongelmaksi muodostuvat etenkin työmaalla helposti tapahtuva palkkien sekoittuminen, suuremmat valmistuskustannukset ja logistiikka johteiden varastoinnissa ja kuljetuksessa.

(Asennushenkilöstön kysely 2015.)



Kuva14. Johdepalkkien välisen liitoksen kynnys

#### 4.4.1 Käyttöön otetut parannukset opinnäytetyön aikana

Opinnäytetyön tekemisen aikana on huomioitu eräitä ongelmakohtia ja osassa parannuksia on jo otettu käyttöön. Johdepalkkien toleranssiongelmaa aloitettiin ratkaisemaan johdepalkkien valmistajan kanssa, ja päädyttiin seuraaviin ratkaisuihin; I-palkkien toleransseja parannettiin ja ne hankitaan aina samasta valssauserästä, jolloin niiden väliset toleranssierot ovat pienemmät. Myös valmistusjigit tarkastettiin ja säädettiin uudelleen tarkemmille toleransseille. Johdepalkkien valmistaja tekee myös jokaisesta johdepalkista tarkastuspöytäkirjan, jossa seurataan toleranssien vaihtelua. Lisäksi johdepalkkeihin lisätään tarra, jossa kerrotaan johdepalkin mahdollisesta korkeuserosta nimellismittaan.

Samalla johdepalkin valmistajan kanssa huomattiin ongelma kohdistusholkin hitsaamisessa. Kun kohdistusholkki hitsataan I-palkin toisen uuman yläreunaan se vetää I-

palkin yläpintaa vinoon holkin kohdalta. Jigejä ja kohdistustyökaluja korjaamalla saatiin valmistustoleransseja pienemmäksi, mutta kohdistusholkin vaatima suuri tarkkuus tuskin täyttyy jokaisessa liitoksessa. Tätä seurataan tulevien asennusten yhteydessä.

#### 4.4.2 Vaihtoehto kohdistusholkeille

Kohdistusholkkien käyttämättä jättäminen tai poistaminen aiheuttaa ongelmallisen tilanteen, jossa liitoksen I-palkit pääsisivät liikkumaan ongelmatilanteissa sivuttaissuunnassa eri tavalla, luoden liitokseen kynnyksen. Tämä voisi tapahtua erityisesti leveällä, nopealla ja raskaasti kuormatulla robotilla joka kolaritilanteessa ajautuu vinoon ja vääntää johdepalkin I-palkkia.

Varsinainen johdepalkkien kohdistaminen voidaan tällöin suorittaa muilla tavoilla, eikä kohdistusholkeissa tarvittaisi sovitusta. Tilalle voidaan hitsata pyörö- tai neliötangosta tehdyt holkit, joissa olisi esimerkiksi 22mm vapaareiät. Holkki sijoitetaan johteen päätylaipan reunan tasolle, jolloin se suoruuskoneistetaan päätylaipan koneistuksen yhteydessä samaan tasoon. Näin saataisiin aikaan holkkien reunojen väliin puristusliitos, kun holkit puristetaan M20-läpipultilla ja mutterilla toisiaan päin. Neliötangoa käyttämällä saataisiin enemmän kitkapintaa. Neliötangon muoto pitää hitsatessa I-palkin yläpinnan oikealla tasolla paremmin, koska tukipintaa uumaan on enemmän. Neliötangon uumanpuoleista yläkulmaa on koneistettava 45 asteen kulmaan noin viiden millimetrin leveydeltä, jotta se välttäisi I-palkin kulmapyörityksen. Valmistuskustannukset laskevat tässä selvästi, työstövaiheita on paljon vähemmän ja itse sovitappi voidaan kokonaan poistaa. Asennettavuus nopeutuu, ja kohdistustapin poistuminen mahdollistaa teoriassa johdepalkin vaihtamisen ilman koko johdepalkiston purkamista. Asennuslaatu paranee, kun asentaja pystyy paremmin kohdistamaan johteiden reunat toisiinsa nähden ilman, että kohdistustappi estää johteiden liikuttamisen toisiinsa nähden.

#### 4.5 Johdepalkin kalustaminen ennen asennusta

Tehdyissä haastatteluissa koettiin kokeilemisen arvoiseksi idea, jossa johdepalkin kalustaminen, kuten sivuttaistukien asentaminen voidaan tehdä ennen johteen paikoilleen nostamista. Painavien kiinnikkeiden kiinnittäminen lattiatasolla on helpompaa

kuin niiden asentaminen jälkeinpäin ylhäällä olevaan johteeseen. Jälkeinpäin ylhäällä asentaminen on joillakin työmailla koettu haastavaksi, ahtauden tai heikon luokse päästävyyden takia.

Osa haastatelluista kokeilisi samaa myös kaapelikourun kannakkeiden asentamiseen. Ongelmaksi syntyy palkkien nostaminen paikoilleen, kun painopiste siirtyy pois johdepalkin keskeltä. Varsinaisella asennustyömaalla X-johde nostetaan ylös trukin avulla, jolloin painopiste voi siirtyä epäedulliseksi esimerkiksi valmiiksi kiinnitettyjen sivuttaistukien takia. Ongelma korostuu kaapelikourujen kannakkeiden kanssa, koska ne vääntävät johdetta sivusuunnassa.

Mahdollisen trukin piikkeihin asennettava kiinnitystyökalu helpottaisi tätä, mutta käytännön soveltaminen on vaikeaa ja näitä työkaluja täytyisi valmistaa jokaiselle työmaalle.



## 5 KEHITTÄMISTOIMINNAN TULOSTEN KUVAUS

Johdepalkkiin ehdotetut muutokset nostavat johteen valmistuskustannuksia joka tapauksessa, mutta laskevat asennuskustannuksia etenkin pienemmän asennusajan ja yksinkertaisemman asennuksen takia. Yksinkertaisemmalla rakenteella ulkopuolisen työvoiman käyttö asennustehtävissä helpottuu ja henkilöstökuluja voidaan laskea, tai mahdollistaa joissain kohteissa vaaditun paikallisen asennushenkilöstön käyttöä asennustehtävissä jättäen työnohjauksen omalle henkilökunnalle. Myös työn mielekkäys paranee jokaisessa vaihtoehdossa.

Myös mahdolliset asennusvirheistä johtuvat kulut, kuten myöhästymiset ja korjaukset vähenevät.

Johdepalkkien laatu paranee, kun korjauksia tarvitaan vähemmän ja robotin kiintopisteet johdepalkkiin ovat laadultaan tasaisempia. Myöskään ääntä ja ylimääräistä liikettä aiheuttavia kynnyiskohtia ei synny yhtä herkästi kuin ennen kehitystoimenpiteitä.

Osa tässä opinäytetyössä esitellyistä kehitystoimenpiteistä on otettu käyttöön tai suunnittelutyön alle jo työn tekemisen yhteydessä erillään opinäytetyön alustavasta kyselystä.

Esimerkiksi johdepalkin I-palkin toleransseja on tiukennettu ja samaan johdepalkki-erään tulevat I-palkit tulevat jatkossa samasta valssauserästä, jolloin niiden keskinäiset toleranssierot pienenevät. Materiaalitoimittaja mittaa ja lähettää joka tilaukselle mitauspöytäkirjan johdepalkkien tarkastusmitoista.

### 5.1 Johdepalkkien kehitysehdotusten vertailu

Aikaisemmin esiteltiin erilaisia johdepalkkien kiinnitysvaihtoehtoja. Tässä kappaleessa vertaillaan näitä vaihtoehtoisia kiinnitystapoja keskenään ja nykyisen kiinnitystavan välillä. Vertailun perusteella tuodaan esille kehityskelpoisimmat vaihtoehdot mahdollisia jatkotoimia varten.

Vertailu on jaettu kuuteen osa-alueeseen, joilla on oma painoarvonsa; tekniseen toimivuuteen, suunnittelukustannuksiin, valmistuskustannuksiin, asennuskustannuksiin,

asennuksen mielekkyyteen ja huoltomahdollisuuksiin. Taulukkovertailussa pisteytetään osa-alueet arvosanan 0-5 välillä, jossa arvosana 5 on paras ja arvosana 0 on käytökelvoton. Osa-alueilla on myös omat painoarvonsa, johon vaikuttaa kuinka tärkeä kyseinen osa-alue on kokonaisuuden kannalta. Painoarvojen skaala on 1-5 ja sillä kerrotaan osa-alueesta annettu arvosana. Osa-alueiden tulot lasketaan yhteen, jonka summa kertoo kiinnitysvaihtoehdon kokonaispisteet. Korkeimmat kokonaispisteet saaneet kiinnitysvaihtoehdot ovat tällä vertailulla jatkokehityskelpoisimmat.

Tekninen toimivuus on painoarvoltaan tärkein osa-alue. Siinä arvostellaan vaihtoehdon käytännön tekninen toimivuus MBR+-portaalirobotin runkorakenteessa.

Suunnittelukustannukset ovat painoarvoltaan pienin osa-alue, koska suunnittelukustannukset ovat yleensä hyvin pieni osa kokonaiskustannuksissa.

Valmistuskustannukset ovat painoarvoltaan keskitasoa, koska valmistuskustannukset muodostavat jo ison osan kokonaiskustannuksista.

Asennuskustannukset ovat painoarvoltaan toiseksi suurin osa-alue ja muodostavat ison osan kokonaiskustannuksista. Asennuskustannusten pienentäminen on myös yksi tämän opinnäytetyön pääkohdista.

Asennuksen mielekkyys on myös yksi tämän opinnäytetyön pääkohdista, mutta sen painoarvoa laskee hieman kokonaiskustannusten tärkeys.

Huollolla tarkoitetaan muun muassa huoltojen yhteydessä tehtävien säätöjen mahdollisuutta tai johdepalkin vaihtamista uuteen. Huollon painoarvo on pieni, mutta vaikuttaa paljon huoltoaikoihin ja mahdollisen jälkisäädön vaikeuteen.

Taulukko 1. Johdepalkin kiinnitysvaihtoehtojen vertailutaulukko.

	Painoarvo	Nykyinen	Vanhan tyylinen	Irrotettava kohdistus	Jätettävä kohdistus	Asennus työkalu
Tekninen toimivuus	5	2	3	4	4	4
Suunnittelukustannukset	1	5	2	4	4	3
Valmistuskustannukset	3	3	2	4	3	3
Asennuskustannukset	4	2	4	4	4	3
Asennuksen mielekkyys	2	2	4	4	4	3
Huolto	2	2	4	4	3	4
	<b>Yhteensä</b>	<b>40</b>	<b>55</b>	<b>68</b>	<b>63</b>	<b>58</b>

## 5.2 Johdepalkin kiinnitysvertailun tulokset

Kaikki vaihtoehtoiset johdepalkin kiinnitysratkaisut saivat vertailussa paremmat pisteet kuin nykyinen rakenne.

Vanhan runkorakenteen tyylinen ratkaisu on teknisesti melko toimiva, mutta suunnittelu- ja valmistuskustannukset nousevat selkeästi. Tämä aiheuttaa valmistusvaiheiden määrän kasvua, kun muutoksia tulee sekä jalkaan että johdepalkkiin. Tällä liitosratkaisulla joudutaan työstämään päätymaisista johdepalkeista erilaisia.

Asennustyökalun tekninen toimivuus on hyvällä tasolla, mutta ongelmaksi muodostuu se, että näitä työkaluja on teetettävä käytännössä jokaiselle asennushenkilöstön jäsenelle ja niitä on lähetettävä jokaiselle työmaalle. Myös mahdolliset erikoiskokoiset johdepalkit tai jalat aiheuttavat ongelmia.

Paikoilleen jätettävä kohdistustappi on teknisesti varmatoiminen ja helppokäyttöinen asennusvaiheessa. Ongelmia syntyy kohdistustappien sijoittamisesta. Jotta paikoilleen jätettävä kohdistustappi pystyisi kohdistamaan johdepalkin X-suunnassa, on johdepalkkiin työstettävä kohdistusura. Kohdistusura on käytännössä työstettävä erikseen johdepalkin päätylaippaan. Y-suunnassa kohdistus saadaan kiinnityslatan reunasta päätylaipan läheltä. Johdepalkin sisällä oleva paikoilleen jätetty kohdistustappi voi aiheuttaa ongelmia huoltotilanteissa, joissa kohdistustappeja päin oleva johdepalkki täytyisi irrottaa, tai sitä pitäisi säätää normaalia enemmän.

Irrotettava kohdistustappi on teknisesti varmatoiminen ja helppokäyttöinen. Käytännössä vain jalan kiinnityslaippaan tarvitsee työstää uudet reiät. Jalan keskilinjan sivuun tarvitaan yksi reikä, kohdistamaan X-suunnassa ja johdepalkin kiinnityslatan reunaan lähelle päätylaippaa. Yleiskäyttöisyyden kannalta samat reiät kannattaa myös tehdä peilikuvana, jotta johdepalkkien järjestystä voi vapaasti muuttaa. Kohdistustappeina voidaan käyttää jousisokkia tai soviteruuveja. Jousisokat voidaan lyödä jalan sisälle kun niitä ei tarvita, tai niiden ollessa tiellä. Soviteruuvit tarvitsevat kierteet jalan kiinnityslaipan reikiin, mutta ne voidaan tarvittaessa ruuvata pois kun johde on kiinnitetty. Soviteruuviin voidaan ottaa mallia osakierteisestä pidätinruuvista. Irrotettava kohdistustappi mahdollistaa myös huoltotilanteessa johdepalkkien jälkisäädön.

Potentiaalisin kehitysidea tämän opinnäytetyön johdepalkin kiinnitysratkaisuista on irrotettavilla kohdistustapeilla oleva rakenne. Tätä rakennetta on myös helppo testata, koska muutokset ovat pieniä. Muutokset eivät vaikuta mitenkään nykyisen rakenteen toimivuuteen tilanteessa jossa kohdistustapit jätettäisiin pois.

### 5.3 Johdepalkin I-palkin kohdistusholkit

Ensisijaisena kehitysehdotuksena on, että kohdistusholkkien kohdistustappi korvataan läpipultilla ja kitkaliitoksella. Holkkeihin tarvitaan tällöin vain suora reikä läpipulttia varten. Holkin seinämävahvuutta voisi samalla kasvattaa, jotta holkkien välistä kitkapintaa saadaan lisää. Valmistuskustannukset laskevat ja asennusmielekkyys paranee, kun hieman epäkeskeiset kohdistusholkit eivät haittaa asennusta. Myös kohdistusholkkien kiinnittämiseen tulee kiinnittää huomiota, jotta I-palkki ei väännä holkkia kiinni hitsatessa. Vaihtoehtoisesti holkki voidaan korvata neliötangolla, joka tukisi I-palkkia estäen sen vääntymisen hitsaamisen yhteydessä.

### 5.4 Johdepalkin laadun parantaminen

Johdepalkin valmistustarkkuuteen kiinnitetään jatkossa lisää huomiota. Kiinnityslattojen suoruutta parannetaan lisäämällä kohdistuspisteitä lisää nykyisen kahden lisäksi. Käytännössä tämä saattaa vaatia uuden kohdistustyökalun, joka ottaa kohdistuksen esimerkiksi johdepalkin I-palkin uumasta.

Johdepalkin valmistuskustannukset nousevat hieman, mutta asennuslaatu ja asennusmielekkyys nousevat kun johdepalkkien kiinnityslattoihin kiinnitettävät osat sopivat varmemmin paikoilleen.

Päätyjalkojen kohdistaminen kohdistustapilla vaatii kiinnityslatoilta suurempaa tarkkuutta, jotta asennus on nopeaa ja tehokasta.

## 5.5 Johdepalkkien vinotukien rakenne

Vinotukien rakennemuutosehdotukset koskevat lähinnä yksittäisen osan painon alentamista ja sitä kautta asennusmielekkyyden parantamista.

Jatkokehityksen kannalta potentiaaliasia vaihtoehtoja on tutkia putkirakennetta tai lattojen ohentamista ja lattojen väliin lisättävää tukilattaa. Näin saadaan laskettua yksittäisten osien painoa, jolloin niiden käsiteltävyys paranee.

Putkirakenne vaatii osien suunnittelua ja osien valmistuksessa on huomioitava tarkkaan osien keskenäiset kulmat.

## 6 POHDINTAA JA PÄÄTELMIÄ

Vaikka opinnäytetyö ei ihan vastaa automaatioinsinöörin koulutusohjelman alaa, niin työkokemukseni ja työnkuvani auttoivat havainnollistamaan tehtäväkuvauksen. Alueen alkuperäinen rajaus ja opinnäytetyön tekemistavan löytäminen vei aikansa. Oman osaamis- ja mukavuusalueen ulkopuolella oleva opinnäytetyön työnrajaus oli hyvinkin opettavainen kokemus.

Opinnäytetyön suurin ongelma oli työn aloittaminen. Aihe oli rajattu laajaksi, ja kestitkin hetki ennen kuin keksin lähteä tekemään työtä kyselyn pohjalta. Seuraava ongelma oli kyselymateriaalin saaminen ja kasaaminen. Kyselyyn osallistuneet asennushenkilöt kun tekevät työmatkoja ulkomailla jatkuvasti. Tämän vuoksi kysely jaettiin aluksi sekä sähköpostilla että paperisina versioina. Suurin osa kyselyyn osallistuvista halusi kuitenkin vastata kyselyyn suullisesti.

Kun kyselyn materiaali oli saatu kasaan ja käsiteltyä, selvitettiin runkorakenteen suurimmat ongelmat. Vastauksista rajattiin ongelmat, jotka esiintyvät useamman kerran, tai varsinainen ongelma liittyi toiseen useasti esiintyvään ongelmaan. Ongelmien oikeiden syiden kartoittaminen vaati paljon tutkimustyötä. Selvitetyt ongelmakohdat käytiin vielä asennus- ja suunnitteluhenkilöstön kanssa läpi, jotta varmistuttaisiin ongelmien oikeellisuus.

Ongelmien ratkaisuvaihtoehtojen tekemiset ja rajoittaminen oli haastavaa, mutta myös opinnäytetyön tekemisen paras puoli ja äärimmäisen opettavainen suunnitteluprosessin eri vaiheista. Ratkaisuvaihtoehtojen suunnittelussa joutuu ottamaan huomioon teknisen toimivuuden, kokonaiskustannukset, valmistustekniset asiat, asennettavuuden ja huollon näkökulmat.

Työhön valitut vaihtoehtoiset ratkaisut olivat näiden kriteerien mukaisesti järkevimät, ilman että itse robottia olisi muutettu.

Vaihtoehtoista irrotettavalla kohdistustapilla tapahtuva johdepalkin kohdistus vastasi annettuihin kriteereihin hyvin ja muutosten laajuus pysyy hyvin kurissa.

Mielestäni opinnäytetyön tavoitteet saavutettiin hyvin. Siinä kerättiin muualla käyttökelpoista tietoa asennushenkilöstön kokemista runkorakenteen asennettavuuden ongelmista. Opinnäytteessä tutustuttiin vanhoihin ja nykyisiin rakenteisiin, ja niiden eri ratkaisujen taustoihin sekä kehitettiin niiden asennettavuuden ongelmiin ratkaisuja. Opinnäytetyö oli myös ammatillisesti opettavainen kokemus tulevia mahdollisia suunnittelu- ja tuotekehitystehtäviä varten.

## LÄHTEET

Asennushenkilöstön yhteiskysely 2015. Cimcorp Oy. Ulvila. Haastattelut 1.5-10.10.2015. Haastattelijana Toni Laine. Haastattelijalla muistiinpanot tallessa.

Asennusohje MBR+. 2015. Cimcorp Oy. Sisäinen dokumentti.

Cimcorp Oy:n www-sivut. Viitattu 16.11.2015. <http://www.cimcorp.com>

Laine M. 2015. Mekaniikkasuunnittelija Cimcorp Oy. Ulvila. Haastattelu 8.6.2015. ja 12.10.2015. Haastattelijana Toni Laine. Haastattelijalla muistiinpanot tallessa.

Valtonen, E. 2015. Myyntipäällikkö Cimcorp Oy. Ulvila. Haastattelu 18.11.2015. Haastattelijana Toni Laine. Haastattelijalla muistiinpanot tallessa.

Viitanen A. 2015. Asentaja Cimcorp Oy. Ulvila. Haastattelu 1.9.2015. Haastattelijana Toni Laine. Haastattelijalla muistiinpanot tallessa.

## Kysely MBR+ -sarjan robotin runkorakenteesta

Toni Laine 8.6.2015

Tämä on osa opinnäytetyötäni, joka koskee MBR+ robottien asennettavuuden parantamista ja toivoisinkin kattavia vastauksia. Tarvittaessa haastattelen vastanneita erikseen. Vastaukset voi kirjoittaa paperin vastapuolelle, tai lähettää sähköpostilla.

Nimesi: \_\_\_\_\_

Työtehtävä: \_\_\_\_\_

Saako nimeäsi käyttää vastausten yhteydessä opinnäytetyössä?

Kyllä  Ei

- 1) Tuleeko mieleesi ongelmia nykyisen MBR+ robotin runkorakenteen asennettavuudesta?
- 2) Onko tullut vastaan ongelmia nykyisten (MBR+) runkojen kanssa asennuksissa tai jälkikäteen?
- 3) entä vanhan (MBR) mallin kanssa?
- 4) Mitä parannuksia toivoisit MBR+ runkorakenteen asennettavuuteen?
- 5) Muuta liittyen asennettavuuteen?