

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Kone - ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Modernit tuotantojärjestelmät
Juha Kaikko

Opinnäytetyö

Moottorimoduulien siirtoratkaisut linjakokoonpanossa

Työn ohjaaja
Työn teettäjä
Tampere 05/2009

Ins. Tomi-Pekka Nieminen
Metso Oyj, työn valvoja valmistuspäällikkö Kimmo Ylälehto

Juha Kaikko	Moottorimoduulien siirtoratkaisut linjakokoonpanossa
Sivumäärä	66 sivua + 20 liitesivua
Valmistumisaika	Toukokuu 2009
Työn ohjaaja	Insinööri Tomi Nieminen
Työn tilaaja	Metso Oyj, työn valvoja valmistuspäällikkö Kimmo Ylälehto

TIIVISTELMÄ

Metso Minerals Oy on maineikas maanrakennukseen ja kivenmurskaukseen erikoistunut yritys, jolla on pitkä historia Suomen vienti teollisuudessa. Nykyisin yrityksen nimi on muuttunut Metso Oyj:ksi ja toimipiste sijaitsee Tampereella Hatanpään kaupunginosassa.

Mobiletehtaan moottorimoduuliyksikössä on tarkoitus siirtyä paikkakokoonpanosta linjakokoonpanoon urakointimoottorimoduulien osalta. Tästä johtuen yksiköllä on tarvetta kartoittaa erilaisia linjakokoonpanoon soveltuvia moottorimoduulien siirtoratkaisuvaihtoehtoja. Tämä mahdollistaa moduulien sujuvan ja optimaalisen liikkuvuuden.

Tällä opinnäytetyöllä on tarkoitus kartoittaa, analysoida ja vertailla soveltuvia siirtoratkaisuvaihtoehtoja. Tutkimuksesta saatujen tulosten analysointien avulla saadaan tarkoitukseen soveltuva ratkaisu perusteluineen.

Aluksi tarkastellaan nykyisin käytössä olevaa siirtoratkaisua sekä sen ominaisuuksia. Tämän jälkeen tutkitaan erilaisia vaihtoehtoisia menetelmiä, analysoidaan niiden soveltuvuutta ja todetaan niiden hyvät ja huonot puolet. Analysoitaessa otetaan huomioon mm. huollettavuus, ergonomia, liikuteltavuus, modulaarisuus, tilavaatimukset, asennettavuus sekä hinta.

Lopputuloksena muodostui kahden erilaisen siirtoratkaisun yhdistäminen yhdeksi kokonaisuudeksi. Näin muodostui erinomaisesti linjakokoonpanoon soveltuva siirtoratkaisu moottorimoduuleille vastaamaan tulevaisuudenkin haasteisiin.

Valitettavasti linjakokoonpanoprojektin keskeneräisyydestä johtuen tätä ratkaisua ei toistaiseksi toteutettu. Myöhemmin tämän tutkimuksen suosituksen käyttöönotto on nopeaa ja helppoa auttaen linjakokoonpanon ylösajoa.

Juha Kaikko	Engine module transferability in production line
Pages	66 pages + 20 appendices
Graduation time	May 2009
Thesis supervisor	Engineer Tomi Nieminen
Co-operating Company	Metso Oyj, Supervisor Production manager Kimmo Ylälehto

ABSTRACT

Metso Minerals is a well known company whose main focus is the production of construction and rock crushing machinery. The company has a long history in the Finland export industry. These days the company has changed its name to Metso Oyj and is located in the Tampere Hatanpää district.

The engine module unit is aiming to move from subassembly stations to a full production line including contracting engine modules. To support this change, the unit needs to chart various transferability choices to ensure the production line move is optimal, smooth, and without errors.

The purpose of this thesis was to chart, analyze and compare suitable transferability choices. Results from this research are analyzed and recommendations with explanation are given.

The thesis starts with an analysis of the current transferability with positive and negative effects. Using this data, alternative methods are analyzed to find those most suitable for a production line. The analysis must pay attention to serviceability, ergonomics, move ability, modularity, space requirement, assembly and price.

The final result is a combination of two totally different choices. This flexibility ensures a solution that serves the needs and challenges of engine modules far to the future.

Unfortunately, the production line project was not attempted and this new transferability choice can't be tested. When a new project is established, this research will make production line start-up both faster and easier.

Alkusanat

Opinnäytetyö on tehty Metso Oyj:n mobilelaitetehtaalle vuoden 2009 aikana. Haluaisinkin kiittää paljon Metso Oyj:tä mahdollisuudesta tehdä tämä opinnäytetyö. Työni oli todella mielenkiintoinen, antoisa sekä sopivan haastava. Työni osoittautui haastavammaksi kuin mitä alussa oletin ja ratkaistavia pulmia tuli työn edetessä koko ajan lisää. Näistä haasteista selvitettiin loppuen lopuksi kunnialla ja sain aikaiseksi ratkaisun, joka vastasi annettuihin vaatimuksiin.

Suuret kiitokset menevät valmistuspäällikkö Kimmo Ylälehdolle hyvästä ja mielenkiintoisesta opinnäytetyön aiheesta, esimerkillisistä neuvojen antamisista sekä ohjeistuksesta.

Kiitokset menevät myös työtovereilleni työnjohtaja Hannu Rantaselle ja kehitysinsinööri Simo Suolahdelle, joilta sai aina apua sitä tarvitessani. Tampereen ammattikorkeakoululta haluan kiittää työni ohjaajaa Tomi-Pekka Niemistä hyvistä vinkeistä. Lopuksi haluan kiittää suuresti vanhempiani ja avovaimoani kannustuksesta ja motivoimisesta koko opiskelunajaltani.

Tampereella toukokuussa 2009

Juha Kaikko

Sisällysluettelo

1 Johdanto	8
2 Tutkimusmenetelmät.....	9
3 Metso Minerals Oy.....	9
4 Teoria	11
4.1 Paikkakokoonpano	11
4.2 Linjakokoonpano.....	13
4.2.1 Tahtilinja.....	15
4.2.2 Epätahtilinja.....	16
4.3 Kokoonpanon tehtävät.....	17
4.4 Läpäisy aika.....	17
4.5 Työssä käytettävien arviointikriteerien teoreettinen käsittely.....	18
4.5.1 Kustannukset.....	19
4.5.2 Työergonomia.....	20
4.5.3 Modulaarisuus.....	21
4.5.4 Huollettavuus.....	22
5 Moottorimoduulien kokoonpano.....	23
5.1 Moottorimoduuli	23
5.2 Kokoonpanon nykytila	26
5.2.1 Kokoonpanon layout	27
5.3 Kokoonpanon tulevaisuus	29
6 Siirtoratkaisuihin vaikuttavat tekijät	32
6.1 Lähtötilanne.....	32
6.2 Eri siirtoratkaisuiden vertailuun käytettävät arviointikriteerit	33
6.3 Kustannukset	35
6.4 Työergonomia	36
6.5 Asennettavuus	36
6.6 Liikuteltavuus.....	37
6.7 Modulaarisuus	38

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Kone – ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Modernit tuotantojärjestelmät

6.8 Tilavaatimukset	38
6.9 Huollettavuus.....	39
7 Siirtoratkaisuvaihtoehdot	40
7.1 Lähtötilanne.....	40
7.2 Kauko-ohjattava siltanosturi.....	40
7.3 Siirtoratkaisu kuljetinradalla	44
7.4 Siirtoalusta pyörillä	49
7.5 Ilmatyynyjärjestelmä	52
7.6 Yhdistetty ratkaisu.....	57
7.7 Siirtoratkaisuiden vertailu	59
7.8 Siirtoratkaisuiden tulokset ja suositus	62
8 Yhteenveto	63
9 Työn arviointi.....	64
Lähteet.....	65
Liitteet	66

Lyhenteiden ja termien luettelo

LT	Lokotrack (Metson tela-alustainen kivenmurskauslaitos)
LT50T	50-tonnia painava Lokotrack -tuoteperheen malli
C9 / C13	Caterpillar (moottorin valmistaja ja iskutilavuus)
Urakointimoottorit	Moottorimoduulin painoluokka ja malli (50 tonnia ja alle)
Speedline	Metso Minerals Oy:n linjakokoonpano alle 50 tonnia painaville urakoitsijakoneille
TIER 3/TIER 4	Päästöstandardi
Proto	Uuden tuotteen ensimmäinen toimiva versio

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia eri vaihtoehtoja ja saada aikaiseksi suositus linjakokoonpanoon soveltuvasta siirtoratkaisusta moottorimoduuleille. Tämä työ tuli Metso Minerals Oy:n Tampereen tehtaan mobilelaiteyksikölle aiheelliseksi, koska tulevaisuudessa moottorimoduuleita tullaan kokoamaan linjassa Caterpillar C9- ja C13- urakointimoottoreiden osalta. Linjakokoonpanolla haetaan ohjattavuutta, visuaalisuutta, tehokkuutta ja luotettavuutta kokoonpanoon, joka vaikuttaa suoraan yrityksen kilpailukykyyn maailmalla.

Tässä työssä keskitytään erilaisten moottorimoduulien siirtoratkaisuiden tutkimiseen sekä vertailuun. Näissä yhteyksissä otetaan myös huomioon niihin liittyvät ergonomia, kustannukset, tilavaatimukset, huolto, liikuteltavuus, modulaarisuus sekä asennettavuus.

Työssä tullaan perehtymään suurimmaksi osaksi teknillisiin analyysihin, mutta tarvittavissa kohdissa huomioidaan myös taloudellisia yksityiskohtia, jotta kustannukset pysyisivät kurissa. Näillä toimenpiteillä saadaan aikaiseksi suositus siirtoratkaisusta, joka olisi tarvittaessa nopeasti ja helposti toteutettavissa.

Työssä ei oteta kantaa erilaisiin linjaratkaisuihin eikä layout-vaihtoehtoihin, vaikka niitä tullaan hieman sivuamaan työn edetessä. Tässä yhteydessä ei myöskään tulla käsittelemään moottorimoduulien kokoonpanon yksittäisiä työtehtäviä.

2 Tutkimusmenetelmät

Työssä päädyttiin käyttämään laadullista eli kvalitatiivista tutkimusmenetelmää.

Laadullisilla menetelmillä tarkoitetaan erilaisia tekstien tutkimuksen menetelmiä. Teksti ymmärretään tällöin laajasti: tekstillä tarkoitetaan paitsi kirjallista myös esim. haastattelun ja kyselyn avulla tuotettua aineistoa. Laadullisin menetelmin tuotetaan tulkintoja ja merkityksiä. Usein niitä voidaan yhdistää määrällisiin menetelmiin.
(<http://ethenet.joensuu.fi/opiskelija/pikaopas/tutkimusmenetelmat.html> 16.4.2009)

3 Metso Minerals Oy

Metso Minerals Oy on pitkän historian omaava kansainvälinen yritys, joka kuuluu yhtenä osana laajaan Metso-konserniin. Yritys on perustettu vuonna 1915 nimellä Lokomo Oy. Tällöin päätuote oli höyryveturit. Vuonna 1921 valmistui ensimmäinen kivenmurskain, ja tämän jälkeen tuotanto on ollut hyvin laaja-alaista ja vaihtelevaa.

Tästä yritys on lähtenyt kehittymään yhä suuremmaksi ja arvostetummaksi yhtiöksi, jolla on suuri merkitys Tampereen yritys- ja siviilielämän kasvussa.

Vuonna 1999 erilaisten isompien ja pienempien yritysostojen ja muutosten jälkeen yrityksestä tuli osa Metso-konsernia, Rauma-Repolan ja Valmetin fuusioitumisen yhteydessä. Tänä päivänä Metso Minerals Oy:n päätoimipiste sijaitsee Tampereen Hatanpäällä, missä se työllistää yhteensä 1014 työntekijää. Maailmanlaajuisesti vuonna 2008 Metso-konsernissa työskenteli 29 322 henkilöä yli 50 maassa.



Kuva 1 Metso Minerals Oy Tampereen tehdas ilmasta kuvattuna
(Tervetuloa taloon! - powerpoint-esitys, Metso Minerals Oy)

Nykyään Metso Minerals Oy:n päätoimiala on kaivos- ja maanrakennusteknologia. Tästä toimi-alasta keskitytään nimenomaan kivenmurskaukseen ja sen käsittelyyn. Päätuotteina ovat Lokotrack tela-alustaiset liikuteltavat murskauslaitokset, joita alettiin tehdä sarjavalmisteisesti ensimmäisenä maailmassa vuonna 1985.

Tämän lisäksi päätuotteisiin kuuluvat kara – ja leukamurskaimet, kaivos- prosessit, kiven käsittelyratkaisut sekä erillisenä yksikkönä teräsvalimon tuotteet. Tampereella sijaitsee myös tutkimuskeskus ja kivilaboratorio tuotekehitystä varten. Kuvassa 2 esitellään LT116- tela-alustainen kivenmurskauslaitos.



Kuva 2 LT116 tela-alustainen kivenmurskauslaitos leukamurskaimella.
(LT116(S) ProductPresentation – powerpoint-esitys, Metso Minerals Oy)

Kuvassa 3 esitellään Metso Minerals Oy:n toimialarakenne.



Kuva 3 Metso Minerals Oy:n toimialat ja niiden jakautuminen (Yritys esittely - powerpoint-esitys, Metso Minerals Oy)

Vuonna 2008 kaivos - ja maanrakennusteknologian liikevaihto oli 2,58 miljardia euroa. Tämä antaa hyvän kuvan siitä, kuinka suureksi yritys on kasvanut vuosien varrella. (Tervetuloa taloon! – powerpoint-esitys, Metso Minerals Oy)

4 Teoria

4.1 Paikkakokoonpano

Tällä hetkellä moottorimoduulikokoonpanossa työskennellään paikkakokoonpanossa. Tällä tarkoitetaan yksittäistä asennuspaikkaa, jossa tuotetaan tuotteen asennus kerralla alusta loppuun asti valmiiksi. Paikkakokoonpano on joustava ratkaisu, joten jos työkuorma hetkellisesti nousee yli tietylle mallille suunnitellun kapasiteetin, niin siihen pystytään vastaamaan.

Lisääntyneeseen kysyntään pystytään vastaamaan yksinkertaisesti kokoonpanopaikkojen lukumäärää lisäämällä, tai jos tämä ei tilarajoitteiden johdosta ole mahdollista, niin voidaan tilapäisesti käyttää toiselle mallille suunniteltua kokoonpanopaikkaa.

Tämä kuorman lisääntymisen paikkaaminen käyttäen toisen tuotteen kokoonpanopaikkaa saattaa pahimmassa tapauksessa sekoittaa toisen tuotteen materiaalihallinnan ja aikataulutuksen, lisätä kustannuksia tuottavuuden heikentymisenä sekä vaarantaa tuotteen toimitusvarmuutta. Näin ollen tämän kaltaiset ratkaisut soveltuvat vain hetkelliseen käyttöön. On vaarana, että paikkakokoonpano saattaa muodostua pullonkaulaksi muulle tuotannolle.

Kysynnän pitempiäaikaisessa kasvussa joudutaan miettimään lisätilaan investointia tai muuta ratkaisua, jolla pystytään vastaamaan kysyntään muuta tuotantoa häiritsemättä. Tässä yhteydessä kannattaa myös huomioida, että eri tuotteilla saattaa olla volyymien lisäksi myös erilaiset resurssivaatimukset. Tällöin tuotteilla saattaa olla eri työtunnit, jolloin tämä vaikuttaa suoraan läpimenoaikaan ja kapasiteetin hallintaan.

Paikkakokoonpanon toimintamalli soveltuu erinomaisesti räätälituotteille, pienelle volyymile sekä paljon kokoonpano osia/vaiheita sisältäville tuotteille. Tämä johtuu siitä, että paikkakokoonpanossa moniosaaminen on yleisesti korkealla tasolla sekä asentajien ohjaaminen helpottuu, koska tuotanto tapahtuu alusta loppuun yhdessä kokoonpanopaikassa. Massatuotantoon sekä suurelle volyymile paikkakokoonpanoa ei kovin hyvin sovellu, sillä läpimenoaika on yleensä linjamuotoista kokoonpanoa suurempi. Näin voidaan huomata, että paikkakokoonpano on hyvin joustava ratkaisu.

Tämä joustavuus jakaantuu kolmeen erilaiseen kokonaisuuteen:

Volyymijoustavuus

- Tämä tarkoittaa, että paikkakokoonpanossa asennuspaikkojen lisääminen lisää valmistettavissa olevien tuotteiden määrää, mutta ilman henkilöstöresurssien lisäämistä läpimenoaika kasvaa samassa suhteessa. Eli kokoonpanovaiheeseen kuluu entistä enemmän aikaa.

Tuotejoustavuus

- Tällä tarkoitetaan laajaa tuoteperhettä, joita voidaan valmistaa.
- Samantyyppisten tuoteperheiden variaatioita on helppo valmistaa.

Operatiivinen joustavuus

- Tällä tarkoitetaan pienten erien valmistuskykyä, hyvää ohjattavuutta sekä mahdollisuutta hyvään tuotteen reservikapasiteettiin.

Paikkakokoonpanon hyviä puolia ovat esimerkiksi:

- Erinomainen joustavuus
- Ei ole riippuvainen viereisistä kokoonpanoista
- Asentajat voivat muuttaa kohteen kokoonpanojärjestystä mieleisekseen, kohteen mahdollisuuksien mukaan
- Ei ole niin arka mahdollisille sairauspoissaoloille.
- Sallii pienen määrään epäkurantteja osia (on aikaa tilata uusia osia tilalle).
- Työ on monipuolisempaa (alusta loppuun tekeminen).

Paikkakokoonpanon huonoja puolia ovat esimerkiksi:

- Ajoitusten mahdollinen sekavuus
- Epätasainen tuotteiden valmistuvuus
- Materiaalit saattavat sijaita kaukana asennuspaikasta
- Läpäisy aika verrattuna linjakokoonpanoon
- Kapasiteetin kasvattaminen on hankalaa
- Osaavan työvoiman saatavuus
- Tuottavuus on heikko verrattuna linjakoontaan

(Lapinleimu, Ilkka – Kauppinen, Veijo – Torvinen, Seppo, Kone- ja metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät. Tammer-paino, Porvoo 1997, s 62–63,85-91)

4.2 Linjakokoonpano

Linjakokoonpanolla tarkoitetaan tuotantomallia, jossa tuote liikkuu asemilla eteenpäin jalostuen jatkuvasti eteenpäin. Asemille syötetään tarvittaessa viereisiltä kokoonpanopaikoilta erilaisia osakokoonpanoja, jotka asennetaan kiinni itse varsinaiseen tuotteeseen. Lopullinen tuote valmistuu tarvittavien vaiheiden jälkeen, jolloin tuote on varioitu halutuksi ja on valmiina testaukseen tai suoraan tuotantoon. Linjassa on myös mahdollista tuottaa varioimattomia kokoonpanoja.

Linjalle on tyypillistä erikoistuminen tietynlaiseen tuotteeseen, jota tehdään suurella volyymilla. Linjassa käytettävien tahtiaikojen johdosta linja on suhteellisen herkkä ongelmille. Tämä saattaa tarkoittaa linjan pysähtymistä, jolloin kaikki asemaa edeltävät työt pysähtyvät.

Linjakokoonpanoa pystytettäessä pitää ottaa huomioon tuotteen volyymi markkinoilla tai sisäisellä asiakkaalla, sillä investoinnit saattavat olla huomattavia linjaa pystytettäessä. Linjan kokoaikaisen toimivuuden kannalta on olennaista, että sitä kuormitetaan jatkuvasti. Ajoittain linjan asema voi olla myös tyhjä, mikä ei ole ongelma, mutta pyrkimyksenä on jatkuva kuormitus. Materiaalienhallinnan on oltava ensiluokkaista, ja on luotettava mahdollisten alihankkijoiden tuotteiden laatuun.

Epäkurantti sisään tuleva tavara aiheuttaa lähes välittömästi suuriakin ongelmia linjan kuormituksen suhteen, sillä uuden osan saaminen alihankkijalta tai sisäiseltä toimittajalta voi kestää jopa päiviä. Tämä saattaa tarkoittaa kriittisen osan osalta linjan pysähtymisistä kokonaan, mikä saattaa johtaa osakokoonpanon myöhästymiseen. Tämä voi vaikuttaa pahimmassa tapauksessa loppukokoonpanon laitteen myöhästymiseen. Lisäksi linjan edellinen asema saattaa ruuhkautua, ja ruuhkaa voi olla hankala purkaa nopeasti.

Kaikki tuotteet eivät sovellu linjakokoonpanoon. Tähän voi olla esteenä esimerkiksi osien epästandardisuus tai se, että valmistettavien tuotteiden rakenteet poikkeavat toisistaan huomattavasti tai tuotteen volyymi ei ole tarpeeksi suuri, jotta linjamuotoinen kokoonpano olisi kannattavaa.

Linja muodostaa aina selkeän valmistusyksikön. Tämän selkeyttä ja kiinteyttä voidaan tehostaa linjan sisäisin kuljettimien avulla, koska näin saavutetaan visuaalisestikin oma tuotekokonaisuuden kokoonpanoalue. Yleisesti kumminkin suositellaan linjan soveltamista tuotantoon aina kuin se on mahdollista selkeytensä ja hyvän sisäisen ohjattavuuden johdosta. (Lapinleimu, Ilkka – Kauppinen, Veijo – Torvinen, Seppo, Kone- ja metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät. Tammer-paino, Porvoo 1997, s 85)

Linjakoonnan hyviä puolia ovat esimerkiksi:

- Suuret volyymit kustannustehokkaasti
- Läpäisy aika lyhyt
- Tuottavuus
- Tuotteet valmistuvat tasaisesti
- Puskurivarastot ovat helpommin muokattavissa

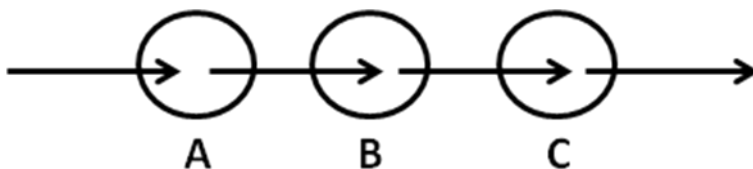
Linjakoonnan huonoja puolia ovat esimerkiksi:

- Herkkä epäkurantille tavaralle
- Ajoitus ongelmat saattavat pysäyttää koko linjan
- Alussa suuret investoinnit
- Altis sairaspöissaoloille
- Ei ole kovin joustava
- Työn yksitoikkoisuus verrattuna paikkakoontaan (ei ole alusta loppuun asti tekemistä, mutta on riippuvainen linjan organisoinnista).

4.2.1 Tahtilinja

Tahtilinjalla tuote siirtyy suoraan edelliseltä työvaiheelta seuraavalle, joten puskurivarastoja ei tarvitse olla. Puskurivarastojen ylläpito tapahtuu vasta kun lopullinen tuote on valmistunut. Tahtilinjassa linjan kapasiteetin määrää pisimmän työvaiheen kesto; tähän on otettava huomioon asemien välillä tehtävien siirtojen asetusajat, asetusten määrä sekä linjan tahtiaika. Siirtojen asetusajalla voidaan esimerkiksi tarkoittaa tuotteen siirtymistä seuraavalle tuotantopisteelle, jossa tuotteen jatkojalostaminen tapahtuu.

Tahtilinjaa kannattaa soveltaa tuotannossa, jossa puskurivarastot eivät ole olennaisessa osassa ja tuote tehdään suoraan tilaukselle. Puskurivarastoja ei tarvita, koska vaiheaika määrää linjan tahdin. Kuvassa 4 on esitetty tyypillinen tahtilinja, jossa tuote siirtyy seuraavalle asemalle vasta edellisen vaiheen valmistuttua ilman puskurivarastoja.



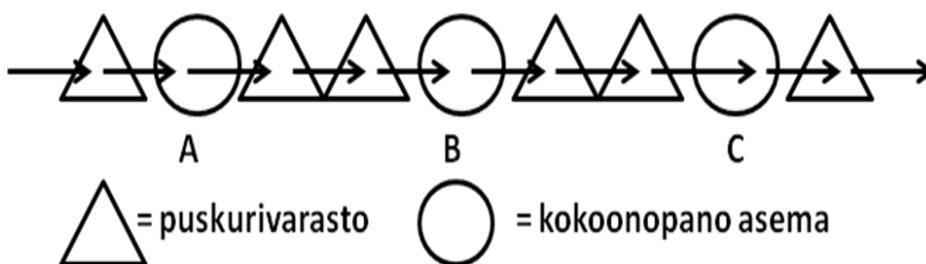
Kuva 4 Tyypillinen tahtilinja (Lapinleimu, Ilkka – Kauppinen, Veijo – Torvinen, Seppo, Kone- ja metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät. Tammer-paino, Porvoo 1997, s 81)

4.2.2 Epätahtilinja

Epätahtilinjalla tarkoitetaan linjakokoonpanoa, jossa jokaisen vaiheen välissä käytetään puskurivarastoja. Suositeltavaa on että puskurivaraston suuruus olisi enemmän kuin 1, koska puskurivaraston ollessa näin pieni kasvaa kysynnän kasvaessa vaara, että varastot ovat jatkuvasti tyhjillään. Epätahtiaika tarkoittaa käytännössä, että yhdellä asemalla voi olla tahtiaika esimerkiksi 4 h ja seuraavalla 6 h. Näin kokoonpanossa edellinen asema pystyy syöttämään puskurivarastoa seuraavalle asemalle, jolloin tuotanto jatkuu katkeamattomana.

Epätahtilinjaa kannattaa soveltaa kun tehdään puskuriiin peruskokoonpano, jota lähdetään seuraavalla asemalla varioimaan eli tekemään asiakkaan tilausta vastaavaksi.

Kuvassa 5 esitetään tyypillinen epätahtilinja puskurivarastoineen.



Kuva 5 Tyypillinen epätahtilinja (Lapinleimu, Ilkka – Kauppinen, Veijo – Torvinen, Seppo, Kone- ja metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät. Tammer-paino, Porvoo 1997, s 83)

4.3 Kokoonpanon tehtävät

Kokoonpanolla tarkoitetaan erilaisten komponenttien liittämistä toisiinsa oikeille paikoilleen oikealla tavalla. Vasta tässä tilanteessa tapahtuu tuotteen jalostamista, joka lisää arvoa asiakkaalle. Kokoonpanon yhteydessä ei voida välttää pakollisia välivaiheita, kuin varastoimista, siirtämistä, tarkastamista sekä osien sovittamista oikeisiin paikkoihin.

Välivaiheista huomaa, että itse tuottavan työn osuus on yllättävän pieni, tutkimusten mukaan vain n. 20–40 %. Näin ollen jatkuvasti pyritään pääsemään eroon turhista työvaiheista, jotta mahdollisimman suuri osuus asentajan työpanoksesta menisi osien liittämiseen eli juuri tuottavaan työhön. Tähän voidaan vaikuttaa monella tavalla, mutta yksinkertaisimmasta päästä on osien varastointi mahdollisimman lähelle itse kokoonpanopaikkaa.

Tärkeimmät dokumentit, joita asentajat tarvitsevat ovat osaluettelot ja kokoonpanopiirustukset. Näistä selviävät osien paikat lopullisessa tuotteessa sekä mitä osia tarvitaan. (Lapinleimu, Ilkka – Kauppinen, Veijo – Torvinen, Seppo, Kone- ja metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät. Tammer-paino, Porvoo 1997, s 111)

4.4 Läpäisy aika

Läpäisy aika kertoo yleisesti tuotannon tehokkuudesta. Läpäisy aika kertoo jonkin toimintakokonaisuuden alkamisesta sen valmiiksi tulemiseen. Läpäisy aika voidaan määrittää erilaisille kokonaisuuksille, esimerkiksi koko tilaukselle tai kokoonpanolle. Läpäisy aika voidaan näin ollen irrottaa prosessista liittämällä se osakokoonpanoihin.

Läpäisyajan tilaukselle määrittää tilauksen käsittely, omassa valmistuksessa kuluva aika, materiaalihankinnoille tarvittava aika sekä suunnittelun vaatima aika räätälituotteissa. Pahimmillaan suunnittelu saattaa aiheuttaa räätälituotteissa läpäisyajan kasvamista, mutta vain siinä tapauksessa, jos tilauksen saapuessa kokoonpanopiirustukset tai osaluettelot eivät ole ajan tasalla. Suunnittelun aiheuttaman läpäisyajan kasvu on poikkeustapaus eikä sitä voi ottaa normaalissa läpimenoajassa huomioon.

Jos yritys on saanut läpäisyajan lyhyeksi, niin se on merkki hyvin toimivasta, tehokkaasta ja joustavasta tuotannosta. Lyhyt prosessin läpäisy aika antaa yritykselle mahdollisuuden lyhyeen toimitusaikaan.

Asiakasohjautuva tuotanto tarkoittaa, että tuotteen valmistus alkaa vasta asiakastilauksen perusteella. Tämä tarkoittaa, että osakokoonpanossa tehtävän tuotteen läpäisyajan on oltava tuotteen kokonaistoimitusaikaa pienempi. Jakamalla koko tuotteen tuotannon pienempiin rinnakkain tehtäviin osakokoonpanoihin loppukokoonpanon läpäisy aika lyhenee. Lyhyemmällä läpäisyajalla mahdollistetaan mm. pienemmät varastosaldot sekä parempi asiakaspalvelu, koska asiakkaalla on mahdollista saada tuote nopeammin.

Läpäisy aikaan kuuluvat oleellisesti myös tuotteen asetusajat. Asetusajoilla tarkoitetaan ei tuottavaa työtä, mutta välttämätöntä toimenpidettä, jotta tuote saadaan valmistettua loppuun. Tämä voi olla esimerkiksi moduulin nostamista siirtoalustalle, moduulin siirtämistä asennuspaikalta toiselle tai erilaisten tukien asentamista, jotta tuotanto voi jatkua seuraavalla kokoonpanopisteellä tai jatkua turvallisesti.

Linjakokoonpanossa asetusajan ja tahtiajan suhde on myös oleellista, jottei asetus aika vie suurta osaa itse tuottavasta työstä. Tavoitteena asetusajalle on 0, mikä on usein vaikeata. Asetusaika on mahdollista saada hyvin lähelle 0 tavoitetta, jos tuote saadaan linjan alussa kiinnitettyä tavalla johon ei tarvitse tuotteen edetessä linjalla enää koskea. (Lapinleimu, Ilkka – Kauppinen, Veijo – Torvinen, Seppo, Kone- ja metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät. Tammer-paino, Porvoo 1997, s 53 - 60)

4.5 Työssä käytettävien arviointikriteerien teoreettinen käsittely

Tässä yhteydessä tullaan käsittelemään siirtoratkaisuissa käytettävien arviointikriteerien teoriaa. Arviointikriteerien käsittely tulee olemaan olennainen osa työtä suunniteltaessa sopivaa siirtoratkaisua linjakokoonpanoon. Näiden kriteerien avulla saadaan luotua kokonais -vaatimukset siirtoratkaisulle sekä niiden painotukset toisiinsa nähden.

4.5.1 Kustannukset

Kustannuksilla käsitetään yleisesti tuotteen valmistukseen liittyviä menoja. Näitä ovat mm. henkilökustannukset, energia, jalostettava materiaali, apuaineet/välineet, hukkamateriaalit ja hukka/tuottamaton työ. Näistä lasketaan tuotteen valmistamiseen aiheutuneet kokonaiskustannukset. Tähän lisätään päälle haluttu kate, arvonlisävero sekä muut mahdolliset menot, esim. kiinteät huoltosopimukset. Näiden avulla saadaan laskettua tuotteen lopullinen kokonaishinta, jolla tuotetta myydään asiakkaalle.

Kustannuksia voi olla myös erityyppisiä, mm. välilliset ja välittömät kustannukset.

Välilliset kustannukset tarkoittavat, että kustannuksia ei voida kohdistaa suoraan tietylle työlle. Tästä esimerkkinä, tuotannossa tapahtuu henkilöstä riippumaton katkos, josta aiheutuneet kustannukset ohjautuvat yksikön yleisiin kustannuksiin eivätkä suoraan millekään erilliselle työlle. Tällä kustannustyyppillä tarkoitetaan myös toimenpiteitä, jotka ovat välttämättömiä tapahtumia, jotta tuotteen jalostavat vaiheet saadaan tehtyä.

Välittömät kustannukset tarkoittavat, että tuotannossa tapahtuva työ, materiaalit sekä muut aiheutuneet kustannukset ohjautuvat suoraan tietylle työlle tai tuotteelle. Välittömiin kustannuksiin vaikuttavat menetelmätaso, tuotantokalusto, henkilön ammattitaito, tuotantokalusto sekä automaatiotaso.

Tuotteen jalostuksesta aiheutuvat kustannukset muodostuvat kolmessa vaiheessa:

1. Peruskustannukset, jotka pitävät sisällään suunnittelut, kalusteiden/työvälineiden hankinnat sekä tarvittavat sopimukset toimittajien kanssa. Nämä syntyvät tuotetta sovellettaessa tuotantoon.
2. Tuotteen valmistuksesta tai jalostuksesta aiheutuvat kustannukset.
3. Tuotteen on oltava osallisena tuotantojärjestelmän välillisissä palkkakustannuksissa ja tarvittavissa vaihtopääoman kustannuksissa. (Lapinleimu, Ilkka – Kauppinen, Veijo – Torvinen, Seppo, Kone- ja metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät. Tammer-paino, Porvoo 1997, s 63–70)

4.5.2 Työergonomia

Työergonomialla tarkoitetaan yleisesti työvälineiden, kalusteiden/laitteiden ja työmenetelmien kehittämistä sellaisiksi, että työn teko sujuu ongelmitta ja ilman ylimääräistä turhaa räsitusta. Työntekijän ollessa fyysisen/henkisen kuormituksen alaisena tai hänen vaarantaessa terveytensä työtä tehdessään on työnantajan velvollisuutena puuttua havaittaviin riskeihin ja parannettava tarpeellisilla toimenpiteillä työoloja.

Työterveyslaitos on antanut kattavat vaatimukset ja määrätykset työergonomiassa huomioitavista asioista, joilla pystytään luomaan viihtyisiä ja turvallinen työympäristö. Työterveyslaitoksen tekemän selvityksen mukaan tarkastettavia asioita työergonomian suhteen ovat mm:

- Valaistuksen riittävyys, tasaisuus, kontrasti ero työkappaleen ja asennustason välillä sekä etteivät valot välky.
- Hengitysilman tulee olla kelvollista sekä ilmanvaihdon tulee olla riittävä ja tarkoituksenmukainen.
- Liikkumisen pitäisi olla vapaata, turvallista sekä käytävien vapaana.
- Lämpötilan tasaisuus 19–25 °C, ei vetoa sekä sopiva ilmankosteus.
- Äänen taso ei saa olla yli 45dB keskittymistä vaativissa töissä, kuulosuojaimia on käytettävä yli 85db melussa sekä häiritsevät äänet pitää vaimentaa esim. laitteen vinkuminen.
- Työpisteen pitäisi olla muokattavissa ja ergonomisesti säädetty.
- Kuormitustaso ei saa nousta pitkäksi aikaa korkealle, tauotusten pitää olla joustavia sekä apuvälineitä on suositeltavaa käyttää.
- Nostoissa taakan alle ei saa mennä sekä on käytettävä tarvittaessa apuvälineitä
- Perehdyttäminen on hoidettava huolella, jotta uusi työntekijä tuntee turvalliset työtavat, työ- ja käyttöohjeet sekä suojavälineet.

(http://www.ttl.fi/Internet/Suomi/Aihesivut/Ergonomia/Tyokalut/tk_tp_ergonomia.htm, Työterveyslaitos työergonomia-ohje, 1.4.2009)

4.5.3 Modulaarisuus

Modulaarisuudella tarkoitetaan samankaltaisia tai samanlaisia osia, joista voidaan halutessa yhdistellä erilaisia muunnoksia tuotteeseen. Moduulit ovat yleisesti standardoituja osakokoonpanoja, esimerkiksi yrityksen kokoama moduuli tai tuote voi olla toisen yrityksen standardikomponentti. Modulaarisuus on koettu laajasti hyväksyttäväksi toimia, mikä on edes auttanut yrityksiä standardoimaan monia tuotteitaan.

Edellytyksenä tuottavalle moduloinnille on riittävä valmistusvolyymi tuotteelle, joten yksittäistuotanto ei ole kannattavaa. Tuotteen on oltava myös suhteellisen kypsä, sillä uuteen tuotteeseen saattaa tulla herkästi muutoksia ennen kuin se on tarpeeksi laadukas asiakkaalle.

Modulaarisella rakenteella saavutetaan se etu, että tuotteen eri variaatiot ovat helposti ja nopeasti yhdistettävissä standardikomponenteista tai moduuleista. Tämä helpottaa valmistuksessa mm. välillisten töiden järjestelyjä sekä logistiikkaa. Modulaarinen rakenne saattaa aluksi sitoa paljon resursseja, mutta sen edut ovat jälkeempään huomattavia. Tämän ansiosta kokonaistuottavuus, tuotteiden laatu sekä läpäisy nopeutuvat.

Moduuliajattelun avulla sekatuotantokokoonpano on saatu hallintaan ja se on voitu jakaa järkeviksi osakokoonpanoiksi. Tämän avulla on myös mahdollistettu huomattavia vähennyksiä tarvittavien nimikkeiden määrässä. (Lapinleimu, Ilkka – Kauppinen, Veijo – Torvinen, Seppo, Kone- ja metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät. Tammer-paino, Porvoo 1997, s 293–295)

4.5.4 Huollettavuus

Yleisesti työvälineiden ja laitteiden huoltamista on hieman väheksytty sekä laiminlyöty. Määrätietoisella turhan työn etsimisellä ja niiden poistamisella on päästy parempiin tuottavuustasoihin ja toimitusaikoihin. Tämä on johtanut siihen, että puskurit ja välivarastot ovat minimoituneet, joten virheisiin ja tuotannon keskeytyksiin ei juuri ole varaa. Tässä tulee esiin huolto ja kunnossapito, jottei keskeytyksiä ja häiriöitä pääsisi tulemaan.

Häiriöistä ja tuotannon keskeytymisestä tulee yritykselle turhaan välillistä työtä, joka ei tuota mitään, mutta maksaa paljon. Tarkemmin tarkastellessa tuotannon häiriöt ovat ketjuuntuneita ongelmia, jotka johtuvat esimerkiksi tietyssä tuotannon vaiheessa olleesta materiaali puutteesta tai apuvälineen rikkoutumisesta, jolloin vaihe aika on kasvanut.

Laitteiden kunnossapito lasketaan mukaan tuottavaan aikaan, koska huollettuja laitteita ja kalustoja voidaan käyttää työnteossa suunnitelluilla tavoilla eikä aiheuta kompromisseja.

Yleisesti tuotannon virheet jaetaan kolmeen osaan:

- virhe, vika
- vikaantuminen
- vikatilanne, häiriö.

Esimerkkinä voisi siirtoratkaisun osalta kertoa, että siirtoalustassa havaitaan vika, mutta kovasta työkuormasta johtuen asialle ei tehdä mitään, koska toistaiseksi alusta toimii. Kuormituksen jatkuessa alusta vikaantuu, mutta alustalle ei tehdä perusteellista korjausta, vaan lähinnä paikataan vikaa.

Loppuen lopuksi siirtoalusta hajoaa lopullisesti korjauskelvottomaksi tai vaikeasti korjattavaksi. Korvaavan ratkaisun puuttuessa tuotantoon saattaa tulla paha häiriö, joka on vaikea korjata nopeasti. Tämä johtaa toimitusvarmuuden heikkenemiseen ja mahdollisten tilausten myöhästymiseen.

Siirtoratkaisun käyttövarmuus jaetaan kolmeen osaan:

- **Toimintavarmuus**, johon vaikuttavat laitteen ikä, tehdyt ennakkohuollot ja henkilöstön motivaatio huolehtia myös apuvälineistään.
- **Huoltovarmuus** kertoo kunnossapidon tehokkuuden reagoida ilmoitettuihin vikoihin.
- **Huollettavuus** kertoo kuinka kauan keskimäärin vikojen korjaamiseen menee aikaa. Siitä ilmenevät vikojen laajuus, ja henkilöstön ammattitaito korjata havaitut viat eli yleinen huollon tehokkuus. (Lapinleimu, Ilkka – Kauppinen, Veijo – Torvinen, Seppo, Kone- ja metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät. Tammer-paino, Porvoo 1997, s 360–371)

5 Moottorimoduulien kokoonpano

5.1 Moottorimoduuli

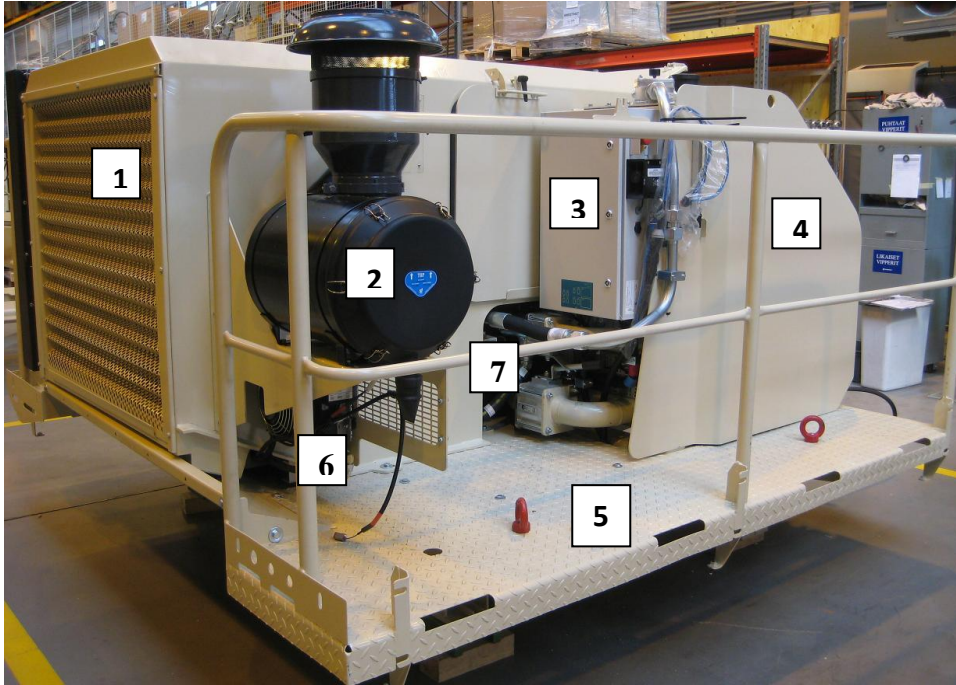
Moottorimoduuli on osakokoonpano modulaarisessa Lokotrack-murskauslaitoksessa, jossa se on voimanlähde kaikelle toiminnalle, mm. hydraulikalle sekä laitteen liikuttamiselle. Moottorimoduuleista on kahta eri alustaratkaisua.

Toinen on hitsattu alusta ja toinen on ns. ”kaljakori”; se on kuution mallinen runko, jonka sisään kootaan moottoriyksikkö. Kuvassa 6 on esitelty hitsattu alusta C9- ja C13 moottorimoduuleille.

(POISTETTU LUOTTAMUKSELLISENA)

Kuva 6 Hitsattu alusta nykyisille urakointimoottorimoduuleille

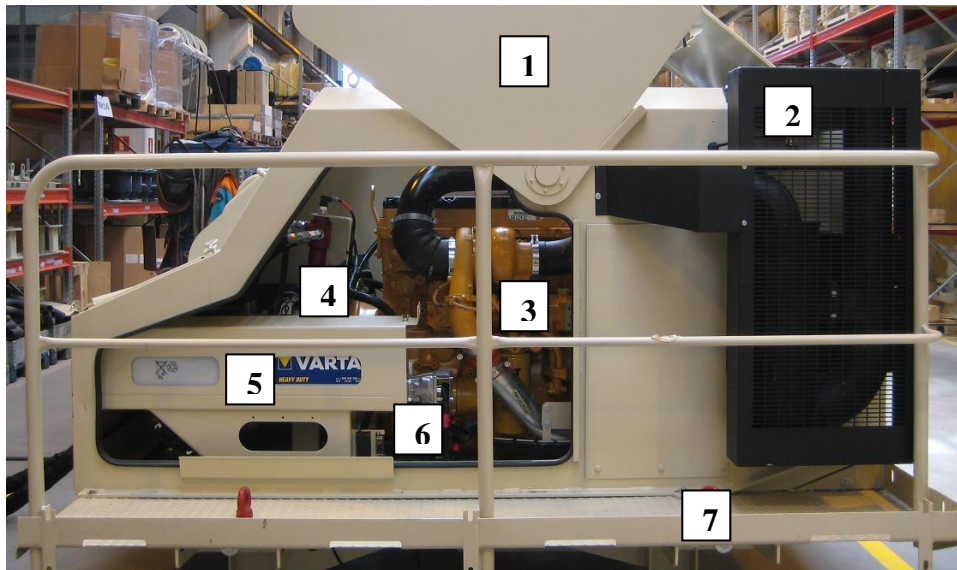
Kuvassa 7 ja 8 esitellään LT50T-urakointimoottorimoduuli, jossa käytetään hitsattua alustaa. Tämä alusta on käytössä kaikissa moottorimoduuleissa, jotka tulevat 50 tonnia ja alle painaviin Lokotrack-telamurskaimiin.



Kuva 7 Valmis LT50T moottorimoduuli kokoonpanoalueellaan

Kuvassa 7 esiintyy erilaisia komponentteja, joita on asennettu LT50T moduuliin:

1. XX
2. XX
3. XX
4. XX
5. XX
6. XX
7. XX



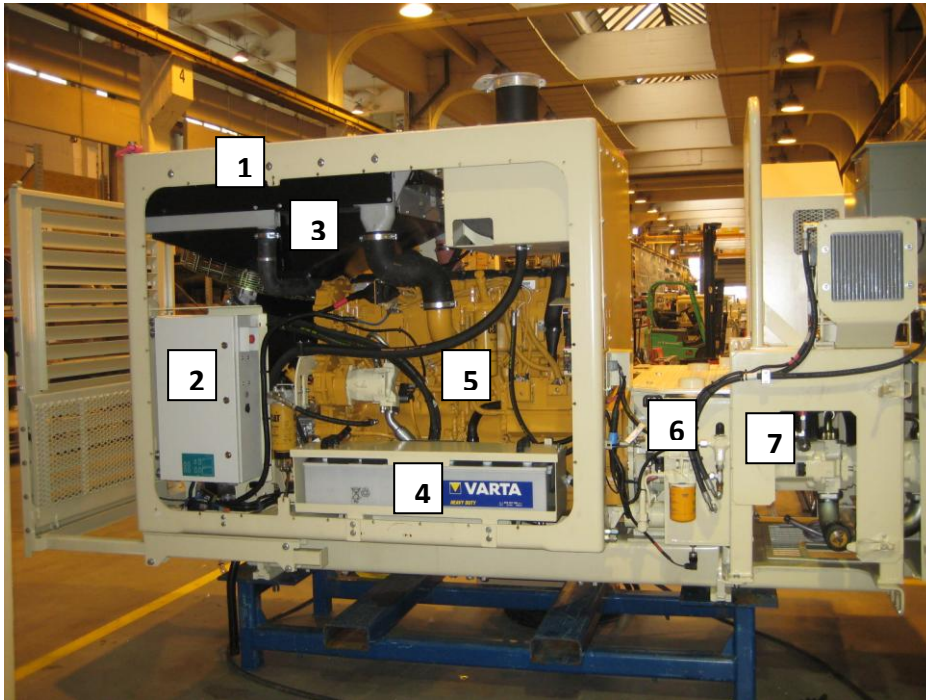
Kuva 8 Valmis LT50T moottorimoduuli kokoonpanoalueellaan

Kuvassa 8 esiintyy muita komponentteja, joita on asennettu LT50T moduuliin:

1. XX
2. XX
3. XX
4. XX
5. XX
6. XX
7. XX

Toinen mahdollinen alustarakenne on täysin erilainen verrattuna hitsattuun alustarakenteeseen. Tätä ratkaisua käytetään toistaiseksi vain louhosmoottorimoduuleissa eli 50 tonnia ja yli painavissa Lokotrack- telamurskaimissa. Kuvassa 9 on esitetty LT300GB-mallinen louhos moottorimoduuli, jossa esiintyy ns. ”kaljakori”-rakenne.

Kuvasta 9 huomaa hyvin kahden rakennetyypin eron. Kuvassa esiintyy myös nykyinen asennuspukki, jossa moduuli kasataan alusta asti. Tässä moottoriyksikkö on kasattu kokonaan rungon sisään, jolloin perään jää pumppuyksikkö ja jakovaihteistoineen.



Kuva 9 Ovia vaille valmis LT300GB asennuspaikallaan

Kuvassa 9 esiintyviä komponentteja ovat mm.:

1. XX
2. XX
3. XX
4. XX
5. XX
6. XX
7. XX

5.2 Kokoonpanon nykytila

Vielä nykyäänkin työskentely on käytännössä kokonaan käsityötä. Vaikka muissa yksiköissä automatisointi onkin lisääntynyt huomattavasti, niin moottorimoduulin rakenteesta johtuen automatisointi on käytännössä mahdotonta tai ainakin sen toteuttaminen olisi huomattavan kallista. Rakenne sisältää paljon hankalan muotoisia komponentteja ja hydrauliletkuja, joita on vaikea automatisoida järkevästi.

Nykyisillä järjestelyillä moottorimoduulin kokoaminen tapahtuu paikkakokoonpanossa. Moduulin kokoamisessa on yleensä kaksi asentajaa, mutta tarvittaessa on mahdollista siirtää toisesta moduulinkoonnasta hetkellisesti kolmas asentaja paikalle.

Tämä kaksi asentajaa/ kone on suhteellisen oikea määrä suhteutettuna tuottavuuteen ja läpimenoaikaan. Jos asentajia olisi kolme jokaisella koneella koko ajan, saataisiin läpimenoaikaa nopeutettua, mutta ongelmaksi saattaisi muodostua ajoittain tekemisen puute asentajilla. Kokoonpanossa on usein tilanteita, jolloin ei yksinkertaisesti mahdu toimimaan kahta asentajaa useampaa henkilöä kerralla koneen äärellä, vaan useampi henkilö olisi vain tiellä.

Kahdella asentajalla toimiminen on hyvä kompromissi läpimenoaikaan nähden. Tuottavuus saataisiin nousemaan huomattavasti, jos moottorimoduulia rakentaisi ainoastaan yksi henkilö kerrallaan. Tässä nousisi ongelmaksi todella pitkäksi venyvä läpimenoaika.

Näin ollen tuottavuutta ja läpimenoaikaa vertailemalla on päädytty käyttämään kahta asentajaa kerrallaan kokoonpanossa, pienellä joustovaralla toimitusvarmuuden turvaamiseksi. Tämän ansiosta pystytään palvelemaan loppukoontia oikea-aikaisesti.

Kahdella asentajalla moottorimoduulien kokoonpanoajan 0-tasoksi muodostuu urakointi moottorimoduulin mallista riippuen 70 h – 100 h, läpimenoaikojen ollessa keskimäärin n. 6 päivää.

5.2.1 Kokoonpanon layout

Nykyisellään urakointimoottorimoduulien kokoonpanopaikkoja on pyritty järjestämään malleittain. Tällöin esimerkiksi LT50T:n kokoonpanon seuranta olisi huomattavasti helpompaa, kuin että moduuleita kokoonpantaisiin mielivaltaisessa järjestyksessä.

Tällä toimintatavalla materiaalivirrat saadaan myös ohjautua oikeaan paikkaan, jolloin asentajat saavat suurimman ja kriittisimmät komponentit mahdollisemman läheltä kokoonpanopaikkaansa.

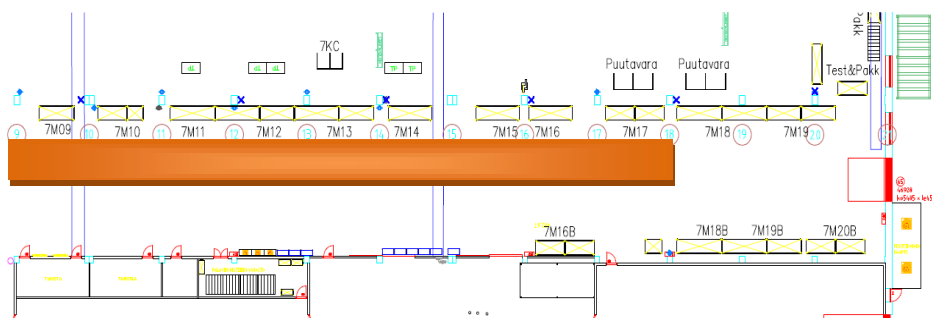
Näin voidaan hieman lyhentää moduulin kokoonpanoaikaa sekä parantaa asentajien ergonomiaa, koska raskaita osia ei tarvitse kantaa pitkiä matkoja.

Kuvassa 10 on esitetty nykyinen kokoonpanoalue. Rajattu alue esittää nykyisiä kokoonpanopaikkoja, joita on 10 kappaletta. Näiden ruutujen koot ovat 5100 mm X 3950 mm ja ne ovat 1400 mm irti takana sijaitsevistä varastointihyllyistä. Näin ollen asennustilaa hieman yli n. 20 m²/paikka. 1400 mm on jätetty vapaaksi, jotta materiaalihuollolle jää riittävästi tilaa täydentää hyllyjä tuotantoa häiritsemättä.



Kuva 10 Keltaisella rajattu kokoonpanoalue

Materiaalihuollolle jätetty alue johtaa todella ahtaaseen tilaan käytävällä, sillä pahimmillaan tilaa kokoonpanoalueen ja vastakkaisen seinän väliin jää ainoastaan 2600 mm. Tämä on todella vähän ottaen huomioon moottorimoduulin leveyden, joka on LT50T-mallilla 2491 mm. Kuvassa 11 havainnollistetaan väritetyllä alueella moottorimoduulien kokoonpanotilaa tolpa 9 tolppaan 18 urakointipuolella.



Kuva 11 Kokoonpanotilan layout

5.3 Kokoonpanon tulevaisuus

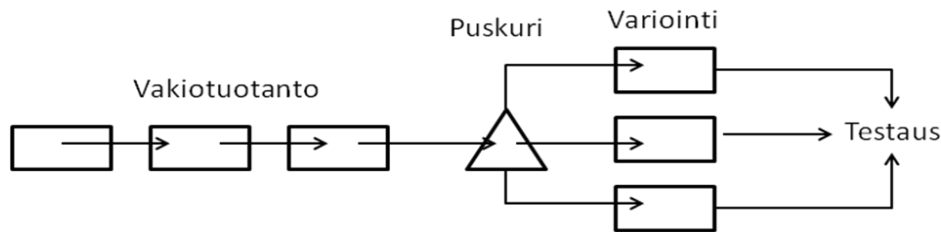
Moottorimoduulien volyymien pelkästään malleilla C9 ja C13 on ennustettu olevan 440 kappaletta vuodessa vuonna 2011. Oletettu työaika moottorimoduulille linjakokoonpanossa on 48 h + tahtiaika 4 h asemien määrän ollessa 6 kappaletta. Volyymin korkeasta tasosta johtuen pystytään hyvin pohjustamaan ratkaisuja, minkä takia on päädytty pystyttämään linjakokoonpano vastaamaan tulevaisuuden kasvavaan kysyntään.

Nykyisellä paikkakokoonpanojärjestelyllä ei pystytä vastaamaan riittävän tehokkaasti tulevaisuuden haasteisiin, sillä kovan kysynnän aikana paikkakokoonpanon kapasiteetti vietiin äärimmilleen, mutta sekään ei aina riittänyt. Siten kokoonpano olisi tarkoitus viedä linjamuotoon vuoden sisällä.

Linjakokoonpanoon vientiin vaikuttavat olennaisesti myös materiaalihallinnan parantuminen, tuotannon ohjattavuus, läpimenoajan lyhentyminen sekä parempi tuottavuus.

Syksyn 2009 aikana on tarkoitus kokeilla linjakokoonpanoa kevyesti nykyisellä TIER 3 C9 ja C13-moduuleilla. Kokeileminen tapahtuu näillä moduuleilla, koska näitä kahta mallia tullaan tulevaisuudessa tekemään linjassa. Testaamisen avulla pystytään kartoittamaan tarvittavia työkalua, siirtotapoja, osakokoonpanojen paikkoja sekä muita asioita, joita vaaditaan toimivan ja tehokkaan linjan pystyttämiseen.

Kokeilun onnistuttua lähdetään mahdollisesti toteuttamaan täyden kapasiteetin linjaa, jossa tulisivat kulkemaan rinnan nykyiset TIER 3- moduulit sekä uudet TIER 4- moduulit. Pelkästään TIER 4-moduuleita valmistettaessa jouduttaisiin toteuttamaan uusi/erilainen linja, koska TIER 4:ään siirtyminen tulee olemaan todella suuri muutos nykyisestä TIER 3:sta. Hallittavien komponenttien lukumäärä tulee kasvamaan ja tuotteen rakenne tulee muuttumaan huomattavasti. Suunnitteilla on kaksi mahdollista tuotantolinjan rakennetta, jotka soveltuisivat yksikön tarpeisiin.



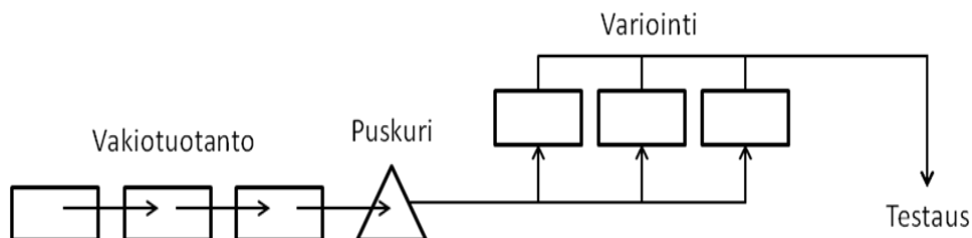
Kuva 12 Tuotantolinjan ensimmäinen rakennemalli

Kuvassa 12 on esitetty mahdollinen tuotantolinjan rakenne. Tämä olisi todella hyvä ja moottorimoduuliyksikköön soveltuva ratkaisu. Tämän tyyppisessä ratkaisussa vakiotuotanto tekee vaiheittain puskuriin muutamaa eri perusversioita moduuleista, jolloin tuotannossa pystytään nopeasti reagoimaan mahdollisiin muutoksiin.

Tämän jälkeen perusyksikkö varioidaan eri pisteillä tilausta vastaavaksi. Tämä lyhentää läpimenoaikaa, lisää tuottavuutta, sekä tässä mallissa tulevat hyvin esille linjakokoonpanon hyvät puolet, jotka on paremmin lueteltu kappaleessa 4.2. Tosin tämän kaltainen rakennemalli vaatii tilaa leveyden puolesta sen verran paljon, ettei se mahdu järkevästi nykyiseen tuotantotilaan.

Kuvassa 13 on esitetty toinen mahdollinen rakenne. Siinä on sama periaate kuin ensimmäisessä rakenteessa sisältäen kaikki samat hyvät puolet, mutta sitä on hieman sovellettu sopimaan paremmin käytettävissä olevaan tilaan.

Näin esitetyn kaltainen ratkaisu mahtuu leveytensä puolesta mainiosti tuotantotilaan. Tämän tuotantolinjan rakennemalli on erittäin todennäköisesti ratkaisu, johon loppuen lopuksi päädytään.



Kuva 13 Tuotantolinjan toinen rakennemalli

Tulevaisuudessa on odotettavissa suuria muutoksia moottorimoduulin rakenteisiin uuden TIER 4-päästömääräyksen johdosta. Vaatimukset uudessa määräyksessä ovat todella tiukat, ja niihin vastaaminen asettaa suuria haasteita suunnittelulle, koska ensimmäisen toimivan moottorimoduulin pitäisi tulla linjalta ulos 1.1.2011. Tätä ennen pitää olla kaikkien kivitestien sekä koeajojen olla suoritettu, jotta voidaan todeta että uusi tuote on varmasti toimiva.

Samalla tuotantoon, linjalle ja moduulien siirrettävyydelle kohdistuu kovia haasteita, jotta kustannukset eivät karkaisi käsistä rakenteiden muutoksen yhteydessä. Tämä johtuu siitä, että materiaalien määrä tulee kasvamaan, siirtoratkaisun tulisi mukautua uuteen rakenteeseen sekä linjan olisi toimittava täysipainoisesti.

(http://www.datacenterdynamics.com/Media/DocumentLibrary/Tier_Classification.pdf, TIER 4, 27.3.2009)

Tässä yhteydessä moottorimoduulien rakenne tulee samalla muuttumaan täysin. Tarkoituksena on mahdollisesti siirtyä käyttämään hitsatusta alustasta C9 ja C13-urakointimoottoreiden osalta ns. kaljakorirakennetta. Mutta tarkkaa rakennemäärittystä moottorimoduuleille ei ole toistaiseksi tehty.

Tämäkin tulee olemaan suuri haaste kaikille, aina tuotannosta suunnitteluun asti. Materiaalinhallinta muuttuu täysin, koska TIER 3 ja TIER 4 moottorimoduuleita tullaan tekemään samaan aikaan.

Tällöin joudutaan hallitsemaan molempien rakenteiden materiaalit optimaalisesti, minkä takia ja varastoitavien nimikkeiden määrä saattaa pahimmassa tapauksessa kolminkertaistua. Niinpä linjan ja moduulien siirtoratkaisun on oltava hyvin joustava, jotta moduulien uusi rakenne saadaan ajettua kivuttomasti tuotantoon.

6 Siirtoratkaisuihin vaikuttavat tekijät

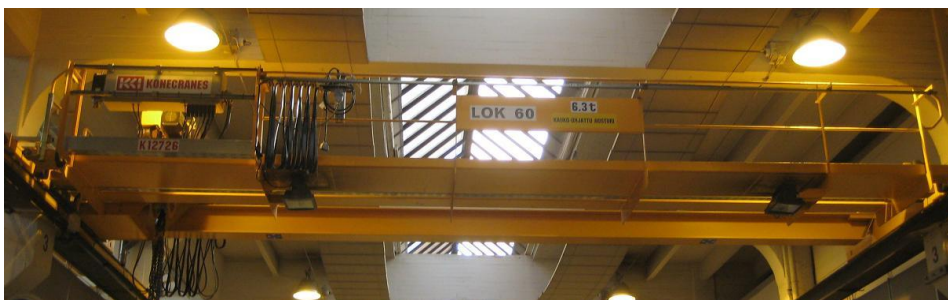
6.1 Lähtötilanne

Linjaan mentäessä moottorimoduulikokoonpanossa siirtoratkaisut tulevat korostumaan erityisesti, koska tällä hetkellä käytössä ei ole ollenkaan varsinaista siirtoratkaisua, vaan moottorimoduulien siirtämiseen käytetään trukki ja siltanosturi-yhdistelmää. Näin ollen tuleva siirtoratkaisu tulee olemaan moottorimoduuleille uusi.

Tällä hetkellä moottorimoduulien urakointipuolen tuotannossa on käytössä ainoastaan kaksi kappaletta kauko-ohjattavia siltanostureita ja näiden tukena käytetään moduulien siirtämisessä trukkeja. Kuvassa 14 esitetään käytössä oleva kauko-ohjattava siltanosturi. Tämä tuottaa hiljaisempanakin aikana ongelmia, sillä kokoonpanopaikkoja oli 10 kappaletta, joten ruuhkilta ei voida välttyä.

Nostureita käytetään moduulien valmistuttua liikuttamiseen hallin pohjoispäättyyn odottamaan viemistä trukilla testauspaikalle. Nosturia käytetään myös ahkerasti apuna raskaimpien komponenttien nostamiseen, jotta moduulin kokoonpano sujuisi ergonomisesti ja turvallisesti.

Nykyisessä moottorien liikuttelu ratkaisussa ei ole mahdollista esimerkiksi nostaa moduulia toisen yli. Tämä johtaa ongelmiin valmiiden moduulien kanssa, koska tuotantotila on rajallinen. Moduuleja siirrettäessä testaukseen saattaa muu tuotanto häiriintyä, koska tilanpuutteen vuoksi joudutaan liikkumaan siltanosturin kanssa todella läheltä muita rakenteilla olevia moduuleja.



Kuva 14 Konecranes- kauko-ohjattava siltanosturi

Tähän ongelmaan haetaan juurikin helpotusta uusilla siirtoratkaisuilla, jotta tuotannon kuormituksen noustessa ja linjan toimiessa olisi mahdollisimman hyvät valmiudet vastata kysyntään.

6.2 Eri siirtoratkaisuiden vertailuun käytettävät arviointikriteerit

Arviointikriteerien ja painoarvojen muodostamiseen antoivat omat mielipiteensä ja ideansa kaksi kehitysinsinööriä, työnjohtaja sekä valmistuspäällikkö. Tämän lisäksi viisi asentajaa tuotannosta antoivat omat näkemyksensä painoarvojen jakautumisesta. Maksimiarvo painoarvoissa on 100 %, joka jaettiin omien mielipiteiden mukaisesti tasaisesti jokaiseen kohtaan.

Näin saatiin mielipiteet asiantuntevalta ryhmältä, jonka avulla saatiin muodostettua hyvä pohjatieto tutkimusta varten. Näiden avulla voidaan lähteä tutkimaan, miettimään ja arvioimaan erilaisia vaihtoehtoja.

Tärkeimpiä siirtoratkaisuihin vaikuttavia kriteereitä tarkastellessa saatiin toteutettua taulukko. Ryhmässä pohdittiin eri painoarvoja annetuille kriteereille. Näistä kävivät ilmi mainiosti tärkeimmät tarkasteltavat kohteet, joiden avulla voidaan tehdä ratkaisuja soveltuvimmasta siirtoratkaisusta moottorimoduuleille.

Taulukko 1 Painoarvojen jakautuminen toimihenkilöiltä

	PAINOARVOT %						
	Huolto	Ergonomia	Liikuteltavuus	Hinta	Modulaarisuus	Tilavaatimukset	Asennettavuus
Kehitysinsinööri	5	15	10	10	25	20	15
Kehitysinsinööri	10	20	25	5	5	10	25
Työnjohtaja	10	20	10	5	20	10	25
Valmistuspäällikkö	5	20	10	10	20	10	25
Keskiarvo	7,5	18,75	13,75	7,5	17,5	12,5	22,5

Taulukosta 1 käyvät ilmi toimihenkilöiden mielipiteet painoarvojen jakautumisesta. Värikoodit merkitsevät, että vihreät ovat todella tärkeitä, oranssit ovat huomioitavia ja valkoiset tarkoittavat ei kriittisiä kohteita. Tästä voidaan todeta, että ergonomia, asennettavuus sekä modulaarisuus tulevat olemaan tärkeitä tarkastellessa erilaisia vaihtoehtoja siirtoratkaisuiden osalta.

Siirtoratkaisun tilavaatimukset ja liikuteltavuus saivat myös suhteellisen korkean keskiarvon, joten nämä asiat pitää huomioida huolellisesti. Huolto ja hinta jäivät viimeiseksi, joten nämä asiat eivät tule olemaan kriittisiä kohtia pohtiessa soveltuvaa ratkaisua, mutta huomioimatta näitäkään ei voi kokonaan jättää.

Taulukosta 2 käyvät ilmi tuotannon työntekijöiden näkemykset samasta asiasta. Tässä tulevat hyvin ilmi näkemuserot siitä, mitä työntekijät pitää tärkeänä. Työntekijöiden osalta hinta ei ole missään määrin ratkaiseva tekijä, joten se ei ole saanut painoarvoa ollenkaan. Tämä johtaa väkisin siihen että n. 5 – 10 % jakautui muihin kohtiin, mikä osaltaan selittää hieman erilaisia painoarvojakaumia.

Verrattuna toimihenkilöiden painojakaumiin ainoastaan asennettavuus sai saman korkeimman painoarvon, mutta muut kohdat menivät työntekijöiden painoarvojen kanssa ristiin. Tästä voidaan todeta, että työntekijät arvostavat siirtoratkaisun huollettavuutta ja tilavaatimuksia enemmän kuin modulaarisuutta ja ergonomiaa.

Tämä tuli pienenä yllätyksenä, koska käsityksenä oli että työntekijät haluaisivat tässä yhteydessä parantaa työmukavuuttaan ja työn tekemisen helppoutta enemmän kuin siirtoratkaisun huollettavuutta tai pohtia kuinka suuren tilan mahdollisesti tuleva siirtoratkaisu vaatii.

Taulukko 2 Painoarvojen jakautuminen työntekijöiltä

	Huolto	Ergonomia	Liikuteltavuus	Hinta	Modulaarisuus	Tilavaatimukset	Asennettavuus
Asentaja 1	20	5	5	0	20	10	40
Asentaja 2	20	5	10	0	15	10	40
Asentaja 3	10	10	30	0	20	10	20
Asentaja 4	10	20	15	0	5	25	25
Asentaja 5	15	20	10	0	10	20	25
Keskiarvo	15	12	14	0	14	15	30

Taulukossa 3 on laskettu kaikkien henkilöiden antamien painoarvojen keskiarvot. Tästä voidaan huomata, että annetut painoarvot palautuvat samanlaisiksi kuin toimihenkilöiden listalla taulukossa 1. Tämä pitää yhteenvetona painoarvojen jakaumat samanlaisina kuin alkutarkastelu- tilanteessa.

Taulukko 3 Painoarvojen jakautuminen yhteensä

	PAINOARVOT %						
	Huolto	Ergonomia	Liikuteltavuus	Hinta	Modulaarisuus	Tilavaatimukset	Asennettavuus
Kehitysinsinööri	5	15	10	10	25	20	15
Kehitysinsinööri	10	20	25	5	5	10	25
Työnjohtaja	10	20	10	5	20	10	25
Valmistuspäällikkö	5	20	10	10	20	10	25
Asentaja 1	20	5	5	0	20	10	40
Asentaja 2	20	5	10	0	15	10	40
Asentaja 3	10	10	30	0	20	10	20
Asentaja 4	10	20	15	0	5	25	25
Asentaja 5	15	20	10	0	10	20	25
Keskiarvo	11,7	15,0	13,9	3,3	15,6	13,9	26,7

Tärkeimmiksi tarkastelukohteiksi nousivat asennettavuus, modulaarisuus ja ergonomia. Huomionarvoisiksi nousivat liikuteltavuus ja tilavaatimuksen. Huollettavuus ja hinta jäivät viimeisiksi, joten nämä kaksi tarkastelukohdetta eivät ole kriittisiä.

Annettujen painoarvojen pohjalta saatiin jokaisesta kohdasta keskiarvo. Näitä tullaan käyttämään siirtoratkaisujen arvioinnissa suuntaa-antavina painotettuina painoarvoina.

6.3 Kustannukset

Tässä työssä siirtoratkaisuja mietittäessä pitää ottaa huomioon pitkän aikavälin kustannukset, sillä liian kalliin ratkaisun suunnitteleminen ei ole kannattavaa. Tässä tulee mm. huomioida tarvittavat hankintakustannukset sekä mahdollisista rakenteissa tapahtuvista muutoksista aiheutuvat kustannukset. Ylläpitokustannuksia ei tarvitse huomioida, koska kaikissa siirtoratkaisuissa ylläpitokustannukset ovat minimaalisia ja sisältyvät normaaleiden huoltojen yhteyteen.

Mahdolliset muutokset ja ongelmat saattavat romuttaa tai tehdä tarpeettomaksi jo kalliilla hankittujen siirtoratkaisujen tarpeellisuuden, jolloin menot tulevat kohtuuttoman suuriksi yritykselle.

Nämä asiat huomioiden on pyrittävä mahdollisimman joustavaan ja kustannustehokkaaseen ratkaisuun. Varsinaista budjettia ei ole tällä hankkeelle asetettu, vaan investointeja tutkitaan saaduista tuloksista, joiden perusteella mahdollinen hankinta toteutetaan. Taulukko 3:ssa saaduista tuloksista voidaan todeta, että kustannukset/hinta tulee saamaan painotetun painoarvon 5 %. Tästä johtuen tämä ei tule olemaan kriittisten tarkasteltavien kohtien joukossa.

6.4 Työergonomia

Tässä työssä työergonomiaa tullaan huomioimaan siirtoratkaisun suunnittelun yhteydessä, jotta asentajille saadaan ergonominen ja tarkoituksen mukainen työympäristö. Tarkoituksena on saada siirtoratkaisulla parannettua työasentoja, helpottaa osien asentamista sekä vähentää fyysistä kuormitusta.

Työpisteen/siirtoalustan tulisi olla korkeus- sivuttais- ja poikittaissuunnassa säädettävä, jolloin asentaja pystyy säädättämään työskentelypisteensä omien fyysikaalisten ominaisuuksien ja mieltymysten mukaisesti. Näin työskentely ja asennuskorkeudet tulevat halutunlaisiksi, jolloin ergonomia kasvaa ja estää jopa mahdollisia työtapaturmia. Taulukko 3:ssa saaduista tuloksista voidaan todeta, että työergonomia tulee saamaan painotetun painoarvon 20 %. Tästä johtuen se on tärkeimpien huomioitavien kohtien joukossa.

6.5 Asennettavuus

Asennettavuudella tarkoitetaan, että moottorimoduuli on helposti lähestyttävissä joka puolelta sekä kaikkiin tarvittaviin paikkoihin on esteetön pääsy. Asennettavuudella tarkoitetaan myös osien sopivuutta niille tarkoitetuille paikoilleen ja käytössä on tarkoitukseen soveltuvat työkalut.

Urakointimoottorimoduuli on suhteellisen leveä n. 2500 mm ja pitkä, n. 2200 mm. Louhosmoottorimoduuli on leveydeltään n. 1400 mm ja pituudeltaan n. 2700 mm. Tästä voidaan huomata, että siirtotapa tulee viemään jonkin verran tilaa, jotta moduuleita voidaan siirrellä turvallisesti.

Siirtotapaa valittaessa on otettava huomioon myös, että siirtoratkaisu ei saisi olla itse juurikaan moduulia leveämpi. Tällä tavalla estettäisiin osaltaan osien asennettavuusongelmia, sillä asentajat eivät siirtotavan takia joutuisi hankaliin työasentoihin eivätkä väistelemään turhaan moduulia.

Taulukko 3:ssa saaduista tuloksista voidaan todeta, että asennettavuus tulee saamaan painotetun painoarvon 30 %. Tästä johtuen se on tärkeimpien huomioitavien kohtien joukossa saaden lisäksi korkeimman painoarvon.

6.6 Liikuteltavuus

Tässä työssä liikutettavuudella tarkoitetaan moottorimoduulin siirrettävyyttä asemien välillä. Liikuteltavuudessa pitää huomioida monia asioita, mm. moottorimoduulin raskaus varsinkin linjan loppuvaiheessa, siirtoaika asemien välillä sekä mahdolliset asetusatjat.

Kuten todettu, moottorimoduuli on hyvin raskas linjan loppuvaiheessa, jopa 5000 kg, joten käsivoimin työntäminen saattaa muodostua jopa mahdottomaksi. Tällöin pitää huomioida jonkin asteinen kevennin helpottamaan liikuteltavuutta.

Siirtoaika asemien välillä pitäisi pystyä minimoimaan, koska siirtämiseen kuluva aika on käytännössä suoraan pois tuottavasta kokoonpanoajasta. Tämä vaikuttaa myös tämän kautta läpimenoaikaan.

Asetusaika pitää myös huomioida tarkoittaen mahdollisten nostoliinujen tai koukkujen kiinnittämistä ennen varsinaista siirtämistä tai moduulin uudelleen asettelua toiselle kokoonpanopaikalle. Näistä johtuen taulukko 3:ssa saaduista tuloksista voidaan todeta, että liikuteltavuus tulee saamaan painotetun painoarvon 10 %. Näin ollen liikuteltavuus ei ole tärkeimpien huomioitavien kohtien joukossa, mutta tämä asia pitää ottaa vakavasti huomioon.

6.7 Modulaarisuus

Tässä työssä modulaarisuudella tarkoitetaan joustavaa, muokattavaa ja monipuolista siirtoratkaisua. Siirtoratkaisun valintaan modulaarisuus vaikuttaa huomattavasti, sillä sen on sovelluttava erilaisille moottorimoduuleille ja niiden variaatioille. Käytännössä ratkaisun on sovelluttava kaikille linjassa valmistettaville moduuleille sekä on ajateltava tulevaisuuteen TIER 4:n johdosta.

TIER 4 tulee muuttamaan nykyistä rakennetta, joten siirtoratkaisun on taivuttava ilman lisäinvestointeja myös uuteen ja erilaiseen tuotteen rakenteeseen. Tämä asettaa paljon vaatimuksia ratkaisulle, mutta onnistuessaan se tuottaa huomattavia helpotuksia tuotantoon ja nopeuttaa moottorimoduulin läpäisyäikää reilusti.

Ajan saatossa tarvittavat investoinnit tulevat maksamaan itsensä takaisin läpäisyajkojen ja tuottavuuden kasvun avulla. Asentajien motivaatiokin kasvaa, koska heidän ei tarvitse koko ajan tapella ongelmallisten kiinnitysten ja koukkujen kanssa, vaan voivat keskittyä olennaiseen tuottavaan työhön suuremmalla innostuksella.

Näistä johtuen taulukko 3:ssa saaduista tuloksista voidaan todeta, että modulaarisuus tulee saamaan painotetun painoarvon 20 %. Näin ollen se on tärkeimpien huomioitavien kohtien joukossa.

6.8 Tilavaatimukset

Tässä työssä tilavaatimuksilla tarkoitetaan mahdollisen siirtoratkaisun vaatimaa tilaa tuotannosta sekä varastosta. Linjamuotoisessa ratkaisussa moottorimoduulien kokoonpanotila on jo valmiiksi mm. materiaalihyllyistä johtuen melko ahdas, joten ratkaisu ei saisi olla juurikaan moduulia leveämpi.

Mahdollinen varasiirtoratkaisu pitää varastoida odottamaan käyttöönottoa, joten olisi erittäin suotavaa, että varajärjestelmä ei turhaan veisi kohtuuttoman paljon varastointitilaa. Tästä johtuen olisi erittäin tärkeätä saada siirtoratkaisun koko pysymään kohtuullisena. Näin saataisiin tuotannollisille komponenteille jätettyä mahdollisimman paljon tilaa varastosta.

Näistä johtuen taulukko 3:ssa saaduista tuloksista voidaan todeta, että tilavaatimukset tulevat saamaan painotetun painoarvon 10 %. Näin ollen liikuteltavuus ei ole tärkeimpien huomioitavien kohtien joukossa, mutta tämäkin asia pitää ottaa vakavasti huomioon.

6.9 Huollettavuus

Tässä työssä huollettavuus tarkoittaa, että siirtoratkaisua mietittäessä tulee huomioida siirtotavan monimutkaisuus ja teknisyyt. Mitä monimutkaisempi ja teknisempi laite tai ratkaisu, sitä suuremmalla todennäköisyydellä tuotteen tai ratkaisun käyttövarmuus on alhaisempi.

Huollon saatavuus on myös huomioitava. Monesti on saatavilla 24 h korjauspäivystyksiä, mutta on mahdollista että siirtoalusta voidaan joutua lähettämään jopa ulkomaille korjattavaksi. Tällöin korjausaika saattaa venyä päivistä viikkoihin tai jopa kuukausiin. Tämä sotkee varmasti tuotannon tehokkuuden, jollei yritys ole varautunut ylimääräisellä siirtoalustalla tai kehittänyt korvaavaa vararatkaisua. Tässä on huomioitava huollon helppous eli siirtotavasta riippuen, voidaanko huolto toteuttaa itse paikallisesti hitsaamalla tai esimerkiksi tiivisteiden vaihdoilla vai tarvitseeko kutsua virallinen korjaaja paikalle.

Näistä asioista johtuen taulukko 3:ssa saaduista tuloksista voidaan todeta, että huollettavuus tulee saamaan painotetun painoarvon 5 %. Tästä johtuen tämä ei tule olemaan kriittisten tarkasteltavien kohtien joukossa.

7 Siirtoratkaisuvaihtoehdot

7.1 Lähtötilanne

Tässä työssä vaihtoehdot on arvioitu tilanteeseen, jossa linjan käyttöaste on 100 %. Linjakoonnan yhteydessä tulisi olemaan osakokoonpano- yksiköitä, joten osakokoonpanoyksiköt tarvitsevat omat nosturinsa. Nämä tulisivat olemaan joko seinäkääntö- tai pylväskääntönostureita. Valmistaja- vaihtoehtoja on useita ja näistä yksi vaihtoehto on esitelty liitteessä 3.

Linjan ollessa 6-paikkainen tarvitaan osakoontapaikkoja 1 - 2 kappaletta, jolloin pakollisia kustannuksia tulisi olemaan osakoontien tarvitsemista seinäkääntönosturien osalta XX € tai pylväskääntönostureista johtuen jo XX €. Nämä olisivat ns. vähimmäiskustannuksia ennen varsinaisen linjan siirtoratkaisun vaikutuksia. Pylväs- ja kääntönosturit on esitelty tarkemmin Intologin kuvastossa sekä liitteissä 1 ja 2. (Intolog kuvasto, 2009, 163 sivua)

7.2 Kauko-ohjattava siltanosturi



Kuva 15 Konecranes- kauko-ohjattava siltanosturi

Konecranes CXTD tuotetiedot:

Nosturi kaksipalkkinen CXTD siltanosturi

- kuorma 6,3t,
- jänneväli 10,35 m
- nostokorkeus 5,56 m (Max 6 m)
- radan kisko 60 X 40
- paino 6300 Kg

Nopeudet

- nosto 5/0,83 m/min 2-nopeuksinen
- vaunnsiirto 20/5 m/min 2-nopeuksinen, invertterillä
- sillansiirto 25/6,2 m/min 2-nopeuksinen, invertterillä

Moottorit

- nosto 7,5/1,2 kW 60 % ED
- vaunnsiirto 2 x 0,25 kW 40 % ED
- sillansiirto 2 x 0,36 kW 40 % ED

Nosturin tuotetiedot on esitelty tarkemmin liitteessä 3.

Tällä hetkellä tuotannossa on käytössä kuvissa 14 ja 15 esitetty siltanosturi, joita on kaksi kappaletta urakointimoottorimoduulien puolella. Näiden siltanostureiden käyttäminen linjakoonnan yhteydessä tulisi olemaan ongelmallinen rajoittuneen siirtokapasiteetin johdosta liikuttaa moduuleita linjan vaatimassa tahdissa.

Linjan ollessa esimerkiksi 6-paikkainen ja linjan liikkuessa tasaisessa syklistä kahdella nosturilla ei pystytä liikuttamaan kerralla kaikkia moduuleita. Kahdella nosturilla toimiminen sekoittaisi tilannetta, ja läpimenoaika sekä tahtiaika kärsisivät, koska väistämättä tapahtuisi asemilla turhaa odottelua.

Tästä johtuen siltanostureita jouduttaisiin ostamaan lisää yksi tai kaksi kappaletta. Kustannukset hyötyyn nähden nousisivat korkeiksi. Kuten siltanosturin hinta-arviosta voidaan huomata.

Yhden Konecranes- kauko-ohjattavan 6,3 t nostavan ja 10,35 metrin jännevälillä olevan siltanosturin hinta-arvio on noin XX € + ALV ilman tukipalkkien vahvistamista ym. lisävarusteita. Kahdella nosturilla kokonais- hinta olisi tällöin XX €. Tarjous on esitelty liitteessä 3. Kyseinen tarjous on jätetty vuonna 2007 Jussi Eerolan toimesta, mutta tällä kyseisellä tarjouksella saadaan hyvin hahmotettua hintaluokkaa kyseisestä nosturista. Arvio on tehty käyttöasteelle 100 %, jonka takia hinta on laskettu kahdelle uudelle nosturille. Arvosanaksi muodostuu huono.

Uuden nosturin lisääminen yksikköön vie huomattavasti tilaa tuotantotilasta. Ei varsinaisesti suoraan lattia pinta-alasta, mutta korkeus suunnassa. Tämä saattaa johtaa tilankäyttöongelmiin ja mahdollisesti häiritsee tuotantoa, koska nosturia ei aina pysty siirtämään kokoonpanon kohdalta pois muun liikenteen tai tuotannon johdosta. Suuri määrä nostureita haittaa myös valaistusta, aiheuttaen varjostuksia ja häiriten kokoonpanoa. Näin tilankäytön arvosanaksi muodostuu kohtalainen.

Siltanosturissa etuina voidaan todeta, että kaikki työntekijät on koulutettu käyttämään kauko-ohjattavaa siltanosturia, joten ylimääräistä aikaa koulukseen ei menisi. Seinärakenteet ovat myös valmiiksi suunniteltuja siltanosturi käyttöön. Tällöin ei tarvita suurempia kiinteistökuunnostuksia tai vahvistuksia rakenteisiin, koska mahdollinen uusi nosturi tulisi olemaan samanlainen kuin nykyisin käytössä olevat nosturit.

Siltanosturin hyviä puolia on, että nostoliinoilla ja ketjuilla nostaminen on tuttua jo nykyisestä toiminnasta. Tällöin moduuliin tai alustan nykyiset nostopaikat kävisivät myös jatkossa. Nostaminen ja siirtäminen tapahtuvat tällöin yksinkertaisesti ja turvallisesti.

Modulaarisuus myös toteutuu mallikelpoisesti, sillä nostoliinat ja ketjut voidaan asettaa suhteellisen vapaasti haluttuihin pisteisiin. Tämä lisää huomattavasti monikäyttöisyyttä tulevaisuutta vartenkin. Näin ollen arvosanaksi muodostuu hyvä.

Asennettavuus on hyvällä tasolla, koska siirtotapahtumat tehdään vasta ennen kokoonpanoa ja sen jälkeen. Tämän johdosta moduuliin on täysin esteetön pääsy asentajalla kokoonpanon yhteydessä. Tämän johdosta arvosanaksi tulee kiitettävä.

Huolto on myös hyvällä mallilla, sillä tarvittaessa korjaajat tulevat paikalle hyvinkin nopealla aikataululla, koska Metso Minerals Oy:llä on jo ennestään valmiit huoltosopimukset mm. Algol Oy:n kanssa. Mutta arvosanaa laskee pakollinen odottelu, koska asentajat itse eivät voi koskea nosturiin. Tässä pitää ottaa huomioon myös nosturin teknisyytys, koska mahdollisen vian ilmetessä saattaa korjaukseen mennä useita päiviä tuntien sijaan.

Liikuteltavuus olisi muuten hyvä, mutta monen nosturin liikuttelu tuo odottelua, mahdollisia törmäyksiä sekä turhaa ”säätämistä”. Tämän johdosta arvosana laskee huomattavasti.

Ergonomia on hyvällä mallilla, koska työskentely on vapaata moduulin ympärillä ja työskentely asennot ovat hyvällä tasolla. Arvosanaa tosin laskee säätöjen täydellinen puute sekä nostolenkkien jatkuva kiinnittäminen ja avaaminen.

Tarkasteltavista kohteista painotetut arvosanat muodostuivat edellä mainittujen kohtien johdosta seuraavasti:

Taulukko 4 Painotettujen keskiarvojen jakautuminen siltanosturissa

	Huolto	Ergonomia	Liikuteltavuus	Hinta	Modulaarisuus	Tilavaatimukset	Asennettavuus
Arvosana	6	8	6	6	8	7	9
Painotettu keskiarvo	7,8						

Yhteenvetona voisi mainita:

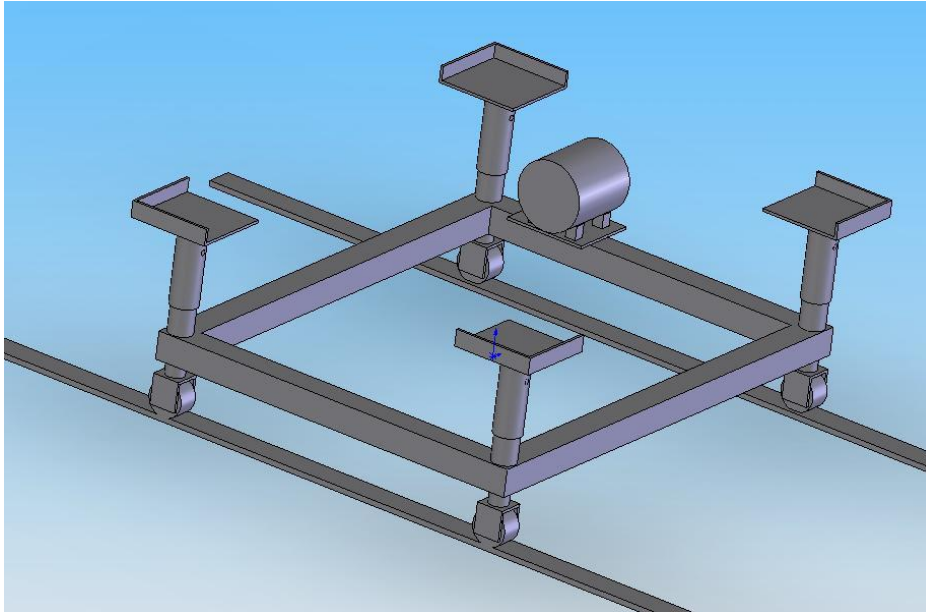
Hyvää

- Ei tarvitse koulutusta
- Nykyiset rakenteet sallivat lisäyksen ilman suuria muutoksia
- Yksinkertaisuus
- Modulaarisuus
- Asennettavuus

Huonoa

- Kallis
- Kapasiteetti ei riitä liikuttamaan kaikkia moduuleita tahdissa
- Kömpelö (tarkoittaen nosturin hidasta liikuttelua sekä sen asettelua)
- Vie paljon tilaa tuotannosta korkeussuunnassa.

7.3 Siirtoratkaisu kuljetinradalla



Kuva 16 Siirtoalustan proto-malli kiskoradalle

Kuljetinrata tulisi koostumaan:

- 72 metriä pitkistä kiskoista
- Siirtoalustasta mahdollisesti sähkömoottorilla varustettuna

Alusta

- Materiaali on S355J2H
- Pituus (Sisämitta) 1660 mm \pm 15 mm Palkki: 100 X 100 X 4
- Leveys (Sisämitta) 2492 mm \pm 15 mm Palkki: 100 X 100 X 4
- Korkeus 350 mm \pm 15 mm Palkki: 88,9X 6,3
- Korkeus säädettävä, min. 350 mm max. 500 mm sisäpalkki 82,6 X 6,3
- Polyuretaanipyörät TCH 28
- Kantavuus yhteensä 5600 kg, Yksittäin 1400 kg
- Kahdessa renkaassa/alusta on oltava jarru tai lukitus

Sähkömoottori

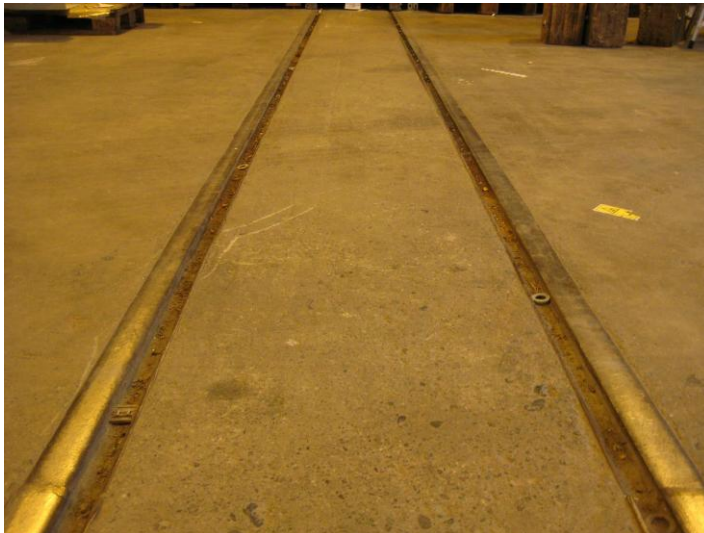
- N. 750 W alennusvaihteella

Toinen vaihtoehto olisi lattiaan asennettavat kiskot, joilla saataisiin rakennettua kuljetinrata moottorimoduulille. Tämä ratkaisu vaatisi lähes 72 metriä pitkän kuljetinradan, koska rata alkaisi linjan alusta eli tolpastä 9 jatkuen aina tolpalle 20 helpottaen valmiin moottorimoduulin koekäyttöön vientiä.

Liitteessä 4 esitetään layout moottorimoduulien kokoonpanotilasta mittoineen.

Liitteessä 5 esitellään alustan liikkuminen asemien välillä sekä itse moottorimoduuli alustan päällä.

Kuvassa 17 esitetään malli lattiaan asennetuista kiskoista, mikä tulisi olemaan kuvasta poiketen moottorimoduuliyksikössä leveämpi.



Kuva 17 Malli lattiaan asennetuista kiskoista

Siirtoalustaan jouduttaisiin asentamaan mahdollisesti sähkömoottorit tai vastaava avustus helpottamaan asentajien fyysistä kuormaa, sillä moottorimoduuli linjan loppuvaiheessa tulisi painamaan lähes 5000 kg. Tämän kokoisen massan siirtäminen käsivoimin olisi todella hankalaa, ellei mahdotonta. Alustan ohjaaminen tapahtuisi kauko-ohjauksella, johdolla tai kiinteästi alustassa olevalla ohjaimella.

Alustavien suunnitelmien mukaan kuljetinalustoja jouduttaisiin hankkimaan vähintään 7 kappaletta, jotta jokaiselle asemalle saadaan oma alusta, sekä virhetilanteita varten yksi varalle.

Asennusalustaa ei voida tehdä itse, koska tällöin ei voida varmistaa sen täyttävän kaikkia turvallisuusvaatimuksia, joten asennusalusta joudutaan tilaamaan alihankinnasta. Tällöin varmistetaan alustan täyttävän tarvittavat tyyppihyväksynät. Alustan mahdolliseksi valmistajaksi valittiin Orsiteräs, joka antoi tarjouksen kuvan 16 mukaisesta alustasta; tarjous on esitelty liitteessä 6.

Tarjous oli XX €/kpl sisältäen maalauksen tumman siniseksi ja sinkouksen, pyörät olisi hankittava erikseen. Pyöriksi valittiin TCH 28 Gigant A B&B tools Companyn valikoimista, pyörien kantavuus on yhteensä 5600 kg ja hinta on XX €/kpl ilman lukitusta ja lukituksen kanssa XX €/kpl. Molempia renkaita tarvitaan 2 kappaletta jokaiseen siirtoalustaan, joten hinnaksi muodostuisi näin ollen $XX \text{ €} \times 7 + (XX \text{ €} \times 2) \times 7 + (XX \text{ €} \times 2) \times 7 = XX \text{ €}$.

Kustannuksia lisäävät huomattavasti lattiaan teetettävät kiskot, jotka leikataan timanttilaikalla syvyyteen 110mm leveyden ollessa 100mm. Liitteessä 7 on esitelty Maniska Tekniikka Oy:n hinnasto. Hinnastosta huomataan, että syvyyden saavuttaminen maksaa 31,80 €/m ja tuntityöt laitteineen 37,00 €/h, sekä raudoituksen ylittäessä Ø12 mm:n k/k 150 mm tulee 20 % -40 % hinnan korotus. Näin ollen lattiaan asennettavien kiskojen työn osuuden hinnaksi muodostuisi ilman hinnan lisäkorotuksia $(40\text{h} \times 37,00 \text{ €} + 31,80 \times 72 \text{ m}) \times 4 = \text{noin } 15\,078 \text{ € ALV } 0 \text{ \%}$. Tässä on työn kestoksi arvioitu 40 h. Hinta on kerrottava neljällä, koska kiskoja tulee luonnollisesti olemaan kaksi kappaletta ja yhden kiskon uraan tarvitaan kaksi railoa. (<http://www.maniska.fi/hinnasto.html>, 13.5.2009)

Timanttileikkauksen jälkeen leikkuu-urien väli pitää piikata auki sekä tasoittaa pohja, minkä jälkeen vasta päästään raudoittamaan uraa. Tähän pitää lisätä vielä itse raudoitusmateriaali, joten kokonaiskustannus lattiaan asennettaville kiskoille tulisi lähentelemään arviolta XX €. Sähkömoottorin hinta-arvio on XX €/kpl, joten laskettuna $XX \text{ €} \times 7 \text{ kpl}$ hinnaksi muodostuu XX €. Kokonais kustannukset kuljetin radalle tulisivat siis olemaan $XX \text{ €} + XX \text{ €} + XX \text{ €} = XX \text{ €}$. Näin ollen arvosanaksi muodostuisi hyvä.

Kiskojen asentaminen lattiaan edesauttaisi työturvallisuutta, sillä moottorimoduulin kulkulinjat olisivat aina tiedossa ja moduuli tulisi liikkumaan ainoastaan suoraan. Samassa yhteydessä tulisi olemaan se ongelma, että betonilattiaan tehdystä kuljetinradasta siitä tulisi pysyvä. Tämä on todella hankalaa tulevaisuutta ajatellen, jos joskus päädyttäisiin luopumaan kyseisestä siirtoratkaisusta. Lattiaan jäävät kiskot saattaisivat aiheuttaa suuria ongelmia toisenlaisen siirtoratkaisun suunnittelussa ja toteutuksessa.

Kokoonpanossa on mahdollista tulla asennettavuusongelmia. Alustan rakenne ei rajoita suoraan asennusmahdollisuuksia, mutta mahdollinen sähkömoottori alustassa sekä alustan ohjausyksikkö saattavat aiheuttaa rajoituksia tiettyihin asennusjärjestyksiin kokoonpanossa. Yleisesti ottaen asennettavuus pysyy joka tapauksessa kohtuullisena, koska suuria esteistä ei alustasta johtuen muodostu. Arvosana tulisi olemaan kohtalainen.

Kuljetinrata ei ole kovinkaan modulaarinen, koska alustan rakenne tulee pitkälti määräytymään soveltuvuudesta kiskoille. Tämä johtaisi siihen, että lähes jokaisella mallille joutuisi olemaan oma alusta, koska säädettävyys ja muokattavuus jäävät kiskoista johtuen vähäiseksi. Nämä asiat heikentävät modulaarisuuden arvosanaa, joka tulisi olemaan huono.

Ergonomia on vain kohtuullinen, koska alustaa on hankala säätää sopivaksi, sillä alustasta löytyy ainoastaan korkeus säätö. Osa moduulin kohdista saattaa olla vaikeita lähestyä, mistä voi seurata epäergonomisia työskentelyasentoja.

Mahdolliset alustan liikuttamiseen suunnitellut avusteet saattaisivat myös muodostaa myös epäergonomisia työskentely asentoja. Arvosanaksi muodostuisi huono.

Liikuteltavuus mahdollisen sähkömoottorin tai vastaavanlaisen avusteen ansiosta alustasta tulisi kevyt ja helppo liikuttaa, mutta ilman avustusta lähes mahdotonta. Arvosana muodostui käytännössä pakollisen siirtoavustuksen kanssa. Liikuteltavuuden arvosanaksi muodostui kiitettävä.

Ratkaisu tulisi viemään paljon asennustilaa kiskoista ja alustan kiinteästä koosta johtuen. Tarvittaessa tätä siirtotapaa on hankala varastoida tilapäisesti pois käytöstä alustan tilantarpeen takia. Näin tilavaatimuksen arvosanaksi muodostuu huono. Huoltaminen on helppoa, sillä osat ovat siirtoratkaisun ylösajamisen jälkeen yksinkertaisia. Tarvittavat huollot voidaan toteuttaa itse paikallisesti, tällöin ulkopuolisia kustannuksia ei pääse muodostumaan. Tämän johdosta huollon arvosana on kiitettävä.

Tarkasteltavista kohteista painotetut arvosanat muodostuivat edellä mainittujen kohtien johdosta seuraavasti:

Taulukko 5 Painotettujen arvosanojen muodostuminen kuljetinradalle

	Huolto	Ergonomia	Liikuteltavuus	Hinta	Modulaarisuus	Tilavaatimukset	Asennettavuus
Arvosana	9	6	9	8	5	5	7
Painotettu keskiarvo	6,6						

Yhteenvetona voisi mainita:

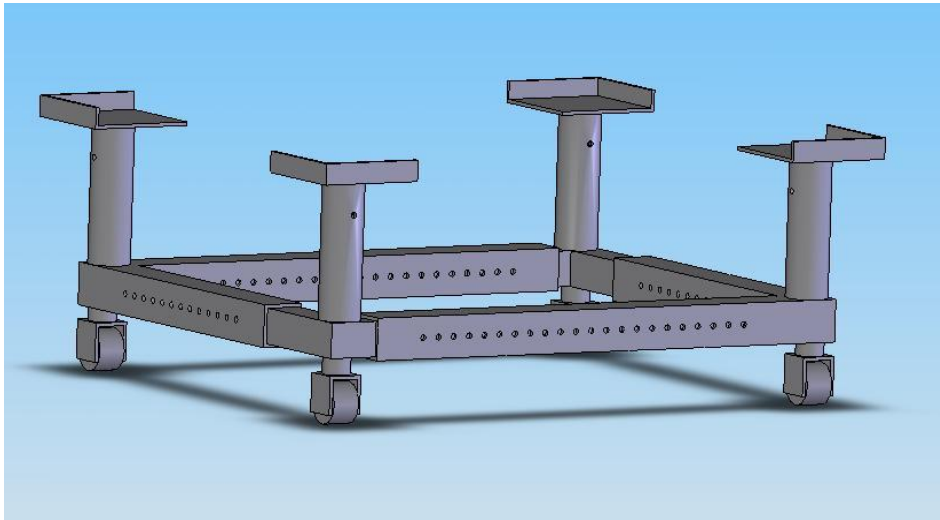
Hyvää

- Liikuteltavuus
- Turvallisuus
- Huollettavuus
- Hinta (varauksella)

Huonoa

- Asennettavuus varauksella
- Ergonomia
- Tilavaatimukset
- Modulaarisuus
- Pysyvyys (kiskot lattiassa)

7.4 Siirtoalusta pyörillä



Kuva 18 Proto-malli pyörillä varustetusta siirtoalustasta säädöillä

Alusta

- Materiaali on S355J2H
- Pituus min. 1300 mm \pm 15 mm max. 1850 mm \pm 15 mm Palkki: 100 X 100 X 4
- Leveys min. 1850 mm \pm 15 mm max. 2850 mm \pm 15 mm Palkki: 100 X 100 X 4
- Korkeus min. 370 mm \pm 15 mm max. 520 mm \pm 15 mm Palkki: 88,9X 6,3
- Korkeus säädettävä, min. 350 mm max. 500 mm sisäpalkki 82,6 X 6,3
- Pituus ja leveys säädettävä, sisäputki 95 mm X 95 mm X 5
- Reiät 50 mm välein, pituus suunnassa 13 kpl, leveyssuunnassa 22 kpl, korkeussuunnassa 3 kpl sekä reikien halkaisija \varnothing 12
- Polyuretaanipyörät TCH 28
- Kantavuus yhteensä 5600 kg, Yksittäin 1400 kg
- Kahdessa renkaassa/alusta on oltava jarru tai lukitus

Kolmantena vaihtoehtona on pyörillä liikkuva siirto/asennusalusta. Tämä ratkaisu muodostuisi kohtuullisen halvaksi ratkaisuksi toteuttaa, vaikka alusta joudutaan tilaamaan alihankkijalta, kuten kuljetinradan alustakin. Kuvassa 18 esitellään säädettävä proto-malli mahdollisesta siirtoalustan rakenteesta. Tämän alustan tarjous on esitelty liitteessä 6.

Kuvassa on sivuttais- ja poikittaissäätöreiät piirretty tarkoituksella ulkopalkkiin säätöjen havainnollistamiseksi, todellisuudessa säätöreiät tulisivat olemaan sisäpalkissa ja ulkopalkissa olisi vain yksi reikä. Tämä johtuu porauksessa syntyvistä pärseistä, jotka jäisivät tällöin sisäpalkin sisään eivätkä tällöin hankaisi metalliin säätöjä tehtäessä.

Siirtoalusta tulisi olemaan yksinkertainen, koska rakenteen toteuttamiseen tarvittaisiin ainoastaan hitsausta, pyörien kiinnittämistä sekä tietysti raaka-aineet. Liitteen 6 tarjouksen mukaisesti hinta olisi XX €/kpl ALV 0 %. Kokonaishinta muodostuu samalla tavalla kuin kuljetinradan ratkaisussa sivulla 50 siirtoalustalle, tosin ilman sähkömoottoria. Hinnaksi muodostuisi näin ollen $XX \text{ €} \times 7 + (XX \text{ €} \times 2) \times 7 + (XX \text{ €} \times 2) \times 7 = XX \text{ €}$, eikä muita kustannuksia tulisi olemaan. Hinnan arvosanaksi muodostuisi näin ollen erinomainen.

Ergonomiaa tämän kaltaisessa ratkaisussa on kiitettävä, koska alustaa voidaan säätää halutunlaiseksi eikä alusta muodosta esteitä työasennoille, koska jokaiseen paikkaan on helppo ja esteetön pääsy.

Liikuteltavuuden arvosana kärsii osittain siirrettävyyden vaikeuden takia.

Linjakokoonpanon loppuosassa moottorimoduulin paino tuli olemaan lähes 5000 kg, joten tämän kaltaista ratkaisua on todella raskasta siirtää käsivoimin. Siirtämiseen tarvitaan vähintään 2-3 asentajaa. Tämä sitoo kapasiteettia ylimääräiseen työhön, joten liikuteltavuudelle muodostuu arvosanaksi todella huono.

Siirtoalusta tulisi olemaan suunniteltu asennettavuutta silmällä pitäen, jotta kaikkiin tarvittaviin moottorimoduulin kohtiin on esteetön pääsy. Näin rajoitteita ei muodostu ja kokoonpano on vaivatonta. Arvosanaksi muodostuu kiitettävä.

Modulaarisuus on erinomainen tämän kaltaisessa ratkaisussa, johtuen juuri suurista säätömahdollisuuksista sivuttais-, poikittais- ja korkeussuunnissa. Näin ollen alustan muokattavuus sekä joustavuus palvelevat useita malleja vaivattomasti. Arvosanaksi tulee näin ollen kiitettävä.

Tilavaatimuksissa alusta on kooltaan suhteellisen kookas, mutta sen voi säätää hyvinkin pieneksi, joten tilaa kokoonpanosta tämä ratkaisu ei paljoa vie. Alusta on myös helppo ja nopea työntää rullien avulla tarvittaessa tieltä pois. Varastointi onnistuu pieneksi työnnettynä varsin kohtuullisesti. Arvosanaksi tulee kokonaisuudessaan kohtalainen.

Huoltaminen on todella yksinkertaista ja helppoa. Tämä on yksinkertaisen ja halvan ratkaisun ansiota. Tarvittavat huoltotoimenpiteet voidaan tehdä itse paikallisesti, joten ainoa mitä tarvittaessa joudutaan tilaamaan ulkopuolelta varaosiksi ovat alustassa vaadittavat pyörät. Näillä toimitus- aika on parhaimmillaan tunteja, joten tuotannon tehokkuuteen ongelma- tilanteet eivät vaikuta. Arvosanaksi tulee kokonaisuudessaan erinomainen.

Tarkasteltavista kohteista painotetut arvot muodostuivat edellä mainittujen kohtien johdosta seuraavasti:

Taulukko 6 Painotettujen arvosanojen muodostuminen pyörillä liikkuvalla siirtoalustalla

	Huolto	Ergonomia	Liikuteltavuus	Hinta	Modulaarisuus	Tilavaatimukset	Asennettavuus
Arvosana	10	9	4	10	9	7	9
Painotettu keskiarvo	8,4						

Yhteenvetona voisi mainita:

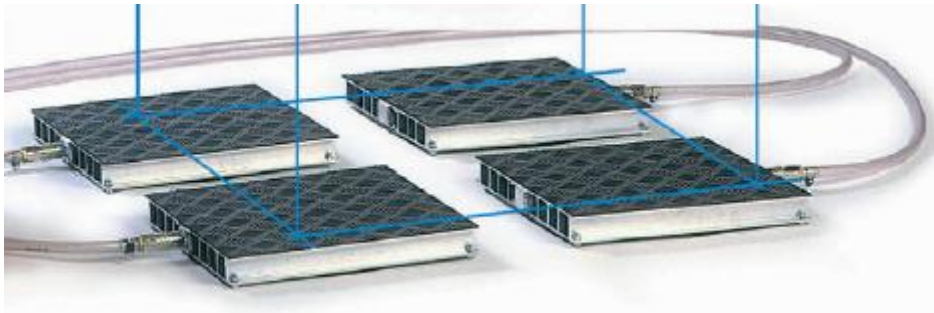
Hyvää

- Hinta
- Yksinkertainen
- Huollettavuus
- Ergonomia
- Asennettavuus
- Modulaarisuus

Huonoa

- Todella huono liikuteltavuus
- Tilavaatimukset varauksin

7.5 Ilmatyynyjärjestelmä



Kuva 19 Solving MLS-siirtojärjestelmä (http://www.solving.fi/pdf/mls_fi.pdf)

Tekniset tiedot:

- Tyyppi MLS 412
- Kapasiteetti 7000 kg
- Ilmankulutus 1120 NI/min
- Ilmapaine 300 kPa
- Koko 304 mm x 304 mm

Järjestelmään kuuluu vakiona:

- 4 ilmatyynymoduulia
- 4 ilmansyöttöletkua
- Ohjauslaatikko, jossa paineensäätimet ja -mittarit kullekin ilmatyynylle
- 30 m ilmansyöttöletkua sulkuventtiileineen
- Käyttöohjeet

(Solving Oy kotisivu, [www-sivu][viitattu 14.5.2009])

Kuvassa 19 esitellään ilmatyynyjärjestelmä ja liitteessä 8 on esitelty tekniset ominaisuudet ja järjestelmä tarkemmin.

Neljäntenä vaihtoehtona on moottorimoduulien siirtäminen ilmatyynyjen avulla. Tämän kaltaisesta ratkaisusta on jo hyviä kokemuksia speedline- linjakokoonpanossa.

Metso Minerals Oy:llä on tästä johdosta ennestään yhteistyötä Solving Oy:n kanssa, jonka valikoimista löytyy kattava valikoima erityyppisiä ilmatyyny ratkaisuja teolliseen tuotantoon.

Yrityksen mallistosta löytyi mielenkiintoinen ratkaisu, joka sopisi juuri moottorimoduulin siirtämiseen. Järjestelmä muodostuu neljästä kappaleesta ilmatyynylevyjä, jotka asennetaan moottorimoduulin jalkojen alle. Järjestelmä kytketään paineilmaletkuilla ohjausyksikköön, joka muodostaa pinnan ja levyjen väliin ohuen ilmakerroksen. Näin saadaan pienennettyä kitka lähes olemattomiin. Tämä malli on MLS 412, joka on esitelty tarkemmin Solving Oy:n esitteessä ja liitteessä 8. (Solving MLS-siirtojärjestelmä esite, 2009)

Näillä ilmatyyny-laatoilla saadaan moottorimoduuli todella kevyeksi ja yksinkertaiseksi liikutella. Moduulien liikuteltavuus linjakokoonpanossa ei muodostu tämän järjestelmän ansiosta ongelmaksi. Moduulia pystyy liikuttelemaan vaivatta yhden asentajan voimin. Arvosanaksi tulee erinomainen.

Järjestelmän ilmatyyny-laattojen koko on ainoastaan 304 mmx304 mm ja kantavuus 7000 kg. Tämän ansiosta laatat ovat hyvin yksinkertaista ja ne on helppoa varastoida pieneen tilaan päällekkäin. Tuotantoon jää huomattavasti enemmän vapaata liikkumatilaa eikä näin ollen tilaa mene hukkaan ollenkaan. Tästä johtuen tilavaatimusten arvosanaksi muodostuu erinomainen.

Moottorimoduulien asennettavuus tulee olemaan kiitettävä, koska laattojen koko on hyvin pieni ja ne sijoitetaan moduulien jalkojen alle. Näin ne eivät muodosta minkäänlaisia esteitä tai rajoitteita tehokkaalle kokoonpano työskentelylle. Ainostaan moottorimoduulin alle pääsemisen vaikeus ilmatyynyjen mataluudesta johtuen laskee arvosanaa, joka silti jää kiitettäväksi.

Ergonomia on hyvällä tasolla, koska hankalia työskentelyasentoja ei pääse muodostumaan eikä liikkumiselle ole esteitä. Tämä on osittain myös erinomaisen asennettavuuden ansiota. Arvosanaa laskee jonkin verran olematon säädettävyys. Käytännössä laattoja on mahdoton säätää, joten asentajan on tyydyttävä siihen korkeuteen, mihin moottorimoduuli asettuu laattojen päälle. Näin ollen arvosanaksi muodostuu hyvä.

Modulaarisuus on nykyhetkellä erinomainen, koska laattojen paikkoja on mahdollista muokata mielivaltaisesti, mutta ilman säädettävyyttä korkeus- suunnassa. Laattoja voidaan liikutella vapaasti sopimaan eri mitoilla olevien jalkojen alle, mikä sopii suunnitelluille C9- ja C13 moottorimoduuleille linjakokoonpanoa ajatellen. Tämän hetkisille C9- ja C13-rakenteille tämä ratkaisu olisi siis todella modulaarinen ja soveltuva.

Tulevaisuutta ajatellen tämä ratkaisu menettää modulaarisuuttaan todella paljon, koska TIER 4:n johdosta nykyiset moduulien rakenteet tulevat muuttumaan huomattavasti. Vielä ei ole tarkkaa tietoa, minkälainen tuleva rakenne tulee olemaan. Mahdolliseen kaljakorirakenteeseen pelkät ilmatyynyt eivät sovellu ollenkaan. Arvosanaksi modulaarisuuden osalta muodostuu huono, koska modulaarisuudella juuri haetaan soveltuvuutta tulevaisuuden haasteisiin.

Huollettavuus on helppoa, johtuen speedlinen käytössä olevista ilmatyyny- alustoista. Huoltaminen voidaan toteuttaa itse ilmatyynykuljettimien mukana tulleiden ohjeiden mukaisesti. Isompien ongelmien ilmetessä joudutaan kutsumaan korjaaja paikalle, mikä johtaa odotteluun ja mistä saattaa seurata pahimmassa tapauksessa koko linjan pysähtyminen. Tämä tosin ei ole kovinkaan todennäköistä. Mahdollisesti tarvittavat varaosat huollon yhteydessä toimitetaan Solving Oy:n toimesta ja tuleviin huoltoihin pystytään ennakkoon varautumaan huolto-ohjeiden ansiosta. Huollettavuus saa arvosanaksi kohtalainen.

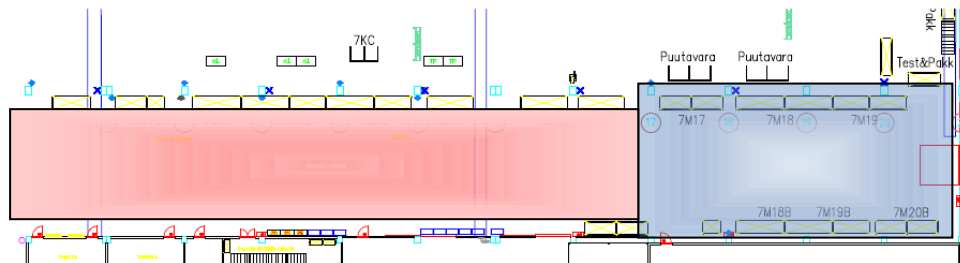
Hintataso on kohtuullinen, sarjan hinta on XX €/kpl ja näitä tarvittaisiin seitsemän kappaletta. Kuusi kappaletta olisi linjan jatkuvassa käytössä johtuen linjan asemien määrästä ja yksi kappale varalla. Näin kokonaiskustannuksiksi muodostuisi XX € ilmatyynyjärjestelmän osalta. MLS 412-ilmatyynyjärjestelmän tarjous on esitelty liitteessä 9.

Kustannuksia tulisi lisäämään tuotantotilan lattian käsittely. Tämä on tarpeellista tehdä, koska ilmatyynyjärjestelmä vaatii toimiakseen kunnolla tiiviin lattian. Käytettäessä nykyistä huokoista betonilattiaa ilmatyynyjärjestelmän tuottama ilma tunkeutuu betonilattiassa sijaitseviin pieniin reikiin, jolloin järjestelmä ei saa aikaiseksi kunnollista nostovoimaa. Tämä voidaan korjata käsittelemällä lattia epoksimassalla.

Nykyisessä tuotantotilassa on jo pohjoispäädyssä käytetty lattian korjaukseen kyseistä epoksimassaa. Tämän johdosta on aikaisemmin tehty tarjouspyyntö Master Floor Oy:lle. Tämä sama tarjous toimii pohjana myös nykyiselle lattiakäsittelyn laajennukselle, jotta lattiasta tulisi yhtenäinen nykyisen epoksimassan kanssa. Kyseinen tarjous on esitelty liitteessä 10.

Kyseinen lattian käsittelyn laajennustyö olisi laajuudeltaan 35 m x 8 m, jolloin käsiteltävä pinta-ala olisi noin 280 m². Näin ollen lattian käsittely tulisi maksamaan kakkineen töineen sekä materiaaleineen yhteensä noin XX €. Tämä hinta on vanhan tarjouksen pohjalta laskettuna, mutta se on edelleen suhteellisen tarkka arvio antaen oikean suuruusluokan tarvittavalle työlle.

Epoksilla käsitelty lattia alue olisi kuvassa 20 esitetyn kaltainen. Sinisellä värjätty alue kuvaa nykyistä epoksilla käsiteltyä lattia-ala, joka ulottuu tolppaan 17 asti ja menee tavarahyllyjen yli molemmille puolille. Jatkettava alue on värjätty punaisella, se alkaa tolppasta 17 jatkuen tolppaan 9 asti, menemättä kumminkaan tavarahyllyjen yli. Näin katettaisiin ainoastaan tarvittava tuotanto pinta-ala eikä ylimääräisiä alueita.



Kuva 20 Layout epoksilla päällystetystä lattiasta

Kokonaiskustannukset ilmatyynyjärjestelmälle tulisi olemaan XX € + XX € = XX €, sisältäen 7 kappaletta ilmatyynyjärjestelmiä sekä lattian käsittelytyöt. Arvosanaksi hinnasta tulee kohtalainen.

Tarkasteltavista kohteista painotetut arvosanat muodostuivat edellä mainittujen kohtien johdosta seuraavasti:

Taulukko 7 Painotettujen arvosanojen muodostuminen ilmatyynyille

	Huolto	Ergonomia	Liikuteltavuus	Hinta	Modulaarisuus	Tilavaatimukset	Asennettavuus
Arvosana	7	8	10	7	6	10	9
Painotettu keskiarvo	8,2						

Yhteenvetona voisi mainita:

Hyvää

- Liikuteltavuus
- Asennettavuus
- Tilavaatimukset
- Ergonomia

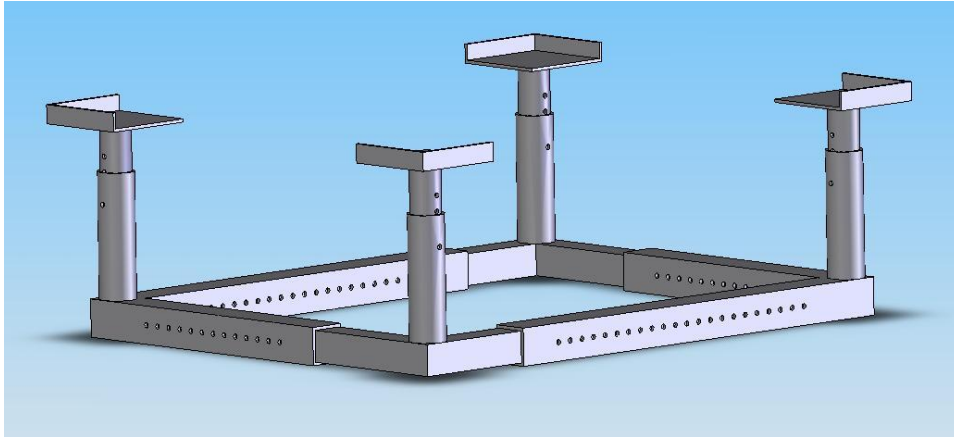
Huonoa

- Modulaarisuus tulevaisuudessa
- Hinta
- Huollettavuus varauksin

Tulevaisuutta ajatellen ilmatyynyjärjestelmä vaatisi hieman jatkokehitystä, jotta sillä saavutettaisiin parempi modulaarisuus sekä ergonomia taso myös tulevaisuudessa.

Yksinään ilmatyynyratkaisu ei suoraan sovellu käyttötarkoitukseen huonon modulaarisuuden johdosta, vaikka hyvän kokonaisarvosanan saikin.

7.6 Yhdistetty ratkaisu



Kuva 21 Säädettävän asennusalustan proto-malli ilman pyöriä

Tuote tiedot:

- Samanlainen siirtoalusta kuin kohdassa 7.4, mutta ilman pyöriä.
- Samanlainen ilmatyynyjärjestelmä kuin kohdassa 7.5

Tuloksista voidaan huomata, että siirtoratkaisuiksi löytyi kaksi hyvää vaihtoehtoa, joista molemmista löytyi jokin ratkaiseva huono puoli. Pyörillä liikkuva asennusalustan kohtaloksi muodostui liikuteltavuus ja tilavaatimukset. Ilmatyynyjen kohtaloksi tulevaisuutta ajatellen muodostuivat modulaarisuus sekä ergonomia. Huonot puolet voidaan eliminoida yhdistämällä nämä kaksi eri ratkaisua yhdeksi kokonaisuudeksi.

Näin saadaan aikaiseksi siirtoratkaisu, jossa kaikki osa-alueet ovat hyvällä tai erinomaisella tasolla nyt ja tulevaisuudessa järjestelmän hintaa lukuun ottamatta. Ratkaisu tulisi olemaan ilmatyynyillä kulkeva säädettävä asennusalusta. Kuvassa 21 havainnoidaan siirtoalustan proto-mallia.

Yhdistetyssä ratkaisussa yhdistyisivät ilmatyynyn ja pyörillä kulkevan siirtoalustan hyvät puolet, sekä huonot puolet saatiin eliminoidua lähes kokonaan pois. Hinta tulisi nousemaan pelkässä pyörillä kulkevasta siirtoalustasta, mutta hinta ei ollut painoarvo kriteereissä kriittinen tarkasteltava kohta. Hinta tämän kaltaiselle ratkaisulle tulisi olemaan kohtuullinen saatuihin ominaisuuksiin nähden.

Säädettävän alustan jokaiseen kulmaan tulitisiin laittamaan ilmatyynylevyt. Tämän kaltaisella ratkaisulla saataisiin pyörillä liikkuvan siirtoalusta ratkaiseva huono puoli eli huono liikuteltavuus eliminoitua pois. Samalla ratkeaisi pelkällä ilmatyynyillä kulkevan moduulin modulaarisuus- ja ergonomiaongelmat pois. Näin ollen liikuteltavuuden arvosanaksi muodostuisi erinomainen, modulaarisuuden arvosanaksi tulisi erinomainen ja ergonomian arvosanaksi kiitettävä.

Säädettävää alustaa ei voitu rakentaa itse, vaan se jouduttiin turvallisuus- kysymysten johdosta teettämään alihankkijalla, joten kustannuksia muodostui liitteessä 7 esitetyn tarjouksen mukaisesti säädettävälle siirtoalustalle XX €/ kappale. Näin ollen seitsemän kappaletta säädettäviä siirtoalustoja maksaisi XX €. Ilmatyynyjärjestelmän tarjoushinta oli seitsemälle kappaleelle XX €, tämän lisäksi hintaa nosti lattian käsittely epoksilla. Lattian käsittely maksoi noin XX €, joten kokonaishinnaksi muodostui XX € + XX € = **XX € ALV 0 %**. Tarjoushinnat on esitelty liitteissä 7, 9 sekä 10. Näin voidaan todeta, että hinnan arvosanaksi muodostuu kohtalainen.

Asennettavuus mukailee kohdassa 7.4 esiteltyä pyörillä liikkuvaa siirtoalustaa. Se tarjoaa samankaltaiset ominaisuudet eli asentajalla on pääsy jokaiseen paikkaan moduulissa vaivattomasti, eivätkä alustat aiheuta minkäänlaisia esteitä tehokkaalle toiminnalle. Arvosanaksi tulee kiitettävä.

Tilavaatimukset mukailevat myös 7.4 ja 7.5 kohdissa esitettyjä ominaisuuksia, eli ilmatyynyjärjestelmä on todella helppo varastoida pieneen tilaan ja kärry on pieneen tilaan koottuna suhteellisen kompaktin kokoinen, mutta jonkin verran tilaa vievä silti. Kokonaisarvosanaksi muodostuisi kärryn tilanviennistä johtuen ainoastaan hyvä.

Huollettavuus on molemmissa ratkaisuissa erinomaisella tai kiitettävällä tasolla, johtuen mahdollisuudesta korjata viat itse tai huolto-ohjeiden mukaisesti. Suuremmat ilmenevät viat, joissa tarvittaisiin korjaajaa paikalle ja joiden korjaukseen kuluisi päiviä, ovat epätodennäköistä. Arvosanaksi muodostuisi kiitettävä.

Tarkasteltavista kohteista painotetut arvosanat muodostuivat edellä mainittujen kohtien johdosta seuraavasti:

Taulukko 8 Painotettujen arvosanojen muodostuminen yhdistetylle ratkaisulle

	Huolto	Ergonomia	Liikuteltavuus	Hinta	Modulaarisuus	Tilavaatimukset	Asennettavuus
Arvosana	9	9	10	7	10	8	9
Painotettu keskiarvo	9,1						

Yhteenvetona voisi mainita:

Hyvää

- Liikuteltavuus
- Asennettavuus
- Tilavaatimukset varauksin
- Ergonomia
- Modulaarisuus
- Huollettavuus
- Käytön helppous yleisesti

Huonoa

- Hinta
- Huollettavuus varauksin (isojen vikojen ilmetessä)

7.7 Siirtoratkaisuiden vertailu

Saadut arvosanat löytyvät taulukosta 9, jossa esiintyvät painoarvot ja arvosanat sekä niiden jakautuminen malleittain. Painoarvoja muuttamalla voidaan kriteereitä mukauttaa omiin mieltymyksiin tai tarpeisiin sopiviksi.

Taulukko 9 Arvosanojen ja painoarvojen jakautuminen malleittain

	Painoarvot	Siltanosturi	Kuljetinrata	Asennusosalusta pyörillä	Ilmatyönyt	Yhdistetty ratkaisu
Huolto	5 %	6	9	10	7	9
Ergonomia	20 %	8	6	9	8	9
Liikuteltavuus	10 %	6	9	4	10	10
Hinta	5 %	6	8	10	7	7
Modulaarisuus	20 %	8	5	9	6	10
Tilavaatimukset	10 %	7	5	7	10	8
Asennettavuus	30 %	9	7	9	9	9
YHTEENSÄ	100 %	7,8	6,6	8,4	8,2	9,1

Ensimmäinen ratkaisu oli kauko-ohjattava siltanosturi, jossa ergonomia, asennettavuus sekä modulaarisuus ovat hyvällä tasolla, mutta saaduista tuloksista voidaan todeta, että kauko-ohjattavan siltanosturin hankkiminen ei ole missään määrin kannattavaa. Tämä siitäkin huolimatta, että kokonaisuutena arvosanaksi muodostui kohtalaisen hyvä. Kustannukset ovat saatuun hyötyyn nähden aivan liian suuret, sillä parempiakin vaihtoehtoja taulukon 9 mukaan on saatavilla.

Toinen ratkaisu oli kuljetinrata, jossa siirtoratkaisu on yllättäen huomattavasti huonompi kuin siltanosturiratkaisu. Tässä ratkaisusta voidaan löytää huonoja puolia, mutta myös hyvää löytyy. Ratkaisu olisi kohtuullisen hintainen, mutta kuljetinradan rakentaminen kiskoilla kasvattaa huomattavasti kustannuksia.

Liikutteluun alustaa kiskoilla järkevästi tarvitaan jonkin asteinen apuratkaisu, esimerkiksi sähkömoottorit, joiden ansiosta liikuteltavuus olisi kiitettävällä tasolla. Ratkaisua vastaan on todella suuri tilantarve, johtuen asennettavista kiskoista. Kiskoista muodostuu myös se ongelma, että ne haittaavat muuta liikennettä ja ovat tiellä, jos aikanaan ratkaisusta luovuttaisiin.

Modulaarisuus on myös rajoitettu, jotta se vastaisi tulevaisuuden tarpeisiin. Asennettavuusongelmia saattaa myös muodostua, johtuen mahdollisista sähkömoottoreista ja niiden ohjauksesta.

Näin voidaan todeta, että kuljetinrata on mielenkiintoinen vaihtoehto, mutta tulevaan käyttötarkoitukseen ja tarpeeseen sopimaton.

Kolmas vaihtoehto oli pyörillä kulkeva siirto/asennusalusta. Tässä ratkaisussa on paljon hyviä puolia. Se on yksinkertainen, halpa, todella helppohuoltoinen, ei vaadi liikaa tuotantotilaa, ei rajoita asennettavuutta, on joustava sekä on kohtalaisen ergonominen asentajille.

Näin ollen voitaisiin todeta, että tämä olisi erinomainen ratkaisu moottorimoduulien siirtämiseen. Huonoja puolia katsottaessa voidaan huomata, että moottorimoduuli on todella raskas linjan loppupuolella, joten moduuliin työntäminen käsivoimin tulee käytännössä mahdottomaksi. Näin todella isoksi esteeksi tulee eteen ratkaisun olematon siirrettävyys.

Voidaan todeta, että ratkaisu olisi muuten hyvä, mutta moduulin olematon liikuteltavuus estää ratkaisun toteuttamisen. Arvosana kokonaisuudessaan oli kuitenkin hyvä.

Neljäs vaihtoehto oli ilmatyynyratkaisu. Siinä yhdistyvät hyvä asennettavuus, liikuteltavuus, tilavaatimukset sekä ergonomia. Modulaarisuus ja huolto tosin kaipaivat hieman parannusta. Hinta oli myös pyörillä kulkevaa siirtoalustaa huomattavasti kalliimpi. Mainituista kohdista voidaan huomata, että tämä olisi hyvä ratkaisu moottorimoduulin siirtämiseen, mutta tulevaisuutta varten ratkaisua pitäisi hieman kehittää, jotta taso parantuisi varsinkin modulaarisuuden kohdalta.

Viides vaihtoehto oli yhdistetty ratkaisu, jossa pyörillä kulkeva siirtoalusta ja ilmatyynyjärjestelmä kohtasivat. Tässä ratkaisussa saatiin eliminoitua näiden kahden ratkaisun huonot puolet lähes kokonaan pois. Tämän johdosta huolto, ergonomia, liikuteltavuus, modulaarisuus ja asennettavuus ylsivät kiitettävään tai erinomaiseen arvosanaan. Tilavaatimus jäi vain hieman huonommaksi ollen silti hyvällä tasolla. Huonoksi puoleksi tuli esiin hieman korkea hintataso, joka tosin ei ollut kriittinen arvosteltava kohde, joten ratkaisu on mahdollista toteuttaa.

7.8 Siirtoratkaisuiden tulokset ja suositus

Päädyn suosittelemaan Metso Minerals Oy:lle esittelemääni yhdistettyä siirtoratkaisua, koska siinä yhdistyivät vaaditut ominaisuudet kiitettävästi saaden parhaimman arvosanan. Tämä siirtoratkaisu ratkaisisi siirrettävyys- ongelmat mahdollisesti toteutettavan linjan suhteen nyt sekä tulevaisuuden moottorimoduulien rakennemuutosten jälkeenkin.

Tämä tutkimus tehtiin olettaen, että linja muodostuu kuudesta kokoonpano- asemasta. Linjan muuttuessa suuntaan tai toiseen 1-2 kappaleella, varsinkin linjojen vähentyessä, tulokset saattaisivat muuttua hieman. Tämä johtuisi siitä, että mahdollisesti siltanostureita ei tarvittaisi kahta kappaletta tai siirtoalustoja ei tarvittaisi seitsemää kappaletta, joten kustannukset tulisivat muuttumaan oleellisesti. Tämä tutkimus antaa joka tapauksessa hyvän pohjan siirtoalustojen hankintaa varten, ja jokainen voi muuttaa tarvittaessa painoarvojaan haluamaansa suuntaan.

8 Yhteenveto

Opinnäytetyöni aiheena oli tutkia erilaisia siirtoratkaisuvaihtoehtoja moottorimoduuleille ja saada aikaiseksi linjakokoonpanoon soveltuvasta ratkaisusta suositus Metso Minerals Oy:lle. Lähtötiedoiksi tarkasteltiin nykyisin käytössä olevaa siirtoratkaisua sekä sen hyviä ja huonoja puolia. Näiden pohjalta lähdettiin pohtimaan parannettavia kohtia ja miettimään vaihtoehtoisia ratkaisuja. Ensin kerrottiin teoria taustaa löydetyistä tarkastelu kohdista, joiden pohjalta tarkasteltiin teorioiden toimivuutta ja soveltamista käytännössä.

Tarkoituksena oli saada aikaiseksi toimiva siirtoratkaisu C9- ja C13-moottorimoduuleille mahdollisesti toteutettavaan linjakokoonpanoon. Tämän siirtoratkaisun olisi myös oltava mahdollisimman joustava, jotta samaa ratkaisua voitaisiin hyödyntää tulevaisuudessa TIER 4 moottorimoduulien rakennemuutostenkin jälkeen. Tämän lisäksi uuden ratkaisun olisi oltava modulaarinen, helposti liikuteltava sekä sen tulisi tehostaa asentajien työskentelyä nykyiseen ratkaisuun verrattuna.

Parhaimmaksi ratkaisuksi osoittautui kahden erilaisen siirtoratkaisun yhdistäminen yhdeksi toimivaksi kokoonpanoksi. Toinen ratkaisu löytyi Solving Oy:ltä ilmatyynylaattojen muodossa ja toinen oli alihankinnassa rakennettava asennusala, joka on säädettävissä ja muokattavissa.

Opinnäytetyötä voidaan pitää onnistuneena, sillä siinä saatiin suunniteltua siirtoratkaisun, jossa toteutuvat lähes kaikki tarkasteltavat kohteet kiitettävällä tai erinomaisella tasolla. Ainostaan ratkaisun hinta nousi hieman korkeammaksi, mutta säilyi toteutettavissa rajoissa.

Valitettavasti suunnitelmaa ei päästy tarkastelemaan tuotannossa. Tämä johtui linjaprojektin keskeneräisyydestä. Linjaprojektin toteutuminen saattaa tapahtua vasta vuoden päästä. Tästä huolimatta saatiin aikaiseksi hyvä suunnitelma, joka voidaan ottaa käyttöön linjaprojektin aikanaan toteutuessa. Tämä tulee nopeuttamaan huomattavasti linjan ylösajamista.

9 Työn arviointi

Opinnäytetyön tekeminen opetti minulle huomattavasti tuotannon toiminnasta insinöörin silmin tarkasteltuna ja kuinka paljon asioita pitää huomioida, jotta tuotanto toimisi optimaalisesti. Tehtävänäni oli suhteellisen yksinkertaiselta kuulostava tehtävä. Huomasin työn edetessä, kuinka monta erilaista asiaa pitää ottaa huomioon, jotta ratkaisusta saataisiin optimaalinen käyttötarkoitukseen nähden.

Näin työni laajeni huomattavasti, ja lopuksi huomasin, että tehtävä ei ollutkaan lähes niin yksinkertainen kuin alun perin luulin sen olevan. Tietämystä piti löytyä linjakokoonpanon periaatteista, moottorimoduulien rakenteesta, kokoonpanon vaiheista kuin kustannuksistakin. Tämä työ toi esille nykyisissä siirtoratkaisuissa monia epäkohtia, joihin mietin sopivaa ratkaisua, onnistuen siinä omasta näkökulmastani hyvin.

Tämä työ esittelee moottorimoduuliyksikköön uudenlaisen siirtotavan, joka on tavanomaisesta hieman poikkeava, olematta kuitenkaan teknisesti ajateltuna suuri mullistus. Tämä työ on hyvä esimerkki siitä, minkälaisia työtehtäviä kehitysinsinöörille kuuluu. Se esittelee myös, kuinka monesti yksinkertaisilla ratkaisuilla saadaan aikaiseksi mukava ja tehokas kokoonpanoympäristö.

Lähteet

Painetut lähteet

Gigant A B&B tools Company kuvasto, 2009, 496 sivua

Intolog kuvasto, 2009, 163 sivua
saatavissa: <http://www.intolog.fi>

Lapinleimu, Ilkka – Kauppinen, Veijo – Torvinen, Seppo, Kone- ja metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät. Tammer-paino, Porvoo 1997

Solving MLS-siirtojärjestelmä esite, 2009
saatavissa: <http://www.solving.fi/fi/products/standard/modularairbearing>

Sähköiset lähteet

LT116(S) ProductPresentation – power point esitys, Metso Minerals Oy

Maniska tekniikka Oy:n timanttileikkaus hinnasto [www-sivu][viitattu 13.5.2009]
<http://www.maniska.fi/hinnasto.html>

Solving Oy kotisivu, [www-sivu][viitattu 15.4.2009]
<http://www.solving.fi>

Master Floor Oy kotisivu, [www-sivu][viitattu 20.4.2009]
<http://www.masterfloor.fi>

Tervetuloa taloon! – power point esitys, Metso Minerals Oy Yritys esittely - power point esitys, Metso Minerals Oy

TIER 4 asetettuja vaatimuksia [www-sivu][viitattu 27.3.2009]
http://www.datacenterdynamics.com/Media/DocumentLibrary/Tier_Classificatio.pdf

Tutkimusmenetelmien pikaopas[www-sivu][viitattu 16.4.2009]
<http://ethenet.joensuu.fi/opiskelija/pikaopas/tutkimusmenetelmat.html>

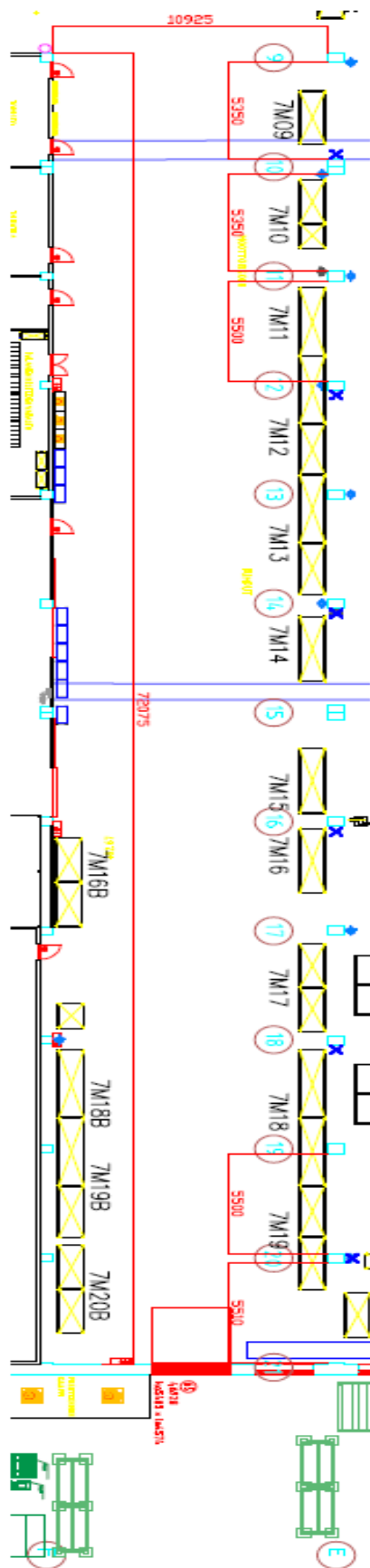
Työterveyslaitoksen työergonomia-ohje [www-sivu][viitattu 1.4.2009]
http://www.ttl.fi/Internet/Suomi/Aihesivut/Ergonomia/Tyokalut/tk_tp_ergonomia.htm

Liitteet

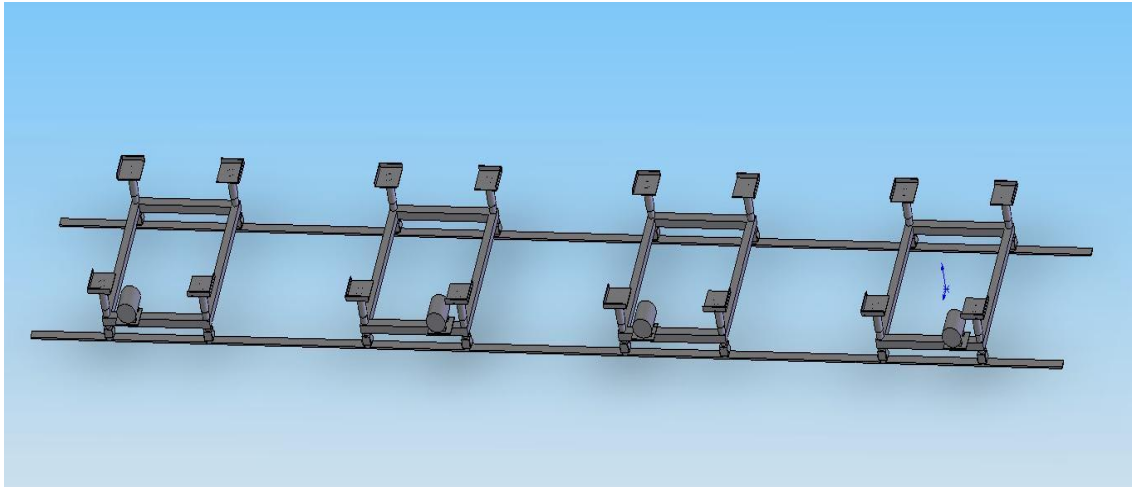
Liitteet ovat yrityksen sisäisiä ja luottamuksellisia dokumentteja lukuun ottamatta liitteitä 4-5 ja 7-8.

- Liite 1 Tarjous Ylätuettu pylväskääntönostin Max. 1000kg
(POISTETTU LUOTTAMUKSELLISENA)
- Liite 2 Tarjous Seinäkääntönostin Max. 1000kg
(POISTETTU LUOTTAMUKSELLISENA)
- Liite 3 Konecranes siltanosturi tarjous 6,3t, jänneväli 10,35m
(POISTETTU LUOTTAMUKSELLISENA)
- Liite 4 Layout urakointimoottorimoduuli puolen kokoonpanotilasta
- Liite 5 Siirtoalustan liikkuminen kiskoilla ja moottorimoduuli alustan päällä
- Liite 6 Orsiteräksen tarjous kiinteästä ja säädettävästä siirtoalustasta
(POISTETTU LUOTTAMUKSELLISENA)
- Liite 7 Maniska tekniikka Oy:n timanttileikkaus hinnasto
- Liite 8 Solving Oy:n MLS-ilmatyynyjärjestelmän tekniset tiedot
- Liite 9 Solving Oy hinnoittelu MLS 412 ilmatyynyjärjestelmästä
(POISTETTU LUOTTAMUKSELLISENA)
- Liite 10 Master Floor Oy:n vanha tarjous lattian oikaisupinnoitustyöstä epoksilla
(POISTETTU LUOTTAMUKSELLISENA)

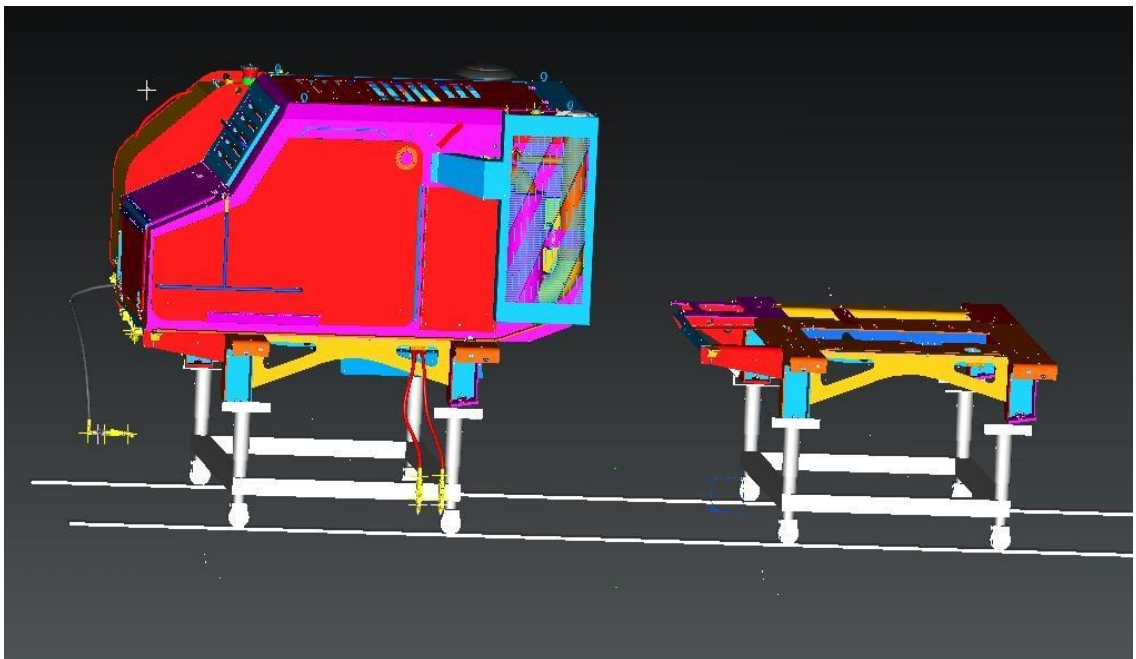
Liite 4: Layout urakointimoottorimoduuli puolen kokoonpanotilasta



Liite 5: Siirtoalustan liikkuminen kiskoilla ja moottorimoduuli alustan päällä



Alustan liikkuminen kiskoilla asemien välillä.



Moottorimoduuli siirtoalustan päällä.

Liite 7: Maniska tekniikka Oy:n timanttileikkaus hinnasto



Timanttileikkaus

Hinnasto

Maniska Tekniikka Oy on asiakaspalveluhenkinen timanttiorauksen ja -sahauksen erikoisliike

Timanttiurakoinnin monipuolinen ja riittävä kalusto, nykyaikainen tekniikka ja koulutetut ammattilaiset takaavat hyvin tehdyn työn ja tuloksen.

PORAUS		LATTIAAN		SEINÄÄN	
Ø 12 - 100 mm		0,95 € /cm		1,05 € /cm	
Ø 101 - 150 mm		1,05 € /cm		1,15 € /cm	
Ø 151 - 200 mm		1,25 € /cm		1,35 € /cm	
Ø 201 - 225 mm		1,50 € /cm		1,60 € /cm	
Ø 226 - 250 mm		1,85 € /cm		2,10 € /cm	
Ø 251 - 300 mm		2,85 € /cm		2,90 € /cm	
Ø 301 - 325 mm		3,00 € /cm		3,05 € /cm	
Ø 326 - 350 mm		4,25 € /cm		4,80 € /cm	
Ø 351 - 400 mm		5,50 € /cm		6,10 € /cm	
Ø 401 - 450 mm		5,95 € /cm		6,90 € /cm	
Ø 451 - 525 mm		6,80 € /cm		8,00 € /cm	
Ø 526 - 600 mm		12,60 € /cm		13,55 € /cm	
LAATTASAHAUS		SEINÄSAHAUS / LATTIAN KÄSISAHAUS			
syv. 0 - 5 cm	4,70 € /jm	syv 0 - 5 cm		10,60 € /jm	
syv. 6 - 10 cm	9,65 € /jm	syv. 6 -10 cm		21,20 € /jm	
syv. 11 - 15 cm	14,00 € /jm	syv 11 -15 cm		31,80 € /jm	
syv. 16 - 20 cm	17,70 € /jm	syv 16 -20 cm		42,50 € /jm	
syv. 21 - 25 cm	22,90 € /jm	syv 21 -25 cm		52,95 € /jm	
syv. 26 - 30 cm	30,00 € /jm	syv 26 -30 cm		70,65 € /jm	
syv 31 - 35 cm	37,00 € /jm	syv 31 -35 cm		83,05 € /jm	
syv. 36 - 42 cm	45,95 € /jm	syv 36 -40 cm		102,50 € /jm	
		syv 41 -45 cm		126,00 € /jm	
		syv 46 -50 cm		141,75 € /jm	

Raudoituksen ylittäessä Ø 12 mm:n k/k 150 mm korotus 20 - 40%

Erittäin vahva raudoitus

korotus 50-500%

Yli 50 % leikkauspinnasta rautaa; veloitus

10 - kertaisin hinnoin

Vinoon poraus ja sahaus

korotus 20%

Kivi-, katto- tai kuivaporaus ja -sahaus	2 - kertainen hinnoin
Tuntityö : mies + laitteet	37,00 € /h
Kappaleiden siirto yms. työt	31,50 € /h
Vesi-imuri/painepullo/imujalka	18,00 € /vrk
Työmaan perustamiskustannus /kalustonsiirto;	
Suur-Helsingin talousalue	60,00 €
Uudenmaan maakunta	85,00 €

HINTOIHIN LISÄTÄÄN ARVONLISÄVERO 22 %

Tilaaaja toimittaa veloituksen:

- työssä tarvittavan sähkön ja paineveden
- kohteiden mittauksen ja merkitsemisen
- työssä tarvittavat telineet, tuennat, suojaukset sekä sosiaalililat.

Siirtojärjestelmä MLS

TEKNISEET TIEDOT

Tyyppi	Kapasiteetti ¹ kg	Ilmankul. ² NI/min	Moduulityyppi	Ilmapaine ³ kPa	A mm	B mm	C mm	D tuuma	E ⁵ tuuma	Ohjauslaatikko tyyppi
MLS 408	3000	750	ML 8	300	204	31/51 ⁴	10	1/2	1	MRB 4-15
MLS 412	7000	1120	ML 12	300	304	31/51 ⁴	15	1/2	1	MRB 4-15
MLS 415	10000	2200	ML 15	300	380	31/51 ⁴	20	1/2	1	MRB 4-15
MLS 418S	11000	2600	ML 18S	300	457	58	20	3/4	1	MRB 4-20
MLS 421S	14000	3000	ML 21S	210	534	58	25	3/4	1	MRB 4-20
MLS 427S	24000	3400	ML 27S	210	684	65	35	3/4	1 1/2	MRB 4-20
MLS 436S	44000	4000	ML 36S	210	914	71	50	3/4	1 1/2	MRB 4-20
MLS 418H	20000	4600	ML 18H	410	457	58	20	3/4	1	MRB 4-20
MLS 421H	28000	5200	ML 21H	410	534	58	25	3/4	1 1/2	MRB 4-20
MLS 427H	48000	6000	ML 27H	430	684	65	35	3/4	1 1/2	MRB 4-20
MLS 436H	80000	7000	ML 36H	400	914	71	50	1	1 1/2	MRB 4-25
MLS 442H	120000	7500	ML 42H	400	1070	71	65	1	2	MRB 4-25
MLS 448H	160000	8000	ML 48H	450	1220	71	75	1	2	MRB 4-25

1) Moduuli on sijoitettava kuorman alle siten, ettei ilmatyynyn kapasiteettia ylitetä.

2) Arvo on laskettu hyvälaatuiselle lattialle, esim. epoksilla käsitellylle.

3) Ilmapaine elementeissä maksimikuormalla (100 kPa = 1 bar).

4) Valettu alumiininen kuormayksikkö/Pursotettu alumiininen kuormayksikkö.

5) Arvot tarkoittavat sulkuventtiilin kokoa.

