

---

# HYDRAULISOLUN MODERNISOINTI

Metso Minerals Oy



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Automaatiotekniikan koulutusohjelma

Valkeakoski, 07.12.2012

*Oma Allekirjoituksesi*

Antti Hyökki



VALKEAKOSKI  
Automaatiotekniikan koulutusohjelma  
Suuntautumisvaihtoehto

---

<b>Tekijä</b>	Antti Hyökki	<b>Vuosi</b> 2012
<b>Työn nimi</b>	<b>Hydraulisolun modernisointi</b>	

---

## TIIVISTELMÄ

Työssä kehitettiin Metso Minerals Oy:n Tampereen mobiililaitetehtaalle alikokoonpanosolu eli työpiste, jossa tehdään tela-alustaisten seula- ja murskaintyökoneiden (Lokotrack) tarvitsemia ohjaushydrauliikkalaatikoita. Työpiste on 4 - 6 työntekijän alikokoonpanosolu, jossa laatikoihin kootaan hydrauliikkatoiminen koneenohjausjärjestelmä ja siksi työpisteen on modernisointi tullut ajankohtaiseksi.

Työn yhtenä osana tarkastellaan alikokoonpanojen näkökulmasta tuotantoon tulevien uusien moottorisukupolvien vaatimuksia ja esitetään kehitysehdotuksia. Tämän osa-alueen kehittäminen nivoutuu hyvin hydraulisolun toimintaan, koska sieltä vapautunee tilakapasiteettia ja työvoimaa. Tarvittavien pohjakuvien tekemiseen työssä käytettiin CAD-ohjelmia. Apuna käytettiin Metso Mineralsin antamaa aineistoa, ruuvi-moottorivalmistajan teknisiä dokumentteja, konedirektiiviä sekä teknistä käsikirjaa.

Päätuloksena työssä saavutettiin tietoa siitä, miten työpistettä voitaisiin kehittää. Johtopäätös oli, ettei työpisteen modernisointia tulisi siirtää vaan kehitystyö olisi toteutettava nyt, kun tehtaalla siirrytään Tier-sarjan moottorisukupolveen.

Uudet moottorit luovat alikokoonpanotarvetta muissakin tuotannon osissa kuin hydrauliikkakokoonpanoissa, esimerkiksi ilmanpuhdistuskokoonpanoissa. Lisäksi Lokotrack-mobileiden kehitys tuo haasteita, mikäli uudet teknologiat muuttavat ratkaisevasti hydrauliikkakokoonpanoja. Tällöin alueelta vapautuisi tilaa tehdä alikokoonpanoa, joka on avainasemassa uusien mallien tuotannon onnistumiseen. Tässä työssä on esitetty jatkotoimenpiteitä myös näiden kehittämiseksi.

**Avainsanat** Tuotannonohjaus, ruuvimoottori, joustava tuotanto, konedirektiivi, työergonomia, konesuunnittelu

**Sivut** 36 s. + liitteet 3 s.

Degree Programme in Automation Engineering

---

<b>Author</b>	Antti Hyökki	<b>Year</b> 2012
<b>Subject of Bachelor's thesis</b>	<b>Modernisation of hydraulic cell</b>	

---

ABSTRACT

The purpose of this thesis was to develop a workstation for the subassembly stations of Lokotrack machine at Metso Minerals Oy.

Metso Minerals Lokotrack machine factory must meet several requirements when adapting its production line for the assembly of new Tier 4 engines. Production development is urgently needed for the subassembly stations such as the hydraulic assembly and air cleaner assembly stations. In addition, the development of Lokotrack will face challenges, if new technologies are changing the crucial hydraulic assemblies.

The objective of this thesis was to improve the workstations by developing device placement and the ergonomics of the workstations as well as parallel the flow of goods. The theoretical part of this work describes the features and principles of electrical design, strength calculation of metal structures and ergonomics.

The main outcome of this thesis was detailed information on how workstations can be developed. This information was used as a basis for planning the modernisation project. The conclusion was that the modernization of the workstations should not be postponed. The development of these should be carried out at the same time when the factory adapts its assembly lines for the Tier-series engine generation.

**Keywords** Production Planning, screw motor, flexible manufacturing, Machinery Directive, ergonomics, machine design

**Pages** 36 p. + appendices 3 p.

---

## TERMIT JA LYHENTEET

CAD	Piirustusohjelma kuvien tekemiseen
Tier	Päästöstandardi, joka määrittää, paljonko päästöjä moottori saa tuottaa. Käytössä tällä hetkellä Tier 3 ja Tier 4 -luokan päästörajat täyttäviä moottoreita.
Lokotrack	Tela-alustainen kivenmurskausyksikkö.
LT POWERPACK	Tela-alustaisen murskaimen moottoripaketti
ST POWERPACK	Tela-alustaisen seulontayksikön moottoripaketti.
JIG LIITIN	Hydrauliikassa yleisimmin käytetty liitintyyppi
O-LOCK LIITIN	Hydrauliliitin, jolla korkea paineenkestävyys

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
1.1	Metso oy.....	1
1.2	Työn tavoitteet.....	4
2	TUOTANNON KUVAUS .....	5
3	KONEDIREKTIIVI JA TYÖTURVALLISUUS.....	5
3.1	Konedirektiivi.....	5
3.2	Työkohteen ergonomiaan liittyvät standardit.....	5
4	HYDRAULISOLUN TYÖVAIHEKUVAUS.....	6
4.1	Putkien valmistusasema .....	7
4.2	Lohkojen esivalmisteluasema .....	7
4.3	Laatikoiden valmistusasema .....	8
5	HYDRAULISOLUN SUUNNITTELU .....	9
6	HYDRAULISOLUN TYÖTASON MEKAANINEN SUUNNITTELU .....	12
6.1	Suunnittelun teoreettiset vaatimukset.....	12
6.2	Suunnitteluprosessi.....	13
6.3	Työtason kallistusominaisuus .....	14
6.4	Laatikkotyöpisteen rungon suunnittelu .....	14
6.4.1	Lujuuslaskelmat.....	15
6.4.2	Varmuuskerroin.....	16
6.4.3	Lujuuslaskennan tulokset .....	17
6.5	Laatikkotyöpisteen kallistuksensäätö paineilmasylintereillä .....	24
6.6	Laatikkotyöpisteen liitynnät.....	26
7	LAATIKKOTYÖPISTEEN SÄHKÖSUUNNITTELU.....	27
8	LAATIKKOTYÖPISTEEN KEHITYSEHDOTUKSET.....	28
9	HYDRAULISOLUN KEHITYSEHDOTUKSET .....	29
9.1	Solun uusi layout ja sen edut.....	29
9.2	Putkiaseman parannusehdotus.....	29
9.3	Ilmamoottorin toimintaperiaate.....	31
9.4	Muut toimenpiteet putki valmistuksessa .....	31
9.5	Hyllyautomaatti.....	33
10	TULEVAISUUDEN KÄYTTÖMAHDOLLISUUDET .....	34
11	POHDINTA.....	35
	LÄHTEET .....	36

- 
- Liite 1 Ergonomian määritelmä
  - Liite 2 Standardi 3200 rakenne- ja teräsputkien myötörajoista
  - Liite 3 Havainnekuva siirrettävästä putkihyllystä

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä suunniteltiin uudelleen Metso Minerals Oy:n Tampereen mobilelaitetehtaalle osakokoonpanosolu eli työpiste. Työ liittyy väljästi Tuukka Martikaisen vuonna 2008 tekemään opinnäytetyöhön ”Uuden hydraulisolun tuotannon ohjauksen luominen” (T. Martikainen), mutta näkökulma on nimenomaan työpisteen kehittämisessä.

Työpisteessä tehdään tela-alustaisten seulonta- ja murskaintyökoneiden tarvitsemia ohjauslaatikoita. Laatikoihin kootaan koneenohjausjärjestelmä, joka on pääosin hydraulikkatoiminen. Työpiste on muiden osastolla olevien työpisteiden kehittämisprojektien takia odottanut vuoroaan, mutta murskainlaitteet ovat muuttuneet tekniikaltaan uusien mallien myötä, joten työpisteen modernisointi on nyt tullut ajankohtaiseksi.

Suunnitelman tavoitteena on saada työpiste paremmaksi kehittämällä laitesijoittelua, työpisteitä ja yhdensuuntaistamalla tavaravirtoja. Lisäksi huomioidaan tulevaisuuden haasteet. Näin työpisteessä tapahtuva työskentely saataisiin toimimaan paremmin ja materiaalivirrat ohjattua lähemmäksi työntekijöitä, jolloin tarpeeton tavaroiden ja tarvikkeiden siirto vähentyisi.

Opinnäytetyössä käytettiin CAD-ohjelmia tarvittavien pohjakuvien tekemiseen. Näin saatiin havainnollistettua muutoksia. Työssä käytettiin myös apuna Metso Mineralsin antamaa aineistoa, ruuvimoottorivalmistajan teknisiä dokumentteja, konedirektiiviä sekä teknistä käsikirjaa.

### 1.1 Metso oy

Opinnäytetyö tehtiin Metso Mineralsille, joka tunnettiin 1970-luvulle asti nimellä Lokomo. Sen jälkeen Lokomo on ollut osa Suomen valtion omistamaa Valmet-konsernia ja Repola-yhtiötä, ja nykyisin se kuuluu kansainväliseen Metso-konserniin. Metso Minerals -yksikköön kuuluu 35 tuotantolaitosta ja 135 huolto- ja myyntiyksikköä ympäri maapallon. Sen uusi konsernilyhennys 2012 alusta on MAC (Mining And Construction).

Tampereen Hatanpäällä sijaitsee Metso Minerals -tehdas, jonka päätoiminta alueena on louhinta- ja mursketuotantoon soveltuvat konekokonaisuudet. Tehtaalla toimii valimo-, myynti- ja kokoonpanoyksikkö sekä huoltokorjaamo.

Tehdas on alkuperäinen Lokomo, ja sen ovat perustaneet insinöörit Werner Ryselin ja Jalmar Castrén sekä professori J. J. Karvonen. Heidän lisäseen perustajiin kuului tamperelaisia liikemiehiä, muun muassa kenkätehtailija Emil Aaltonen. Aikojen saatossa tuotantoon kuuluivat mm. turpeenostokoneet, kirkonkellot, täryjyrät, tiehöylät, kaivu- ja metsäkoneet sekä ajoneuvonosturit ja kivenmurskaimet. Muut tuotteet jäivät Tampereella

pois tuotannosta vähitellen, viimeisenä nosturituotanto 1980-luvun lopussa. Siitä lähtien on keskitytty murskaintuotteisiin. Metso Mineralsin Hatanpään tehtaassa työskentelee vajaat 800 työntekijää hallinnossa, murskaintoimialalla, teräsvalimossa sekä kotimaan myyntiyhtiössä. (Metso Minerals 90 vuotta Tampereella 2009.)

Tehtaan tämän päivän tuotannon muodostavat tela-alustaiset murskaimet ja -seulat. Ensimmäisen murskaimensa Lokomo valmisti jo vuonna 1921. Tampereen tehtaan tuotteet muodostuvat maanrakennus- ja kaivoslaitteista. Niitä ovat leuka- ja karamurskaimet, tela- ja pyörialustaiset murskainyksiköt, syöttimet, seulat ja kuljettimet. Myös jälkimarkkinointi sekä kulutusosamyyni ovat kasvava liikesegmentti. Tehtaan päätuotteena on kuitenkin tela-alustainen murskainyksikkö. Nämä muodostavat Lokotrack-tuoteperheen. Ne voidaan jakaa kahteen tuoteryhmään, jotka ovat urakoitsija- ja louhosmallit. Ne jaotellaan koon mukaan yli ja alle 50-tonnisiin malleihin. Urakoitsijamalleja ovat mm. LT 106 (kuva 1), LT 96 ja LT 1213. Niiden käyttötarkoitus on tehdä kivistä murskaa tie- ja rakennustuotantoon. Raekoko on tällöin halkaisijaltaan tyypillisesti alle 10 senttimetriä. Murskaimissa voi olla mukana myös integroituna seula.



Kuva 1. Tampereella valmistetaan murskausurakointiin suunniteltuja, tela-alustaisia Lokotrack 106 -laitteita (Metso Oyj Lokotrack LT 106 n.d.)

Louhos- ja kaivostoimintaan on suunniteltu muun muassa mallit LT 300HP sekä LT 140. Näiden suurimpana erona urakointimalleihin voitaneen pitää kokoa: louhoslaite painaa yleensä yli 60 tonnia. Se työskentelee kaivostoiminnassa ja pystyy murskaamaan kuution kokoisia kivenkappaleita.

Seulakone on alustaltaan ja periaatteeltaan samantyyppinen kuin LT-koneet, mutta murskaimen tilalla on seulalaitteisto ilman murskalaitetta. Seulakoneet ovat myös pienemmällä moottorilla varustettuja. Malleja ovat esimerkiksi ST 3.5 (kuva 2) ja ST 3.8.





Kuva 2. Seulayksikkö ST 3.5 Metsominerals (Metso Oyj Lokotrack ST 3.5 n.d)

Suuremmissa kivenmurskausurakoinneissa käytetään murska- ja seulakoneita peräkkäin, jolloin saadaan suuri tuotantokapasiteetti. Lisäksi on murskauslaitoksia, joissa on yhdistetty murska- ja seulalaitteisto.

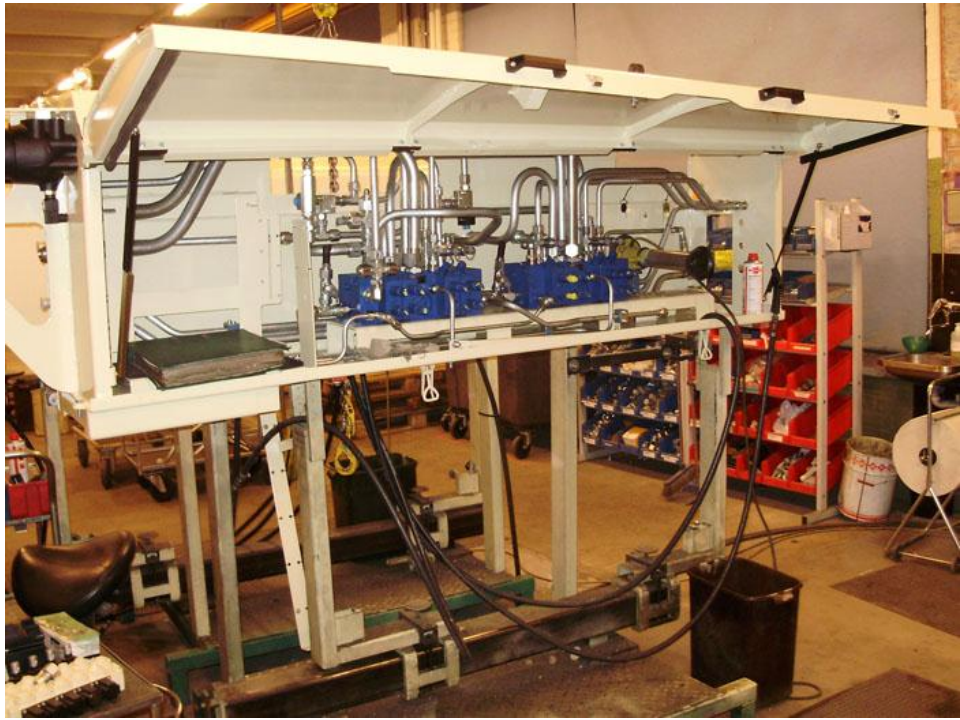
Tela-alustainen Lokotrack LT106S -murskauslaitos on hyvä esimerkki Metso Mineralsin asiakaslähtöisestä tuotekehityksestä. LT106S:ssä on itse asiassa kaksi laitetta yhdessä: se on varustettu integroidulla, irrotettavalla seulayksiköllä, mikä mahdollistaa kahden murskelaadun valmistuksen yhdellä murskauskerralla.

Voimanlähteenä kaikissa malleissa käytetään lähes yksinomaan Cat-moottoreita, jotka ovat pääosin Tier 3 -päästöluokan moottoreita. Metso Mineralsin suurin haaste tällä hetkellä on siirtyminen Tier 4 -päästöluokan moottoreihin. Tier-päästöluokat perustuvat päästömääräyksiin, joilla pyritään vähentämään pakokaasu- ja hiukkaspäästöjä. Säädökset pyrkivät rajoittamaan hengitysilmään pääsevien pienhiukkasten määrää.

Kokoonpanoyksikkö (tehdas) koostuu kolmesta osastosta: moottori- ja murskain- sekä seulakokoonpanosta ja Lokotrack-loppukokoonpanosta.

Moottorikokoonpanon alla on yksiköitä, jotka on edelleen jaettu työpisteisiin eli kokoonpanosoluihin. Näitä ovat pumppusolu, isojen moottorien kokoonpano, ST Power Pack -linja, pienien moottoreiden kokoonpano, moottorien testaus, pumppusolu ja hydraulisolu. Pumppusolu- ja hydraulisoluosakokoonpanot muodostavat alikokoonpanosoluja, joissa valmistetaan moduleita, kuten pumppuja ja hydraulikkalaitteita, asennettaviksi mobilemurskainyksiköihin. Opinnäytetyö keskittyy hydraulisolun kehittämiseen.

Hydraulisolu kuuluu moottorikokoonpanoon, ja siellä valmistetaan Lokotrack-alustan ohjauslaatikot (kuva 3). Ohjauslaatikoissa on Lokotrack-koneen eri toimintojen hydrauliset ohjaustoiminnot sekä näiden tarvitsemat putkitukset. Ohjaustoiminnot käsittävät alustan ajolohkon, murskaimen käyttöön liittyvät toimintalohkot ja lisälaitteiden ohjauksen.



Kuva 3. Lokotrack-alustan ohjauslaatikot. (Kuva A.Hyökki 2012.)

### 1.2 Työn tavoitteet

Opinnäytetyö rajattiin työtason suunnitteluun sekä laatikkotyöpisteen kehittämiseen. Työn tavoitteina oli suunnitella toimiva työtaso työpisteeseen, jossa kootaan hydraulilaatikkoja. Työssä suunniteltiin myös työtaso, joka olisi säädettävissä työntekijän ergonomian parantamiseksi. Näin koneautomaatiosuunnittelu tuli osaksi työtä. Lisäksi tarkasteltiin, miten saataisiin hydraulisolun käytettävyyttä ja työn tekemistä mielekkäämmäksi. Muut työpisteeseen liittyvät parannusehdotukset kirjattiin omaksi osiokseen. Niissä otetaan huomioon muuttuva tuotantorakenne ja annetaan ehdotuksia niistä tulevien haasteiden ratkaisuksi.

Aluksi näytti siltä, että sähkösuunnittelu nousisi opinnäytetyössä isompaan rooliin. Valmistajien paketit ovat kuitenkin niin hyviä, että loppujen lopuksi tehtäväksi jäi ainoastaan sopivan pakettiesimerkin löytäminen ja esittely.

Lopullista aikataulua tai mahdollisia suunnitelmia tilankäytön suhteen ei vielä ole, joten niiltä osin asiat ovat kehitysehdotuksia ja lähinnä ajatuksia eri vaihtoehtoiksi. Kehitysehdotuksien osalta mietittiin esimerkiksi osien ja liittimien sijoittelua hyllyihin niin, että saataisiin toimivammat varastointiresurssit. Lisäksi pohdittiin työpisteen visuaalisen ilmeen ja turvallisuustason parantamista. Tähän pyrittiin muun muassa hyllyjen sijoittelua muuttamalla, jolloin käytävällä liikkuvan kaluston näkeminen helpottuu. Lisäksi mietittiin tilan mahdollista muuta käyttöä. Osa ideoista rajattiin työn ulkopuolelle. Kehitysehdotus ottaa kantaa myös siihen, voidaanko tilaa käyttää moottoriosaston muuhun alikokoonpanoon.

## 2 TUOTANNON KUVAUS

Metso Mineralsin Lokotrack-murskaintyökoneita valmistavan tuotantolinjan tukena on osto-osasto. Sen tehtävä on hankkia koneen rakennuksen materiaalit, esimerkiksi alihankinnasta tuleva track eli runko, jonka päälle kone rakennetaan. Itse tuotanto koostuu erilaisista kokoonpanoista:

- paikkakokoonpano, esimerkiksi moottorimoduulin valmistaminen
- osakokoonpano valmistaa moottorimoduulille tarvittavia alikokoonpanoja, kuten moottoriin asennettavan pumppukokoonpanon.
- linjakokoonpano, asentaa trackiin valmistetun moottorimoduulin ja murskalaitteiston sekä muut tarvittavat osakokonaisuudet, esimerkiksi hydrauliohjauslaatikon.

Näitä kaikkia voidaan kutsua kokoonpanopaikoiksi. Tuotannon tukena on lisäksi tuotteistus ja suunnittelu.

## 3 KONEDIREKTIIVI JA TYÖTURVALLISUUS

Työn tarkoituksena oli laatia suunnitelma hydraulisolun kehittämiseen. Tuukka Martikaisen (2008) Hämeen ammattikorkeakoulussa tekemään opinnäytetyöhön ”Uuden hydraulisolun tuotannon ohjauksen luominen” liittyy maininta siitä, että hydraulisolua olisi kehitettävä. Martikainen ei kuitenkaan yksityiskohtaisesti ota asiaan kantaa. Tässä työssä on lähdetty kehittämään hydraulisolua työturvallisuuden ja ergonomian näkökulmasta. Työtason suunnittelussa otettiin huomioon sähköturvallisuusmääräykset. Lisäksi kehityssuunnitelmassa visioitiin uusia käyttömahdollisuuksia.

### 3.1 Konedirektiivi

Konedirektiivi direktiivi 2006/42/ey on laadittu EU:n koneturvallisuuden säännösten yhtenäistämiseksi ja kaupan esteiden poistamiseksi. Suomessa 28.12.2009 asti on ollut voimassa konedirektiivi, 98/37/EY ja sitä vastaava konepätös VNp 1314/1994. (Sundquist 2009.) Se tuli voimaan Suomen liittyessä EU:hun vuonna 1994 ja se tuli näkyvimmin yleiseen tietoisuuteen CE-merkinnän kautta.

### 3.2 Työkohteen ergonomiaan liittyvät standardit

Laki eräiden teknisten laitteiden vaatimustenmukaisuudesta (26.11.2004/1016) määrittää koneen rakentajan velvollisuudet. Tämän lain tarkoituksena on varmistaa, että kone, työväline, henkilönsuojain tai muu tekninen laite on vaatimusten mukainen eikä aiheuta valmistajan tarkoittamassa käytössä tapaturman vaaraa eikä terveyden haittaa. Lain tarkoituksena on myös varmistaa, että asianmukaisesti suunniteltu, valmistettu ja varustettu tekninen laite voidaan esteettä luovuttaa markkinoille tai käyttöön. Ergonomian määrite on esitetty liitteessä 1.

Ergonomian perussisältönä voidaan pitää sitä, että ihmisen mittojen mukaisuus on kaikkien koneeseen liittyvien työpisteiden perusvaatimus. Väärä mitoitus johtaa huonoihin ja rasittaviin työasentoihin ja liikuntaelinten vaivoihin pitemmällä aikavälillä. Se voi myös vaikeuttaa työkohteiden haavoittamista ja aiheuttaa turvallisuusongelmia. (Launis 2010.)

Uusista standardeista ovat koneiden työpisteiden mitoitusstandardi SFS-EN ISO 14738 sekä nostamista koskeva standardi SFS-EN 1005-2 + A1. (Launis 2010; Ergonomian ja käytettävyyden standardit 2011.)

Standardissa SFS-EN ISO 6385 määritetään kehon koon ja sen normaalin vaihtelun asettamat perusvaatimukset työpisteille. Ihmistä koskeva tilastollinen mittatieto (antropometria) on standardin vaatimusten lähtökohdanna. Standardin esittämällä työpisteiden kiinteillä mitoilla ja säätörajoilla halutaan varmistaa, että kaikenkokoiset käyttäjät voivat toimia työpisteessä normaaleissa ja vaihtelevissa työskentelyasennoissa. (Launis 2010.)

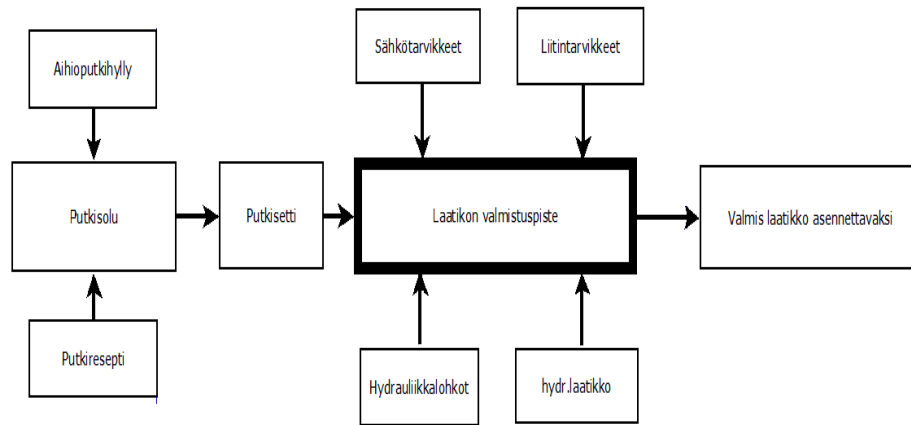
Standardi määrittää siis mitoituksen perusvaatimukset, mutta ei kuitenkaan eri käyttötilanteisiin tai työtehtäviin tarkoitettuja optimiarvoja. Esimerkiksi tällaisia puuttuvia mitta-arvoja ovat työtason optimikorkeus ja katselu-kohteiden optimisijoitus. Näitä työpisteen mittoja ei voi perustella puhtaasti ihmisen mitoilla, vaan määrityksessä on otettava huomioon tilanteeseen sopiva työskentelyasento ja monet muut tekijät. Standardi ei myöskään määritä esimerkiksi toiminnallisia ulottuvuusalueita, joissa otettaisiin huomioon ojentautuminen kohteen suuntaan. Standardin keskeisenä sisältönä on lukuarvoina taulukoissa ja mitoituskuviissa annetut ohjeet. (Launis 2010.)

Mitoitusarvojen täydennykseksi on standardin tekstiosassa lisäksi runsaasti yleisperiaatteita sekä opastavaa tietoa ohjeiden soveltamiseksi. Esimerkiksi työtason optimikorkeuden määrittämiseksi on esitetty periaatteita, miten työn tarkkuus- ja voimankäyttövaatimukset tai käsiteltävien kappaleiden koko vaikuttavat työtason korkeuteen. (Launis 2010.)

Koneisiin liittyvien työpaikkojen mitoitusta koskeva standardi (SFS-EN ISO 14738) on Euroopassa koneturvallisuuden alueen ns. yhdenmukaistettu, EU:n direktiivien olennaisia vaatimuksia tukeva ergonomiastandardi. Se on käyttöalaltaan laaja-alainen, ja ajateltu sovellettavaksi kaikenlaisten koneiden yhteydessä olevien istuma- ja seisomatyöpaikkojen suunnitteluun. Se ei ole kuitenkaan tarkoitettu liikkuvien koneiden, huoltotyöpaikkojen eikä näyttöpäätteiden suunnitteluun. Tätä direktiiviä käytettiin hyväksi työtason suunnittelussa. (Launis 2010.)

## 4 HYDRAULISOLUN TYÖVAIHEKUVAUS

Solussa olevat työvaiheet ovat seuraavat: hydrauliihkaputkien valmistus, putkien varustelu, hydrauliihkalohkojen varustelu sekä edellä mainittujen komponenttien asennus itse ohjauslaattikoon. Työvaiheita ei ole monta, mutta ne ovat tarkkuutta vaativia. Esimerkiksi putkistot pitää asentaa tietyssä järjestyksessä. Kuvassa 4 on esitelty työvaiheet.



Kuva 4. Vuokaavio valmistusprosessista.

Työvaiheissa tulee kiinnittää huomiota ennen kaikkea puhtauteen, sillä epäpuhtaudet ja metallilastut tai partikkelit eivät saa joutua hydrauliikkalohkojen pieniin kanaviin. Lisäksi putkien silmämääräinen tarkistus varmistaa, etteivät putket ole levityksessä haljenneet. Työ on tyypillisesti vaihetyötä, jossa työasentojen oikeellisuuden olisi kiinnitettävä huomiota. Lisäksi hyvällä logistiikalla ja helpottamalla työtä oikeilla työtavoilla saadaan toimivuutta, jolla työ sujuu jouheasti. Jatkossa solun esittelyssä vaiheita kutsutaan asemiksi.

### 4.1 Putkien valmistusasema

Aihioputket on sijoitettu hyllyyn solun takaseinälle. Sieltä kanki nostetaan sahalle ja katkaistaan putkireseptin mukaisiin mittoihinsa. Tämän jälkeen merkintäkoneella tehdään putkien taivutusmerkinnät, ja ne taivutetaan taivutuskoneella. Putken päiden sisä- ja ulkopinta puhdistetaan katkaisulasuista koneellisesti. Tarvittavat mutterit ja päiden levitys viimeistelevät putken valmiiksi asennusta varten.

### 4.2 Lohkojen esivalmisteluasema

Hydrauliikkalohkojen tarkoituksena on ohjata hydrauliikkaöljyn paineella suunta-, paine-, virtaus- ja proportionaaliventtiileitä. Lohkojen esivarustelussa kaikki komponentit, jotka on helpompi asentaa ennen lohkojen kiinnittämistä laatikkoon, kiinnitetään lohkoihin asennuspöydällä. Tällaisia komponentteja ovat lohkoon tulevat hydrauliikkaliittimet ja näihin asennettavat pienet hydrauliikkaputket sekä mittaus- ja lämpöanturit. Samassa yhteydessä tehdään lohkon silmämääräinen tarkistus.

### 4.3 Laatikoiden valmistusasema

Laatikot, joita hydraulisolussa valmistetaan, toimivat LT-trackin runkoon asennettuna hydraulitoimintojen ohjauskeskuksena. Sieltä voidaan säätää koneen toimintaa murskattaessa kiveä.

Hydraulilaatikkomalleja on useita. Niitä tilataan materiaalihuoltajalta, joka toimittaa tilatun laatikon soluun, jossa tehdään mallivastaavuuden ja laadun tarkastus. Tämän jälkeen laatikko nostetaan työtasolle katonosturin avulla ja lukitaan paikoilleen. Mikäli laatikkoon tarvitsee lisävarustelun takia lisäreitityksiä, käyttämättömien läpivientien peitelevyjä tai muita optioita, tehdään ne ensimmäiseksi.

Tämän jälkeen aloitetaan varsinainen varustelu. Esikootut lohkot, mallikohtaiset lohkojen väliset putket ja painemittarit asennetaan paikoilleen laatikkoon. Lisäksi asennetaan tarvittavat läpivientiliittimet sekä sähköjohdotukset ja letkut (kuva 5).



Kuva 5. Kuvassa hydraulilaatikon sisäkuva (Kuva A.Hyökki 2012.)

Laatikoiden loppuasennus tehdään loppukokoonpanopaikalla (kuva 6), jossa se asennetaan trackin runkoon. Tarvittavat kytkennät ohjaukseen kytetään ja lisätään mahdolliset optiovarusteet.

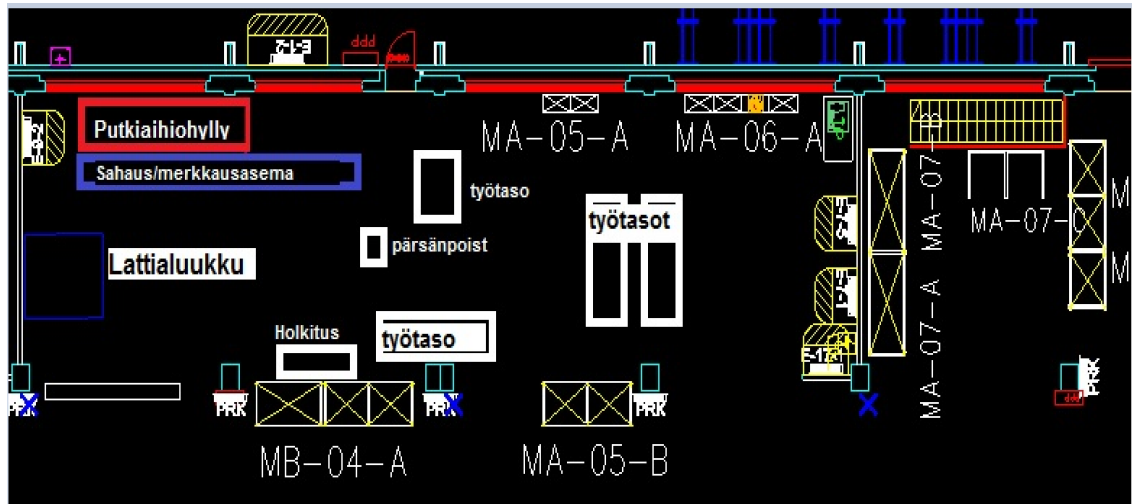


Kuva 6. Laatikko runkoon asennettuna kokoonpanolinjalla. (Kuva A.Hyökki 2012.)

## 5 HYDRAULISOLUN SUUNNITTELU

Nykyisen hydraulisolun työtilassa suurimmat ongelmat ovat tilan mataluus ja muoto. Myöskään laatikon kokoonpanotasot, apupöydät, putkien esivalmistus ja liitin/tarvikehyllyt eivät ole sijoitettu työn kannalta parhaalla tavalla. Tavaravirrat olisivat logistiikan sujuvuuden kannalta saatava yksisuuntaiseksi. Layout (kuva 7) on esitetty nykytilanne.

Keskellä tilaa tolpan juuressa olevan kaksipuolisen hyllyn toinen puoli on kokonaan käyttämättä. Ongelmia on myös liitinhyllyjen käytössä, koska niiden sijainti ei ole järkevä. Kun asentaja tarvitsee kokoonpanoonsa esimerkiksi Jig-tyyppisiä liittimiä ja O-Lock-tyyppisiä liittimiä, eivät ne sijaitse samassa hyllyssä, vaan hyllyt ovat eri puolella solua sivuseinillä. Tämä aiheuttaa turhaa edestakaisin kävelyä. Lisäksi lattialla on usein tavaraa, jolloin tavaroiden nouto tavarakärrylläkin on hankalaa.



Kuva 7. Layoutkuva nykytilanteesta.

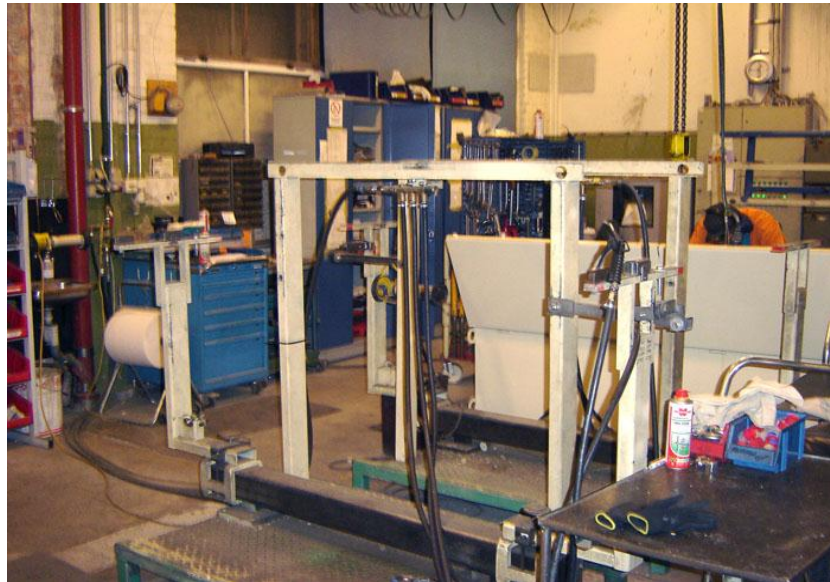
Turvallisuuskulmasta olisi suositeltavaa, ettei osia tarvitsisi noutaa käytävän puolelta. Työturvallisuusriskin aiheuttavat käytävän toisella puolella sijaitsevat murskaintyöpisteet, joiden tarvitsemien osien paino liikkuu tonneissa. Käytävällä liikkuu tämän vuoksi paljon trukkiliikennettä, kuten kuvassa 8 näkyy, sekä lavettivaunu isoin taakoin. Näitä seikkoja käsitellään myöhemmin kehitysehdotuksina.



Kuva 8. Liikkuva trukki. Sähkökaapin ja työpisteen takana näkyvät käytävältä käytettävät hyllyt. (Kuva A.Hyökki 2012.)

Pääaihe opinnäytetyössä oli suunnitella korkeussäädettävä hydrauliiikkaatikon valmistuspisteeseen uusi työtaso. Nykyisellään työtason (kuva 9) korkeus ei ole säädettävissä, joten työergonomiaa ei saada kaikille sopivaksi. Seisten tehtävässä työssä tämä aiheuttaa jonkin verran huonoja työasentoja.





Kuva 9. Nykyisin käytössä oleva työtaso. (Kuva A.Hyökki 2012.)

Ongelmana on myös se, että laatikon ollessa telineessä eivät työtason valot ylety laatikon sisälle. Tätä on korjattu magneettijalkaisella lampulla, joka on helppo kiinnittää laatikon sisäseinään tarvittavaan kohtaan. Lattialla olevia työvalaisimen sähköliitäntäjohtoa ei kuitenkaan saada piiloon. Myös työpisteessä käytettävän paineilmapisteen letku kulkee seinältä lattian kautta työpisteeseen. Nämä aiheuttavat kompastumisvaaraa (kuva 10). Tätä on pyritty korjaamaan korokkeilla, mutta siinäkin piilee riski: työntekijän jalka voi lipsahtaa korokkeelta, ja korokkeen reunaan voi kompastua samoin kuin työvalaisimen johtoon tai paineilmaletkuun, kuten kuvassa 10 näkyy.



Kuva 10. Lattialla lojuvat sähköjohdot ja paineilmaletkut ovat työturvallisuusriski. (Kuva A.Hyökki 2012)

Laatikko nostetaan työtasolle kattonosturilla, jota käytetään langallisesti, ei kauko-ohjaimella. Lattian pitäisi olla vapaa tavarasta, koska laatikon nostossa katse on pidettävä taakassa, ja lattialla mahdollisesti olevat tavarat saattavat aiheuttaa myös kompastumisvaaraa.

Paitsi että paikka näyttää yleisilmeeltään sekavalta, etenkin satunnaisesti liittimiä tai muita osia hakevien henkilöiden on vaikeaa löytää oikeat osat solun hyllystä. Tämä johtuu liitinlaatikoiden kuluneista ja puutteellisista merkinnöistä. Tätä asiaa on käsitelty tarkemmin kehitysehdotus-osiossa.

## 6 HYDRAULISOLUN TYÖTASON MEKAANINEN SUUNNITTELU

Opinnäytetyössä suunniteltiin hydraulilaatikon työpisteen taso siten, että työntekijöiden ergonomia ja työturvallisuus paranisivat. Suunnitteluun kulmakiviksi otettiin turvallisuus ja käytettävyys. Työtasoja on nyt käytössä kolmesta viiteen kappaletta, joista kaksi on varsinaisia asennustasoja, ja muut maalaustelineistä tehtyjä tasoja. Lisäksi esiasennuksia tehdään apupöydällä.

### 6.1 Suunnittelun teoreettiset vaatimukset

Ergonomia on työn tiedettä, jossa tutkitaan ihmiskehon mukautumista sille annettuun tehtävään. Työergonomiset ratkaisut auttavat työnantajia välttämään työntekijöiden työperäisiä rasitusvammoja ja niihin usein liittyviä suuria kustannuksia. Lisäksi työntekijöiden työskentelymukavuuden paraneminen ja työliikkeiden helpottuminen lisäävät tuottavuutta ja tuottavat merkittäviä kustannussäästöjä, koska työtapaturman riski ja sairauspoissaolot vähenevät. (Sovella, n.d.)

Sähkö- ja koneturvallisuudesta on olemassa koneasetus (400/2008). Siinä määritetään ne asiat, jotka suunnittelijan on otettava huomioon uuden laitteen suunnittelussa:

”Kone on suunniteltava ja rakennettava niin, että se soveltuu tarkoitukseensa ja sitä voidaan käyttää, säätää ja huoltaa henkilöitä vaarantamatta silloin, kun nämä toimet tehdään tarkoitettulla tavalla, mutta ottaen huomioon myös sen kohtuudella ennakoitavissa oleva väärinkäyttö.”  
(Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 12.6.2008/400.)

Pienjännitesähköasennukset ovat syöttökaapeliin asti kiinteistösähköasennusta. Kaikki siitä eteenpäin lasketaan koneeksi, joihin sovelletaan niitä koskevia asetuksia ja standardeja.

### 6.2 Suunnitteluprosessi

Sähkö/automaatio- ja konesuunnittelun prosessi lähtee liikkeelle tavoitteen asettelusta, jossa laaditaan toimintakuvaus ja toimintakaavio prosessille. Luonnosteluvaiheessa vertaillaan vaihtoehtoja. Suunnitteluvaiheessa suoritetaan tekninen määrittely eri käyttövoimavaihtoehtoista sen mukaan, käytetäänkö sähköä, hydraulikkaa vai paineilmaa. Sen jälkeen tutkitaan ja valitaan käytettävät komponentit, laaditaan sähköpiirustukset ja tehdään konepiirustukset. Suunnittelun aikana laaditaan kojeluettelo käytetyistä kojeista, niiden tunnuksista, tyypeistä, valmistajista ja muista merkittävistä yksityiskohdista.

Suunnitteluvaiheessa täytyy selvittää käytettävien kojeiden valmistajien käsikirjoista komponenttien tilan tarve. Suunnittelija määrittää myös keskuksen koon ja asennuslevyn pinta-alan, laatii keskuksen sijoitus- eli kokoonpanopiirustuksen sekä loput sähköpiirustukset päävirta- ja ohjauspiireistä. Tämän päivän koneille ja laitteille on määritetty vaatimuksia, joiden tulee täyttyä. Niiden lisäksi on myös perusasioita jotka tulee huomioida. Ne määrittyvät seuraavasti:

Rakenteelta vaaditut ominaisuudet:

- varmatoimisuus
- helppo ja nopea valmistaa, kuljettaa ja tarvittaessa myös purkaa
- rakenteeltaan ja toiminnaltaan tarkoituksenmukainen
- turvallinen.

Rakenteeseen vaikuttavat tekijät:

- ulkoiset voimat ja niiden vaihtelut
- mekaaniset rasitukset
- tilantarve
- kustannustietoisuus
- muotojen yksinkertaisuus.

Suunnittelun lähtötiedot:

- käyttötarkoitus
- käyttöolosuhteet
- turvallisuuskysymykset (EU-vaatimukset).

Konepiirustuksista tulisi selvittää materiaalivahvuudet, mitat sekä kokoonpano-ohjeet. Tässä työssä on selvitetty tarvittavat materiaalit sekä tehty prototyyppikuva telineestä. Varsinaisia kokoonpano-ohjeita ei ole tehty, koska koko osaston organisointi on kesken.

Ideoinnin tulisi pitää sisällään ainakin seuraavat vaiheet:

- Valitaan useista eri rakennusvaihtoehtoista tarkoituksenmukaisin.
- Kehitetään valittua ideaa esisuunnittelun avulla, tarvittavat komponentit ja raaka-aineet sekä laskien toiminta-arvot.
- Verrataan valintoja ja tuloksia annettuihin tavoitteisiin.
- Lopuksi piirretään ja dokumentoidaan työkokoonpanokuviksi.

Hydrauliikkalaatikoiden asennuspisteessä kokoonpanotason korkeudensäädöllä pitää saada oikeat työkorkeudet riippumatta työskentelevän henkilön pituudesta. Se parantaa työntekijää saamaan oikeat nosto- ja asennusasennot.

Korkeussäädössä käytettävän tekniikan on oltava turvallista ja tarkoituksenmukaista sekä yksinkertaista rakentaa ja helppo käyttää. Yksinkertaisin ratkaisu olisi tehdä niin sanottu teleskooppirakenne valitulla tekniikalla; käyttövoimasta riippumatta se on helppo toteuttaa.

Nykyisin toimistopöydissä on yleisesti käytössä sähkötoimisia ruuvimoottoreita, joilla saadaan tarpeellinen säätö rakennettua. Niitä on myös saatavissa teollisuuden käyttöön sopivina sovelluksina. Ruuvimoottorin periaate on yksinkertainen: sisäkkäin olevia putkia venytetään ja lyhennetään sähkömoottorin avulla.

Korkeussäätö voidaan halutessa rakentaa myös käsin säädettäväksi. Tekemällä sisäkkäin menevät runkoputket. Varsinainen korkeussäätö tapahtuisi silloin säätöreillä ja pulttiliitoksella. Silloin työtasoa ei ole mahdollista säätää työn aikana.

### 6.3 Työtason kallistusominaisuus

Isoissa Lokotrack-malleissa käytettävien ohjauslaatikkoon sisälle tulevat hydrauliikkalohkot ovat niin painavia, että ne pitää nykyisin ensin asentaa paikoilleen lattialla nosturiavusteisesti. Sitten laatikko voidaan nostaa telineeseen, jossa loput asennukset suoritetaan. Jotta isot lohkot voitaisiin asentaa suoraan telineessä katonosturin avulla, tarvittaisiin telineeseen myös taaksepäin kallistus asennussuunnassa. Kallistuskulman on oltava riittävä, jotta ylöspäin aukeava kansi ei ole esteenä nosturin käytölle.

### 6.4 Laatikkotyöpisteen rungon suunnittelu

Aluksi selvitetään, minkälaisia voimia suunnittelussa tulisi ottaa huomioon. Tärkein tieto on hydrauliikkalaatikon paino. Kokoonpanopiirustuksessa sen määritellään olevan 300 kg. Taulukossa 1 on työvaihekuvaukseen merkitty laatikon ja eri työvaiheiden aiheuttamat rasitukset itse asennustasolle. Töitä ei kuitenkaan tehdä täsmällisesti tässä järjestyksessä, vaan lohkot asennetaan putkijärjestyksen ehdoilla, joka vaihtelee kone-tyyppien/optioiden vuoksi.

Taulukko 1. Työvaihekuvaus

	TYÖVAIHE	HUOM.
1	laatikon visuaalinen tarkastus	lattialla tehtävä
2	laatikon nosto telineelle	nosturityö
3	laatikon lukitseminen telineeseen työnteon ajaksi	ruuvikiinnitys, kiristys käsiavain
4	lohkon asennus laatikkoon, 2 - 3 lohkoa	käsinnosto, kiristukset käsiavaimilla
5	putkien liittäminen lohkoihin	käsin avaimilla
6	mittariasennukset	käsin avaimella
7	letkuasennukset	käsin avaimilla
8	lukitusruuvien irrotus laatikosta	ruuvikiinnityksen aukaisu
9	nosto telineestä pois	nosturityö

Näiden perusteella voidaan erottaa seuraavat mekaniikan taulukoidut voimat, jotka pitää huomioida. Mikäli työtasossa käytetään kallistusominaisuutta, kohdistuu telineeseen laatikon painosta syntyvä vääntömomentti. Nosturin käyttö aiheuttaa puristavaa painetta telineeseen. Lisäksi laskunopeus ja siitä syntyvä isku on kuormitus sykli, jolla ei ole mainittavaa vaikutusta. Osien kiinnityksessä käytetään iskevää paineilmatyökalua joka aiheuttaa tärinää. Lisäksi isojen putkiholkkien kiristys käsityökaluilla aiheuttaa vääntöä. Tämän vuoksi suunnittelussa on otettava huomioon myös että teline on tukeva ja painopiste oikea. Tällöin saavutetaan työturvallinen työpiste.

#### 6.4.1 Lujuuslaskelmat

Rakenteiden suunnittelussa tärkeässä asemassa on lujuusopin tunteminen. Rakenteiden muodot ja ainevahvuudet riippuvat valittujen materiaalien sisäisistä ominaisuuksista. Lisäksi pitää tuntea käyttöolosuhteet ja rakenteisiin vaikuttavat ulkopuoliset voimat (taulukko 2).

Taulukko 2. Työvaiheiden SI tunnus määrittely

TYÖVAIHE	VOIMA	1SI TUNNUS/ YKSIKKÖ
kallistuksen käyttö	vääntö	$T = Nm$
osien kiinnitys	tärinä, vääntö	$N*m*s$
nosturilla lasku	paine (puristus)	$K = Pa$

Tässä työssä painolla on merkitystä rakenteiden kuormituksina. Tämän vuoksi on syytä esittää painojen ja massojen väliset yhteydet, jotka ovat:

$$F = mg \quad m = \rho V = m_1 h = m_A A$$

$$q = m_1 g \quad m_1 = \rho A h = m/h$$

$$p = m_A g \quad m_A = \rho h = m/A$$

missä

- **F= paino (N)**
- **g= pituuspaino (N/m)**
- **p= pinta-alapaino (N/m<sup>2</sup>)**
- **m= massa**
- **m<sub>l</sub>= pituusmassa (kg)**
- **m<sub>A</sub>= pinta-ala massa**
- **V= tilavuus=Ah**
- **V/A = keskimääräinen poikkipinta-ala**
- **ρ= tiheys (kg/m<sup>3</sup>)**
- **g= putoamiskiihtyvyyys ≈ 9,81/s<sup>2</sup> maan pinnassa**

Kaikkia laskuja ei tosin tarvitse laskea itse, sillä Rautaruukin ja muidenkin toimittajien luetteloissa on annettu jo valmiiksi materiaalitietoja, kuten pituuspaino. Yllä olevat kaavat on silti hyvä tietää.

#### 6.4.2 Varmuuskerroin

Teräksen lujuus vaihtelee jonkin verran, eikä kuormitustakaan aina pystytä täysin arvioimaan, koneenrakennuksessa käytetään varmuuskertoimia riittävän lujuuden aikaansaamiseksi.

Mikäli työtaso toteutetaan toimilaitteavusteisena, sovelletaan siihen nosturin suunnitteluun käytettävää standardia, kuten hisseillekin. Se antaa ohjeet käytettävistä materiaaleista, jotka ovat riittäviä turvallisuuden ja kestävyuden saavuttamiseksi. Standardi määrittää esimerkiksi hisseille niin sanotun varmuuskertoimen, jolla varmistetaan koneiston ja teräsrakenteiden riittävä lujuus. Hisseissä tuo vaadittu kerroin on 1,2. Koska työtasossa tehtävät laatikot painavat noin 300 kg, ja tasoon kohdistuu erilaisia voimia, kuten paine (puristus), vääntö ja tärinä, kertoimeksi otettiin myös 1,5.

Tässä työssä tarkasteltavat materiaalit ovat työtasoille mietittyjä ja käyttölämpötiloissa sitkeitä. Sitkeällä materiaalilla on kyky tasata epälineaarisia jännityshuippuja paikallisen myötäämisen vaikutuksesta (Niemi 2003, 13).

Työtasorakenteet valmistetaan hitsaamalla, jolloin rakenteissa esiintyy välttämättä myötälajuuden suuruisia jäännösjännityksiä. Rakenteiden todelliset käyttökuormat ovat yleensä pieniä verrattuina mitoituskuormituksiin. Tilanteita, joissa työtasojen kuormitus on lähellä murtokuormaa, esiintyy harvoin tai ei koskaan. Työssä keskitytään staattiseen mitoitukseen olettaen, että väsyminen ei ole mitoittava tekijä. Koska kuormituksen oletetaan olevan pääasiallisesti staattista ja materiaalin sitkeää, työssä ei määritetä paikallisista lovista aiheutuvia epälineaarisia jännitysjakaumia, vaan tarkasteluissa keskitytään rakenteellisiin jännityksiin.

Yleisimmin varmuusluku, jonka valmistaja antaa materiaalille, arvo määritellään käyttäen laskentalujuutena myötörajaa jota merkitään seuraavasti:

$$n = Re / \sigma_{all}; \text{ jossa}$$

n= varmuusluku

Re= Myötöraja

$\sigma_{\text{sall}} = (\text{sigma sallittu}) = \text{sallittu kuormitus}$

Liitteessä 2 on esitelty stantardin SFS 3200 mukaiset rakenneteräksien sallitut kuormat eri rakenne- ja koneteräksille.

Rakenneterästen sallitut jännitykset staattisissa kuormituksissa määritellään vedolle, taivutukselle ja puristukselle materiaalin alemman myötörajan ReL arvosta seuraavasti (taulukko 3):

Taulukko 3. Sallitujen jännityksien kuvaus

ReL = alempi myötäraja, tämän arvon ilmoittavat teräksen valmistajat tuotteistaan
$\sigma_{\text{sall}} = \text{ReL} / 1,5 * \text{tavallinen kuormitus}$
$\sigma_{\text{sall}} = \text{ReL} / 1,3 * \text{harvinainen kuormitus}$

### **Kuormituksen huomioiminen:**

Tavallinen kuormitus = kuormitus tavanomaista eli vaihtelee ja esiintyy jatkuvasti

Harvinainen kuormitus = kuormitusyksi harvassa, vain satunnaisesti.

Koska materiaalin valinnalla pystytään vaikuttamaan painopisteeseen, voitaisiin käyttää jalkaosaan seinämäpaksuudeltaan vahvempaa ainetta ja taas rungossa yläosassa tuentaan ohutseinäisempää ainetta.

Työtason runkomateriaalina voidaan käyttää lujuusstandardin täyttäviä rakenneputkea, joka laskennallisesti kantaa vähintään 450 kilon kuorman.

### 6.4.3 Lujuuslaskennan tulokset

Ensimmäiseksi laskettiin rakenteisiin tulevia kuormia. Hydraulikkalaatiko aiheuttaa työtasoon aksiaalisen kuormituksen, joka kertoimen kanssa on 450 kg. Riittävän lujuuden saamiseksi pitää laskea aksiaalinen kuormitus kaavalla Jännitys:

$$\text{Jännitys } \sigma = F/A$$

jossa;

F= voima (N)

A= pinta-ala (m<sup>2</sup>)

Jännitystä voi olla vetojännitys, puristusjännitys ja leikkausjännitys

Vetojännityksestä käytämme symbolia  $\sigma = (\text{sigma})$

Puristusjännityksestä käytämme symbolia  $\sigma_p =$  (sigma)

Työssä laskettiin laatikon painon aiheuttama puristusjännitys. Kilot muunnettiin nyrkkisäännöllä 1 kilo = 10 Newtonia. Tätä nyrkkisääntöä pidetään tämällytyypisten laskujen riittäväksi tarkkuudeksi. Tällöin laatikon aiheuttamaksi voimaksi tulee 4500 N.

Pinta-ala on halkaisupinnasta laskettu ala. Suorakaiteisen putkipalkin mitat ovat 120mm x 50mm, ainevahvuuden ollessa 3mm. Mutta koska kyseessä on putkiaines, poikkileikkaus pitää laskea seuraavasti:

$$\text{Ulkopinta-ala on } 120 \text{ mm} \times 50 \text{ mm} = 6000 \text{ mm}^2$$

$$\text{Sisäpinta-ala } (120 \text{ mm} - 3 \text{ mm}) \times (50 \text{ mm} - 3 \text{ mm}) = 5499 \text{ mm}^2$$

Ja näiden erotus on poikkileikkauspinta-ala:

$$6000 \text{ mm}^2 - 5499 \text{ mm}^2 = 501 \text{ mm}^2$$

Jännitys laskettiin edellisellä kaavalla:

$$\sigma_p = F/A = 4500 \text{ N} / 501 \text{ mm}^2 = 8,98 \text{ N/mm}^2$$

Seuraavaksi laskettiin taivutusvastus. Paljonko on 120mm\*50mm\*3mm (seinämävahvuus) poikkileikkauksisen suorakaideputkipalkin taivutusvastus W, kun sitä taivutetaan a= pystysuunnassa, B= lappeellaan?

Kaava on;  $W = \text{leveys} \times \text{korkeus} \times (\text{toiseen potenssiin}) / 6$

a) Pystysuunnassa  $W = 120 \text{ mm} \times 50 \text{ mm} \times 40/6 \text{ mm} = 40000 \text{ mm}^3$

b) lappeellaan  $W = 50 \times 50 \times 50 / 6 = 20833 \text{ mm}^3$

Tästä nähtiin, että lappeellaan materiaali kestää taivutusta noin 40 % siitä kuin kyljellään. Se kannattaa ottaa huomioon asennussuuntaa valittaessa.

### **Suurin sallittu jännitys**

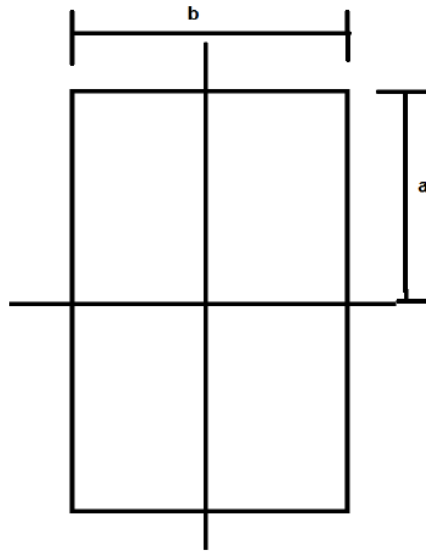
Materiaaliksi on valittu Ruukin double grade S420MH/S355J2H-teräs, joka on suunniteltu käytettäväksi koneenrakennukseen. Sen myötölujuus on noin 420 MPa, joka on  $420 \text{ N/mm}^2$ . Jakamalla myötölujuus varmuuskertoimella saadaan suurin sallittu jännitys. Varmuuskertoimeksi valittiin jo aiemmin tuo 1,5 joten suurin jännitys on:

$$420 \text{ N/mm}^2 / 1,5 = 280 \text{ N/mm}^2$$

### **Staattinen momentti**



Staattinen momentti on putken muodosta riippuva voima, joka tässä tapauksessa muodostuu kuvan 11 mukaisesti.



Kuva 11. Kuva staattisen momentin muodostumisesta

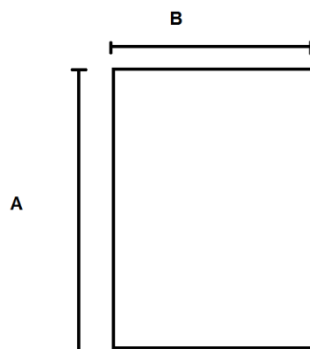
Laskukaava on seuraavanlainen:

$$S_x = a^2 \times b / 8$$

$$S_x = 60^2 \text{ mm} \times 50 \text{ mm} / 8 = 22500 \text{ mm}^2$$

### Jäyhyysmomentti

Jäyhyysmomentti on tasapinnan hitausmomentti, joka on homogeenisen kappaleen kyky vastustaa taipumaa poikkileikkaustason tietyn akselin suuntaisesti (kuva 12).



Kuva 12. Kuva jäyhyysmomentin muodostumisesta

$$I = A^3 \times B / 12 = 120^3 \times 50 / 12 = 1200000 \text{ mm}^2$$



### Leikkausvoima

Edellisten voimien laskemisen kautta nähtiin, mikä on se voima jolla ko. materiaali antaa periksi niin, että materiaali muuttaa muotoaan eli repeää. Tätä voimaa kutsutaan leikkausvoimaksi. Sen kaava on:

$$\begin{aligned} \tau &= F \times S_x / l \times b = 4500 \text{ N} \times 22500 / 1200000 \text{ mm}^2 \times 50 \text{ mm} \\ &= 168,75 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

### Taivutusrasitus

Taivutusrasitusarvo tarvitaan, mikäli työtasoon rakennetaan kallistus. Käytettäessä äskeisen esimerkin (20x40x3 mm) kuormitussuuntaa kyljellään, laatan materiaali on FE 37, rakenneputken ulkonema on 0,80 m ja sen päällä lepää 450 kg:n taakka, tälle käytämme kaavaa

$$F = \sigma_{\text{sall}} \times W / l. \tau_{\text{sall}} = 0,6 \times \sigma_{\text{sall}}$$

ja sen arvon 420 N/mm<sup>2</sup> saamme standardin **EN 10219-1** kohdasta leikkaus (taulukko 5)

F = sallittu voima  
 $\sigma_{\text{sall}}$  = sallittu taivutusjännitys  
W = taivutusvastus  
l = pituus

$$F = \sigma_{\text{sall}} \times W / l = 420 \text{ N/mm}^2 \times 40000 \text{ mm}^3 / 800 \text{ mm} = 12000 \text{ N}$$

Näin ollen nähtiin, että kuorma 4500 N ylittyy tuplasti. Mutta koska telineen paino ei ole haitaksi, voidaan materiaalia silti käyttää.

Taulukossa 4 on esitelty Ruukin käsikirjasta (2012) valitut materiaali- vaihtoehdot.

Taulukko 4. Materiaalivaihtoehdot

<b>Mitat</b>					
<b>Ulkomitat mm H x B</b>			<b>Seinämän paksuus mm / Paino kg/m</b>		
120 x 50			2.0 /6.35		
120 x 50			2.5 /7.54		
120 x 50			3.0 /9.85		
120 x 50			4.0 /12.1		

Ruukin double grad120 x 50e S420MH/S355J2H-teräksen ja EN 10219 –standardin mukaisten S355J2H- ja S420MH-teräslaatuojen mekaanisten ominaisuuksien vertailu.

<b>Mekaaniset ominaisuudet</b>	Myötölujuus $R_{p0.2}$ MPa vähintään	Murtolujuus $R_m$ MPa $T < 3$	Murtolujuus $R_m$ MPa $3 \leq T \leq 16$	$A_5\%$ vähintään	Iskusitkeystestin lämpötila °C <sup>1)</sup>
Ruukin double grade S420MH/S355J2H	420	510 – 660	500 – 630	20	-40 <sup>3)</sup>

**Käyttökohteita:**

- rakennusten runkorakenteet
- siltarakenteet
- kaiteet
- koneiden sekä nostolaitteiden ja kuljetusvälineiden runkorakenteet
- pylväät/mastorakenteet

Laatikkotyöpisteen korkeudensäätöön etsittiin helposti toteutettava ratkaisu. Vaihtoehtoina voitaisiin käyttää kolmea eri vaihtoehtoa: pneumaattiset sylinterit, hydraulikkasyylinterit tai pilari- eli karamoottorit. Valintaa tehtäessä pitää huomioida, että nostoon tarvittaisiin kaksi elementtiä yhtä työtasoa kohti. Koska teollisuudessa on pääsääntöisesti käytössä paineilma-, hydraulikka- ja sähkötoimisia laitteita, valitaan korkeudensäätötekniikka näistä vaihtoehdoista. Seuraavassa vertaillaan näiden ominaisuuksia.

Tasolta vaaditaan hyvää asemointitarkkuutta, jota ei voida saavuttaa yksinkertaisesti käyttämällä esimerkiksi paineilmasylintereitä. Niiden tarkkaan paikoitukseen on olemassa kuristintyyppisiä ohjausjärjestelmiä. Ne kuitenkin vaativat moitteettomaan toimintaansa instrumentti-ilman eli puhdistetun paineilman, jota työpisteessä ei ole. Välisuodattimella asia voitaisiin korjata. Tämä vaihtoehto ei ole helposti toteutettava.

Hydraulisesti toimivat sylinterit tarvittavine koneikkoineen ovat hankalia sovittaa muutenkin ahtaisiin paikkoihin. Hydraulikan käyttö on suosittua huomattavasti suurempia nostovoimia tarvitseviin nostopöytiin. Suhteessa hyötyyn toteutus on kallis. Järkevin vaihtoehto on käyttää sähköisesti toimivia nostimia. Markkinoilla on eri valmistajien malleja, joilla on tarvittava nostokyky. Näistä vaihtoehdoista karamoottori on paras vaihtoehto.

Karamoottori on kompakti sähkömekaaninen lineaaritoimilaite. Se on usein hyvä vaihtoehto paineilma- tai hydraulikkasyylinterille. Männän liike

syntyy trapetsiruuvin avulla, jota sähkömoottori käyttää planeettavaihteen välityksellä. Karamoottorin etuja ovat

- suojattu rakenne
- hitaasti liikkuvat mallit ovat itsepidättäviä
- nopeasti liikkuvat mallit pysäytetään jarruttaen
- vähäinen huollontarve
- laaja valikoima eri nopeuksia
- mahdollisuus sähköiseen nopeudensäätöön
- monipuoliset lisävarusteet
- hyvä paikoitustarkkuus.

Karamoottoreita valmistetaan sekä tasa- että vaihtosähkölle. Mallisto on kattava. Järeimmät laitteet on tarkoitettu 20 kN kuormalle ja nopeuden osalta voidaan saavuttaa jopa 90 mm/s.

Sähköisesti toimivat karamoottorit ovat suhteellisen uutta tekniikkaa, joten työtason toteuttaminen niillä ei olisi vaikeaa. Lisäksi etuna on turvallisuus, koska käyttöjännitteenä voidaan halutessa käyttää 24-voltista sähköjärjestelmää. Karamoottori ei tarvitse koneikkoa, ja paikotus onnistuu kaukosäätimen valintanäppäimillä, jolloin erillistä ohjauspakettia ei tarvita.

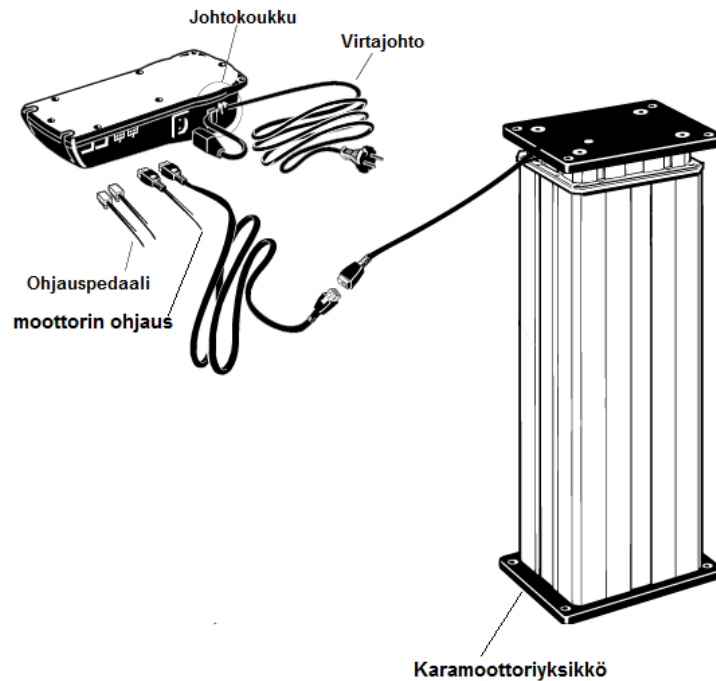
Tässä työssä suunniteltiin tason korkeudensäätö käyttäen Linak-pilarimoottoreita (kuva 13). LINAK on tanskalainen yritys, joka valmistaa yli 7000 eri artikkelia liittyen sähköisiin nostimiin. Ilmoituksensa mukaisesti se on alallaan maailman suurin. Valikoima sisältää karamoottorit, nostopilarit, ohjausyksiköt, ohjaimet ja suuren määrän lisävarusteita. LINAK Suomi toimii Vantaalla.



Kuva 13. LINAK pilarinostin (LINAK Oy n.d.)

LINAK Deskline ® DLv2-pilari on suunniteltu moniin erilaisiin työasemasovelluksiin. Se sopii moniin kokoonpanoihin, joissa tarvitaan korkeussäätöjä, kuten tietokonetyöpisteet, työpenkit, kokoonpanotasot ja työpöydät - jopa keittiöt. DLv2-pilari voi nostaa suuria kuormia ja on erittäin vankkarakenteinen. Se on yhteensopiva kaikkiin Deskline ® ohjausyksiköihin ja valvontalaitteisiin.

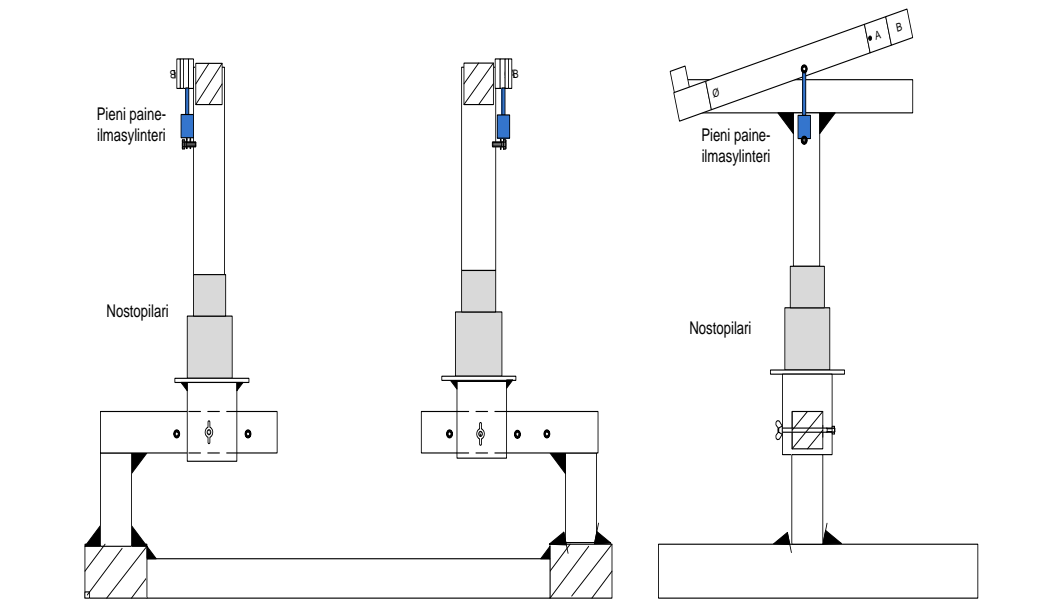
LINAK Deskline -järjestelmä on helppo integroida monenlaisiin kokoonpanoihin. Se on pulttiliitoksella helposti liitettävissä esimerkiksi hitsatun lapun kanssa pystypilariin. Kuvassa 14 on esitelty järjestelmä ohjauksiin. Kuvassa näkyy myös kiinnityslaatta mustana osana.



Kuva 14. Linak pilari nostimen ohjauspaketti (Linak Oy n.d.)

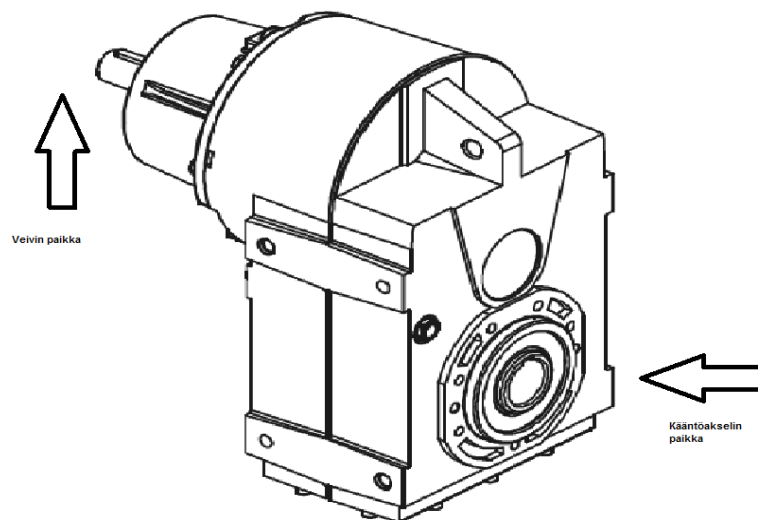
### 6.5 Laatikkotyöpuiston kallistuksensäätö paineilmasylintereillä

Kallistuksen säätöön on olemassa sopivia tekniikoita, kuten lyhytliikkeiset paineilmasylinterit. Sellaiset on kuvattu tason periaatekuvassa (kuva 15). Kuvassa näkyvät myös nostomoottoripilarit.



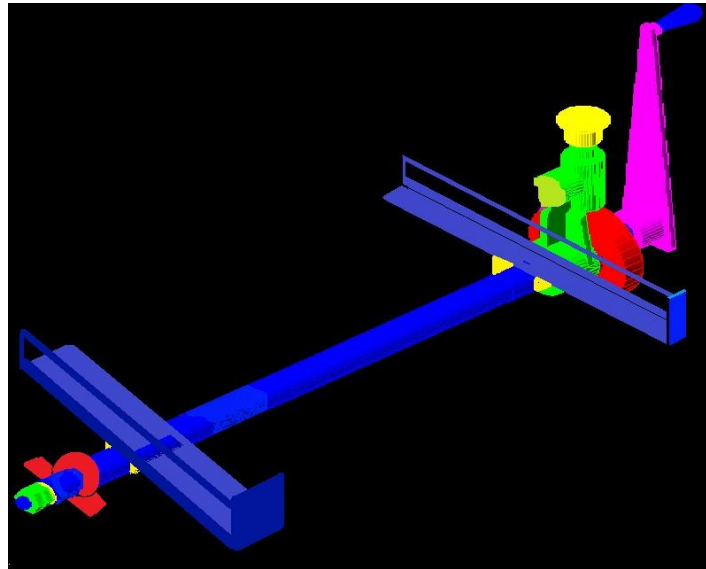
Kuva 15. Periaatekuva pilarinostimella ja kallistussäädöllä varustetusta työtasosta. Käsikäyttöinen kallistussäätö

Mikäli kallistussäätöä ei toteuteta pneumaattisesti, voidaan kallistuksen säätö tehdä käsikäyttöisellä kulmavaihteella (kuva 16). Siinä voidaan alennusvaihteen avulla keventää kuormaa ja käsikammen avulla asettaa oikea kallistus. Metso Mineralsin huoltokorjaamolla on käytössä kyseinen laite. Käsikäytön etuna on vaivattomuus sekä tarkka paikoitus kulloisenkin tarpeen mukaan.



Kuva 16. Motovarion käsikäyttöinen kulmavaihte (Oy Jens S. Ab n.d.)

Kolmas vaihtoehto on käyttää kuvassa 17 esitettyä suorahammasvälitettyä vaihteistoa, niin sanottua käsiveiviä, joka on välitettynä kevyt käyttää. Käsiveivin toimintaperiaate on yksinkertainen: hammaspyörän avulla tehty vaihteisto on varustettu kammella, jolla saadaan tarvittava kääntöliike, ja se lukitaan paikoilleen kiilatapilla.



Kuva 17. Periaatekuva veivattavasta kallistuksen säädöstä.

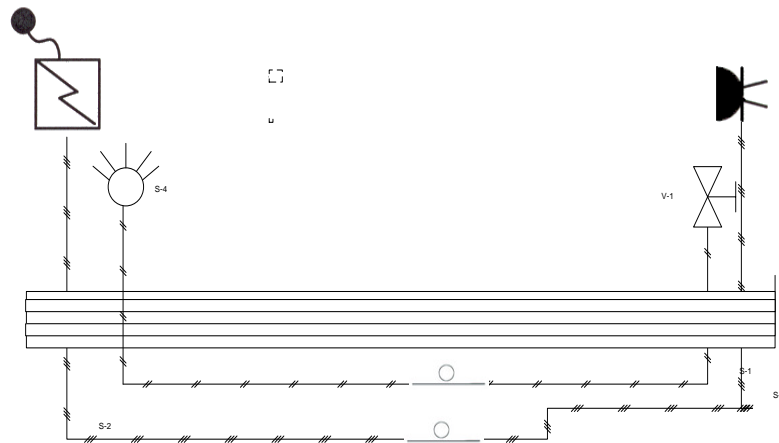
### 6.6 Laatikotyöpisteen liittynät

Kattonosturi, joka liikkuu palkkien päällä, estää paineilmalinjojen ja sähköjohdon tuonnin kokoonpanopaikalle yläkautta, ainoa helposti toteutettava reitti on siirtää paineilmalinjat lattian sisään tai lattian alle.

Lattialla olevien letkujen poistoon voitaisiin käyttää kanaalia, joka upotettaisiin lattiaan. Tarvittavat linjat sähkölle ovat pistorasia työvalolle, pilarinosturin sähköliittymä sekä paineilmaliihtymä paineilmatyökaluille. Johdot suojattaisiin pyöreällä Uponor-muoviputkella, jonka halkaisija saisi olla 150 - 200 millia. Uponor valmistaa kaapelinsuojausmallia, mutta tässä voisi käyttää perusviemärintiputkea (väri harmaa tai ruskea), jolla tehdään tarvittava putkivientitila lattian sisään. Työssä kuitenkin tarvittaisiin betonilattiaan timanttisahattu ura kaapeliputkelle. Suojaputken upotuksen jälkeen pitäisi myös lattia tasoittaa betonilla. Samasta läpiviennistä voidaan viedä vain kahden työaseman liittynät.

Toinen vaihtoehto olisi hyödyntää alla olevaa kellaritilaa, ja tuoda tarvittavat linjat kuvan 18 mukaisesti, jolloin lattian läpivienneiksi ei tarvittaisi kun kaksi Uponor-putken halkaisijalla olevaa reikää.





Kuva 18. Periaatekuva sähkö- ja paineilmareitistä lattian läpi.

## 7 LAATIKKOTYÖPISTEEN SÄHKÖSUUNNITTELU

Koska tarvittavia komponenttien valmistajia ja tarjoajia on useita eikä omaa suunnittelua siltä osin tarvita, esitellään seuraavassa sopivimmat vaihtoehtot.

Sähkösuunnittelun perustana on sähköturvallisuuden noudattaminen. Sähköturvallisuuslaki määrittää mitä ja miten sähkötyöt ja -kytkennät tulee tehdä. Kauppa- ja teollisuusministeriö (KTM) antaa sähköalaa sitovia määräyksiä. Turvatekniikan keskus (TUKES) valvoo toteuttamista ja toimintaa sekä antaa selventäviä hallinnollisia ohjeita. Teknisiä ohjeita ja neuvontaa antavat sähköalan ammattiorganisaatiot. Työssä esimerkkeinä käytetyt laitteet täyttävät suomalaiset turvallisuusmääräykset.

Työkohteessa on huomioitavaa se, että lain mukaan uusien sähkökytkentöjen on täytettävä nykyiset turvallisuus- ja asennusnormit. Eli vanhaa asennustapaa ei saa käyttää, vaikka olemassa olevat sähkötyöt ovat vanhojen normien mukaiset. Työpisteessä on käytettävissä alakeskus, josta voidaan ottaa tarvittava sähkö uusiin työpisteisiin. Liitynnästä voitaisiin tehdä puolikiinteä, jolloin se voidaan tuoda putkessa yhdessä paineilmailiitynnän kanssa.

Ensto Oy:n valmistama pistorasiapylväs (kuva 19 ja 20) olisi hyvä vaihtoehto. Se on turvallinen, ja kaksipuoleisena siitä saadaan kahden työpisteen sähkö. Pistorasiapylvään joustava suojaletku voidaan kiinnittää lähes minne vaan. Tällöin asennuskin on helppoa. Pistorasiapylväitä on myös mahdollista räätälöidä asiakas- ja projektikohtaisten tarpeiden mukaan.



Kuva 19. Pistorasiapylväs ( Ensto Oy tuotteet n.d.a.)



Kuva 20. Minipistorasiapylväs (Ensto Oy tuotteet n.d.b.)

## 8 LAATIKKOTYÖPISTEEN KEHITYSEHDOTUKSET

Edellä esiteltyjen teknisten parannusten lisäksi voidaan työergonomiaa parantaa työkierrolla. Hydraulilaatikon teon yksi osa on lohkojen varustelu. Tämä voitaisiin tehdä myös alikokoonpanona omassa, erillisessä työpisteessä. Siellä voisivat olla omassa hyllyssään vaiheen vaatimat osat ja työ-

tarvikkeet. Tällä työpisteellä voisi työskennellä istuen, jolloin saataisiin seisomatyön rasittavuutta vähennettyä. Asentajat voisivat vuorollaan työskennellä tällä pisteellä viikon tai vaihtoehtoisesti käydä tekemässä omat lohkonsa työpisteessä.

## 9 HYDRAULISOLUN KEHITYSEHDOTUKSET

### 9.1 Solun uusi layout ja sen edut

Mikäli alueelle pystytään tekemään uusi layout, saataisiin sillä parannettua hyllyjakoa, laitteiden sijoittelua ja työpisteitä. Lisäksi saataisiin soluun yksisuuntainen tavaraliikenne, jolloin myös trukkiliikenne helpottuisi ja työskentely olisi turvallisempaa.

### 9.2 Putkiaseman parannusehdotus

Putkiaseman käytettävyyttä voitaisiin parantaa järjestelemällä putkien valmistuskoneet uudelleen siten, että nykyinen asemapaikka kääntyisi 90 astetta ulkoseinän suuntaiseksi. Idea on esitetty kuvissa 21 ja 22.



Kuva 21. Putkiasema nykyisellä paikallaan putkisolun perällä. (Kuva A.Hyökki 2012.)



Kuva 22. Putkiaseman uusi paikka ulkoseinän puolella. (Kuva A.Hyökki 2012.)

Nykyisten aihokankien pituus on neljä metriä. Putkihylly sijaitsee nykyisin putkisolun perällä, koska se on mitoitukseltaan ainoa mahdollinen paikka. Mikäli olisi mahdollista käyttää nykyistä ahiopotkea lyhyempää, maksimissaan 2,5 metriä pitkää putkea, voitaisiin koko katkaisutoiminta muuttaa toisinpäin ulkoseinän puoleiselle seinälle. Tällöin putkien varastointi ja hyllyn täyttö olisi helppoa. Hylly tarvitsisi tällöin pyörät alleen. Hyllyn siirto voidaan toteuttaa paineilmamoottorilla, jonka toimintaperiaate esitellään luvussa 9.3.

Hyötynä olisi se, ettei hyllyä tarvitse täyttää peräseinällä käsin, vaan se voidaan täyttää trukkiavusteisesti käytävällä. Tällä toimenpiteellä säästettäisiin huomattavasti aikaa. Ja jos joskus tulee tarve päästä kellariin lukuksa, joka sijaitsisi putkihyllyn alla, se onnistuu hyllyä siirtämällä.

Lisäksi pitäisi tutkia, minkä mittaisia putkia tuotannossa käytetään. Siten selvitetäisiin olisiko mahdollista korvata pitkä putki kahdella lyhyemmällä ja käyttää jatkoliitintä putkien liittämiseen. Näin saataisiin helpommin asennettava putkikokonaisuus, mikä helpottaisi kenttäolosuhteissa vaihdettavan putken asennusta. Lisäksi sillä voisi olla vaikutusta materiaalihukkaan.

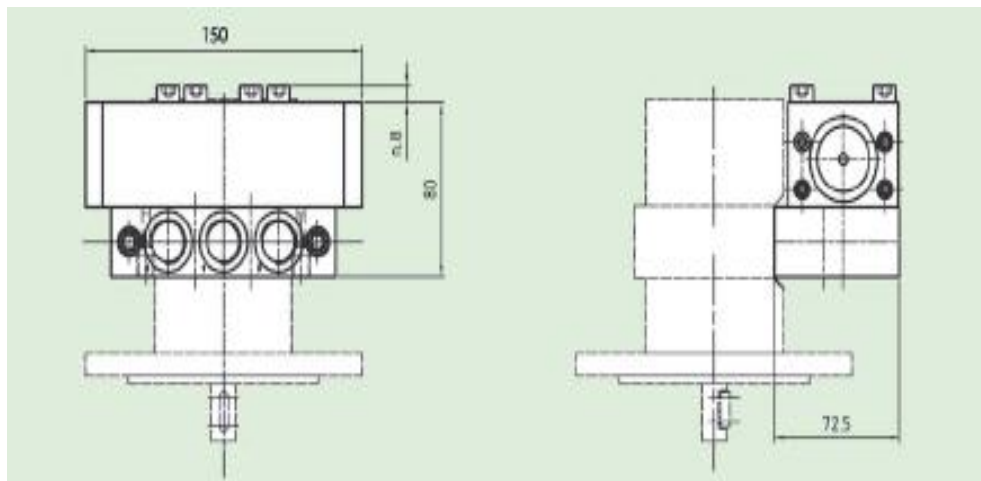
Jos putkien määrä oleellisesti kasvaa, ja se vaatisi esimerkiksi automaattikoneeseen investoimista, olisi yksi vaihtoehto putkenvalmistuksessa ulkoistaminen. Näin nykyistä putkiasemaa voisi ajatella siirrettäväksi tuotetuksen käyttöön, siellä nimittäin olisi tarvetta putkiasemalle prototyyppikoneiden putkilinjojen valmistuksessa. Koska huoltokorjaamo ja tuotetuksen ovat samassa hallissa, voisi asema olla hyödyllinen apuväline myös huoltokorjaamolle.

Ainoa ongelma on se, että jos putkenvalmistaja ei pysty toimittamaan joidenkin erikoisputkia asiakasrätälöintikoneisiin, ne täytyisi mennä valmistamaan tuotetuksen tiloihin. Mutta asiakasrätälöintikoneita ei ole vuodessa niin suurta määrää, että siitä tulisi ongelmaa.

### 9.3 Ilmamootorin toimintaperiaate

Ilmamootorin periaate on yksinkertainen. Paineilmalla pyöritetään roottoria, joka planeettavaihteiston avulla pyörittää käyttöakselia. Moottori esitellään kuvassa 23. Putkihyllyn siirtämiseen tarvitaan yksi tai kaksi moottoria. Käytävällä olevat roskat, vesi tai muut partikkelit saattavat häiritä moottorin käytettävyyttä. Kahdella moottorilla saavutettaisiin parempi ohjauskyky, vaikka liike onkin lineaarinen. Täytetty hylly painaa noin 200 kiloa enemmän, kuin tyhjä hylly. Kaksi moottoria olisi ratkaisuna varmempi. Hyllyn periaatekuva on esitelty liitteessä 2. Moottorin pyörintäsuuntaa hallitaan paineilmaohjatulla 5/3-ohjausventtiilillä.

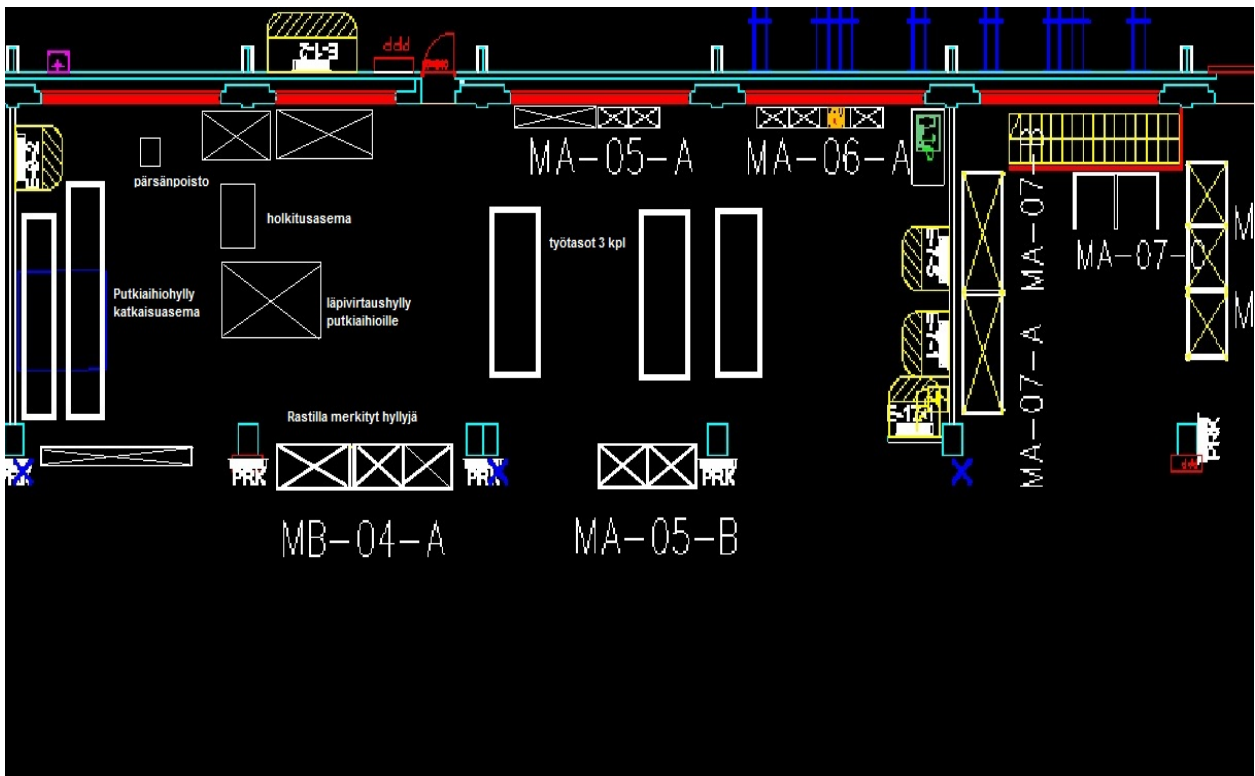
Paineilmaohjatun moottorin tyypillisimpiä käyttökohteita ovat paperi- ja kemianteollisuuden kiristimet, sekoittimet ja kuljettimet. Moottoreiden kokoluokat ovat 1,6 - 6 kW. Ne voidaan varustaa myös planeettavaihteistolla ja moottoriin kiinnitettävällä ohjausventtiilillä. Räätelöidyllä laipalla ja kytkinholkilla asennus on tehtävissä millaiseen akseliin tahansa.



Kuva 23. Periaatekuva ilmamootorista Deprag Schulz (Pneumacon Oy n.d.)

### 9.4 Muut toimenpiteet putkivalmistuksessa

Taivutuskoneen ympärillä tarvitaan tilaa. Koneessa olevat pyörät mahdollistavat sujuvan käytön, joten sen sijoitteluun ei ole tarvetta puuttua. Sitä siirretään nykyisinkin tarpeen mukaan. Takaseinälle voitaisiin putkihyllyn paikalta vapautuneeseen tilaan siirtää katkaisusaha ja merkitsemispöytä jolloin pärsänpoistokoneen paikka siirtyisi lähemmäksi takaseinää. Käytävän puolelta käytettävä valmiiden putkiaihioiden hylly voitaisiin kääntää poikittain. Näin siitä tulisi läpivirtaushylly putkiaihiuille. Tämä näkyy havainnollisena uudessa layout-kuvassa (kuva 24).



Kuva 24. Uusi layout-ehdotus hydraulisolusta.

Korkeat hyllyt rajoittavat näkyvyyttä käytävälle, jossa liikkuu paljon trukkeja tuomassa ja hakemassa murskaintyöpaisteiden tavaroita. Kookkaiden taakkojen takaa kuljettajan voi olla hankala nähdä ihmisiä. Jos käytävän puoleisen hyllyn edessä henkilö sattuisi olemaan kumartuneena, voi hän jäädä huomaamatta. Talvella myös kuormien mukana tuleva lumi sulaessaan liukastaa lattian lisäten riskejä.

Takaseinältä saataisiin uusilla hyllyjärjestelyillä helposti turvallista tilaa, olisi suositeltavaa siirtää hieman nykyistä korkeammat liitin- ja tarvikehyllyt sinne rinnakkain. Tällöin käytävän puolelle jäävät hyllyt olisivat käytettävissä solun puolelta sekä siirrettävissä myös hieman käytävälle päin, jolloin tilan leveys kasvaa. Se vähentäisi käytävällä liikkumista ja lisäisi turvallisuutta.

Käytävänpuoleisen putkiaihiohyllyn jäädessä pois, tilalle voitaisiin siirtää jäteastiat. Takaseinälle nykyisin sijoitettu tuotannon työjonotaulu voisi siirtyä poistuneen liitinhyllyn paikalle käytävän viereen. Näin visuaalisuus paranisi, ja työjonolista olisi helposti tavoitettavissa. Myös solu saataisiin avonaisemmaksi. Uusi layout on esitetty kuvassa 24, jossa näkyvät uudelleen sijoitellut kalusteet, hyllyt ja koneet. Osa hydraulilohkoista ja muista osista varastoidaan nykyisin solusta kauempana sijaitsevassa varastotilassa. Hyllynsiirrolla lohkot saataisiin varastoitua lähemmäksi. Nykyisten varastohyllyjen läheisyydessä tehdään hiontatyötä, ja sen aiheuttama pöly liikaa hyllyssä säilytettäviä tarvikkeita. Tämäkin ongelma poistuisi, jos kaikki varastohyllyt siirrettäisiin takaseinälle, jonne pöly ei leviä.

## 9.5 Hyllyautomaatti

Tarvikkeiden varastoinnin kannalta eräs vaihtoehto olisi, jos hydraulisoluun voisi asentaa Kardex Remstar -hissityyppisen varaston (kuva 25). Se on tehokas ja selkeä varasto tuotteille, jossa varastoitaisiin tehokkaasti ja hyvässä järjestyksessä liittimet, anturit ja lohkot. Kardexin etuna on puhtaus, sillä umpinaisen rakenteensa takia se suojaa varastoitavia hydrauliosia pölyltä. Tilassa ainoa rajoittava tekijä korkeussuunnassa on katonosturi.



Kuva 25. Kardex Remstar varasto (Kardex Remstar Finland OY n.d.)

Seuraavassa taulukossa 5 on esitelty laitetiedot tilaan sopivista kokonaisuuksista.

Taulukko 5. Laitekoot

Laitemitat		
Leveys		3.075mm
Syvyys		1.270 mm
Korkeus		min. 2.360 mm
Hyllyn hyötymitat		
Leveys		2.450 mm
Korkeus		225 mm
Syvyys		428 mm

## 10 TULEVAISUUDEN KÄYTTÖMAHDOLLISUUDET

Jos koneet tulevaisuudessa muuttuisivat olennaisesti uusien tekniikoiden vuoksi niin paljon, että nykyinen hydraulisolu ei enää vaatisi koko tilaa käyttöönsä, voitaisiin alueelle siirtää esimerkiksi pumppusolu. Se on nykyisin ahtaissa tiloissa. Tilanahtautta lisäävät Tier-sukupolven kokoonpanot, pumppujen osat ja näiden kokoonpano vielä vanhojenkin mallien rinnalla.

Tier-moottoreiden kokoonpanon nykyinen ongelma on, että komponentteja on enemmän ja niiden koko suurempi, jolloin kaikkien pakkausmateriaalien käsittely olisi hyvä saada muualle. Ongelmaa saataisiin ratkaistua tekemällä alikokoonpanoja, joita voisivat olla esimerkiksi

- ilmanpuhdistuskokoonpanot
- kopan kokoonpano osittaisiksi moduuleiksi
- hydrauliiikkapumput
- jäähdytinelementtien varustelu
- optiovarustelu.

Ilmanpuhdistuskokoonpanot tehdään nykyisessä pumppusolussa. Pienillä liitosmuutoksilla voitaisiin siellä tehdä myös sähkösarja-asennus valmiiksi. Se liitetään nykyisin moottorimoduulissa, ilmanpuhdistuspaketin kylkeen. Pumppusolussa varustellaan myös hydrauliikkajärjestelmän termolohko.

Edellä mainittujen pumppujen esivarustelu on myös pumppusolun töitä. Mutta tällä hetkellä pumppujen loppuvarustelua joudutaan tekemään myös jonkin verran moottorin kokoamispaikoilla. Niillä tehdään myös jäähdytinelementtien esivarustelu. Tämä työ voisi olla myös alikokoonpano, lähinnä jäähdyttimen suuren koon takia.

Moottorimoduulissa on suojakopan etupalalle tehty pyörillä varustettu jigi. Siinä voidaan varmistaa etukatteen putkien sopivuus ja tehdä lattialla etukaton asennus putkiin. Tämä on nopeampaa kuin rungon päällä tehtävä asennus. Pienellä kiinnikkeen muutoksella saataisiin koko etukoppa koottua lattialla, jolloin koneeseen nostettaisiin koko etusuojakoppa kerralla. Tämäkin parantaisi turvallisuutta, kun asennus ei tapahdu moduulin rungon päällä tai työtasolla tehden.

Jäähdytinelementin asennus oli aluksi erittäin hankalaa, sillä apuna käytetään nostotaljaa nosturin ketjuissa. Opinnäytetyöprosessin aikana on suunniteltu sopiva nostoväline, jota testattiin moottorikokoonpanossa. Jäähdytinpaketti voitaisiin valmistaa alikokoonpanossa ja siirtää varustelun jälkeen asennuspaikalle. Jäähdytinelementit ovat pääsääntöisesti samanlaisia konemallista riippuen, pienin eroin vain paisuntasäiliön liittimissä. Tällöin jäähdyttimiä voitaisiin tehdä esimerkiksi kolme kappaletta samalla valmistusmääräimellä ja kuljettaa rullakkotyypisellä vaunulla asennuspaikalle.



Tämä säästäisi aikaa ja työtä. Tavaravirtojen hallinta selkeytyisi, kun suurien osien kuljetus hallin sisäosiin trukilla vähenisi.

Nämä edellä mainitut työt voitaisiin niputtaa yhdeksi nipputyöksi. Jos valmistus olisi esimerkiksi kahden tai kolmen päivän ennakossa, eivät osapuutteet yllättäisi niin helposti, koska hyllynkanto-osia varastoitaisiin ja käytettäisiin vain yhdessä paikassa. Käyttäjinä olisivat vain alikokoonpanon asentajat. Tällä parannettaisiin alikokoonpanon osahallintaa sekä vähennettäisiin moottorinvalmistuksen tila- ja varastointipainetta. Näin myös varmistettaisiin laatua, kun tekijät hallitsevat paremmin koonan ja heillä on siihen suunnitellut työpisteet.

Muutoksilla selkeytettäisiin myös materiaalin menekin seuranta. Materiaaleja voitaisiin seurata visuaalisesti. Valmistettaessa koneen mukainen sopiva paketti, jossa olisivat kaikki optiovarustelut lisäsuodattimet ja ohjausventtiilit, saataisiin säästöjä työtunneissa.

## 11 POHDINTA

Päätuloksena työssä saatiin tietoa siitä, miten työpistettä voitaisiin kehittää. Johtopäätös on, ettei työpisteen modernisointia pitäisi siirtää, vaan kehitystyö olisi toteutettava nyt, kun tehtaalla siirrytään Tier-sarjan moottoreihin. Tier 4 -moottorisukupolvessa täytetään EU-direktiivin mukaiset tiukentuneet vaatimukset moottoreiden kaasua- ja hiukkaspäästöjen vähentämiseksi. Koneet ovat testaus- ja protovalmistuksen kautta tulleet tuotantoon. Koska ne poikkeavat aiemmin valmistetuista malleista huomattavasti, vaaditaan suunnittelun, tuotannon ja oston yhteistyötä sekä varastoinnin sujuvuutta ja tuotantolinjan sopeutumista uuteen konemalliin.

Metso Mineralsin koko moottoriosasto on vahvassa muutostilassa. Tier 4 -sarjan koneiden valmistuslinja vaatii myös alikokoonpanoja. Tästä näkökulmasta opinnäytetyön tärkein anti tiivistyy kehitysehdotusosiin. Tähän työhön sisältyneiden kehitysehdotusten toteutuminen jää nähtäväksi.

Omaan työpaikkaan liittyvää opinnäytetyötä oli mielenkiintoista tehdä, vaikka työkiireet viivästyttivät sen valmistumista. Työn alkuperäinen kohde oli hydraulisolu, jonka kehitystyöhön tuli opinnäytetyöprosessin edetessä uusia ajatuksia. Yksi tällaisista näkökulmista oli tilan käyttö muunlaiseenkin alikokoonpanoon. Myös nykyisellään ahtaan ja kuormitetun pumppusolun kehittämisen tärkeys ilmeni työn edetessä. Tässä onkin hyvä jatkokehityksen aihe.

Työssä saavutettiin tietoa siitä, miten työpistettä voitaisiin kehittää. Johtopäätös on, ettei työpisteen modernisointia pitäisi siirtää, vaan kehitystyö olisi toteutettava nyt, kun tehtaalla siirrytään Tier-sarjan moottoreihin. Koska ne poikkeavat aiemmin valmistetuista malleista huomattavasti, vaaditaan suunnittelun, tuotannon ja oston yhteistyötä sekä varastoinnin sujuvuutta ja tuotantolinjan sopeutumista uuteen konemalliin.

## LÄHTEET

- Ensto Oy. n.d.a. Pistorasiapylväs. Viitattu 15.4.2012.  
[http://products.ensto.com/catalog/17107/2puoleiset%20pylv%C3%A4%C3%A4t\\_FIN1.html](http://products.ensto.com/catalog/17107/2puoleiset%20pylv%C3%A4%C3%A4t_FIN1.html)
- Ensto Oy. n.d.b. Minipylväs. Viitattu 15.4.2012.  
[http://products.ensto.com/catalog/17102/product/21575/NM32201\\_FIN1.html](http://products.ensto.com/catalog/17102/product/21575/NM32201_FIN1.html)
- Ergonomian ja käytettävyyden standardit. 2011. Suomen standardisointiliitto SFS ry. Viitattu 15.2.2012.  
<http://metsta.fi/julkaisut/esitteet/ergonomia.pdf>
- Hyökki, A. (2012). Valokuvat Metso Minerals Oy:ltä.
- Kardex Finland Oy. n.d. Viitattu 6.5.2012. [http://www.kardex-remstar.fi/fileadmin/user\\_upload/kardex-remstar/pdf-new/fi/Kardex\\_Remstar\\_Products\\_FI.pdf](http://www.kardex-remstar.fi/fileadmin/user_upload/kardex-remstar/pdf-new/fi/Kardex_Remstar_Products_FI.pdf)
- Laki eräiden teknisten laitteiden vaatimustenmukaisuudesta 26.11.2004/1016 1§. Viitattu 24.3.2012.  
<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2004/20041016>
- Launis, M. 2010. Miten työpisteet suunnitellaan ihmisen mittojen mukaisiksi? SFS-EN ISO 14738 Koneeseen liittyvien työskentelypaikkojen suunnittelun antropometriset vaatimukset. 15.4.2010. Viitattu 24.3.2012.  
[http://www.metsta.fi/www/koneturvallisuuden\\_temasivut/artikkelit/2010\\_nro\\_007.pdf](http://www.metsta.fi/www/koneturvallisuuden_temasivut/artikkelit/2010_nro_007.pdf)
- Linak Oy. n.d. Viitattu 24.3.2012.  
[http://www.linak.fi/corporate/2d3d-files/2D/Lifting%20Column\\_DL2\\_2D%20drawing\\_Eng.pdf](http://www.linak.fi/corporate/2d3d-files/2D/Lifting%20Column_DL2_2D%20drawing_Eng.pdf)
- Martikainen, T. 2008. Uuden hydraulisolun tuotannon ohjauksen luominen. Hämeen ammattikorkeakoulu. Tuotantotalouden opintolinja. Opin-  
näytetyö.
- Metso Minerals 90 vuotta Tampereella. 2009. Metso Oyj. Viitattu 12.2.2012.  
[http://www.metso.com/fi/corporation/articles\\_fin.nsf/WebWID/WTB-050826-2256F-13E4A](http://www.metso.com/fi/corporation/articles_fin.nsf/WebWID/WTB-050826-2256F-13E4A)
- Metso Oyj. n.d. Lokotrack LT 106. Viitattu 12.2.2012  
[http://www.metso.com/fi/miningandconstruction/Mining\\_Construction\\_FI.nsf/WebWID/WTB-100630-22576-65CDC?OpenDocument&mid=EE936581C32B270AC2257759002C1877](http://www.metso.com/fi/miningandconstruction/Mining_Construction_FI.nsf/WebWID/WTB-100630-22576-65CDC?OpenDocument&mid=EE936581C32B270AC2257759002C1877)

Metso Oyj. n.d. Lokotrack ST 3.5 Viitattu 12.2.2012  
[http://www.metso.com/fi/miningandconstruction/Mining\\_Construction\\_FI.nsf/WebWID/WTB-110328-22576-416D0?OpenDocument&mid=62005E58D6396E77C22578610038481B](http://www.metso.com/fi/miningandconstruction/Mining_Construction_FI.nsf/WebWID/WTB-110328-22576-416D0?OpenDocument&mid=62005E58D6396E77C22578610038481B)

Niemi, E. 2002. Levyrakenteiden suunnittelu. Teknologiateollisuus ry. Tekninen tiedotus 2/2002. n.d. Viitattu 23.4.2012.  
[http://www.metsta.fi/tiedotus/2002/std\\_tiedote2\\_2002.pdf](http://www.metsta.fi/tiedotus/2002/std_tiedote2_2002.pdf)

Oy Jens S. Ab 2012. Viitattu 23.4.2012.  
<http://www.jenss.fi/LinkClick.aspx?fileticket=ZHEMG%2bIuTds%3d&tabid=3028&mid=5432>

Pneumacon Oy. n.d. Haponkestävät ilmamoottorit. Viitattu 24.3.2012.  
[http://www.pneumacon.fi/pdf/Moottoriesite1\\_2007.pdf](http://www.pneumacon.fi/pdf/Moottoriesite1_2007.pdf)

Ruukki Oyj. 2012. Rakenneputket. EN 1993 – käsikirja. Viitattu 25.11.2012. [https://software.ruukki.com/Ruukki-Rakenneputket-Kasikirja-2012\\_PDF-versio.pdf](https://software.ruukki.com/Ruukki-Rakenneputket-Kasikirja-2012_PDF-versio.pdf)

Sovella. n.d. Ergonominen ja joustava työpiste. Viitattu 24.3.2012.  
<http://www.gwssystems.com/default.asp?docId=12600>

Sundquist M. 2009. Uusi konedirektiivi 2006/42/EY ja koneen valmistajan tehtävät. Viitattu 27.5.2012.  
[http://www.metsta.fi/www/koneturvallisuuden\\_teemasivut/artikkelit/2009\\_nro\\_003.pdf](http://www.metsta.fi/www/koneturvallisuuden_teemasivut/artikkelit/2009_nro_003.pdf)

Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 12.6.2008/400 liitteen 1 kohta 1.1.2. Viitattu 24.3.2012.  
<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2008/20080400>

## Ergonomian määritelmä

Ergonomian määritelmä Työterveyslaitoksen (n.d) mukaan:

Ergonomia on ihmisen ja toimintajärjestelmän vuorovaikutuksen tutkimista ja kehittämistä ihmisen hyvinvoinnin ja järjestelmän suorituskyvyn parantamiseksi.

Ergonomian avulla työ, työvälineet, työympäristö ja muu toimintajärjestelmä sopeutetaan vastaamaan ihmisen ominaisuuksia ja tarpeita. Ergonomian avulla parannetaan ihmisen turvallisuutta, terveyttä ja hyvinvointia sekä järjestelmien häiriötöntä ja tehokasta toimintaa.

**Ergonomia-sana tulee kreikankielen sanoista ergo = työ ja nomos = luonnonlait.**

**Ergonomian osa-alueet: fyysinen, kognitiivinen ja organisatorinen ergonomia**

Ergonomia on kokonaisvaltainen tarkastelutapa, mutta käytännössä on usein tarve keskittyä johonkin sen osa-alueeseen:

**Fyysinen ergonomia** keskittyy fyysisen toiminnan sopeuttamiseen ihmisen anatomisten ja fysiologisten ominaisuuksien mukaisiksi. Fyysinen ergonomia korostuu työympäristön, työpisteiden, työvälineiden ja työmenetelmien suunnittelussa.

**Kognitiivinen ergonomia** keskittyy järjestelmien ja niiden käyttöliittymien sopeuttamiseen vastaamaan ihmisen tiedonkäsittelyn ominaispiirteitä. Kognitiivinen ergonomia korostuu järjestelmien ja niiden käyttöliittymien (näytöt ja ohjaimet) ja tiedon esittämistapojen suunnittelussa.

**Organisatorinen ergonomia** keskittyy teknisen järjestelmän ja sosiaalisen järjestelmän yhteensovittamiseen. Organisatorinen ergonomia korostuu mm. henkilöstön, työprosessien, työkokonaisuuksien ja työaikajärjestelyjen suunnittelussa, ja se liittyy myös tuotannon ja palveluiden kehittämiseen sekä henkilöstön yhteistyön kehittämiseen.

Lähde: Työterveyslaitos. n.d. Ergonomia on tekniikan ja toiminnan sovittamista ihmisille. Viitattu 25.11.2012

[http://www.ttl.fi/fi/ergonomia/mita\\_ergonomia\\_on/Sivut/default.aspx](http://www.ttl.fi/fi/ergonomia/mita_ergonomia_on/Sivut/default.aspx)

## Standardi 3200 rakenne- ja teräsputkien myötörajoista

Tavallisten rakenne- ja koneterästen myötörajat ja sallitut jännitykset standardin SFS 3200 mukaan:

	Lujuusarvot SFS 200 mukaan			Sallitut jännitykset MPa SFS 3200							
	Teräksen lujuus ja laatu	Aineen pak-suus $t$ mm	$R_{eL}$ MPa	Veto-, puristus ja taivutus		Leikkaus		Reunapuristus <sup>2</sup>		HERTZin jännitys	
				Kuormitustapaus		Kuormitustapaus		Kuormitustapaus		Kuormitustapaus	
				Tav.	Harv.	Tav.	Harv.	Tav.	Harv.	Tav.	Harv.
Rakeneräiset	Fe 33 <sup>1</sup>			100	120	60	70	210	240		
	Fe 37A, Fe 37B	≤16	220	147	169	88	101				
	Fe 37C, Fe 37D	17...40 41...100	210 200	140 133	162 153	85 80	97 92	260	300	650	750
	Fe 44B, Fe 44C	≤16	270	180	207	108	124				
	Fe 44D	17...40 41...100	260 250	173 167	200 192	103 100	120 115	310	360	800	900
	Fe 52C, Fe 52D	≤16 17...30 31...50	340 330 320	227 220 213	261 253 246	136 132 128	157 152 147	380	430	950	1050
Koneteräiset	Fe 50	≤16 17...40 41...100	280 270 260	170	190	100	115			800	900
	Fe 60	≤16 17...40 41...100	320 310 300	200	220	120	140			900	1000
	Fe 70	≤16	350								
		17...40 41...100	340 330	220	240	130	150			1000	1100

Havainnekuva siirrettävästä putkihylly

