

Ismo Kärkelä  
Materiaalilogistiikan parantaminen –  
kuljetuskärryn prototyyppi

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Hyvinvointiteknologia

Insinöörityö

7.5.2015

Tekijä Otsikko	Ismo Kärkelä Materiaalilogistiikan parantaminen - kuljetuskärryn prototyyppi
Sivumäärä Aika	62 sivua 7.5.2015
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Hyvinvointiteknologia
Suuntautumisvaihtoehto	Hyvinvointiteknologia
Ohjaajat	Yliopettaja Kari Björn, Metropolia Ammattikorkeakoulu Warehouse Manager Hannu Lattu, Palodex Group Oy
<p>Tässä insinööriyössä tarkastellaan haasteita materiaalien siirtelyyn ja kuljettamiseen liittyen teknologiayrityksen tehdasympäristössä. Työssä toteutettiin prototyyppiratkaisu materiaalien kuljetuskärrystä. Työ tehtiin Palodex Group Oy:n toimeksiannosta helpottamaan ja ratkaisemaan ongelmia, joita materiaalien siirtelyyn tuotantolinjan ja varaston välillä liittyy. Insinööriyössä esitellään taustat, joiden pohjalta ongelmaa lähdettiin ratkomaan sekä esitellään ratkaisu vaiheineen.</p> <p>Teoria aiheen takana tukeutuu Lean-filosofian mukaiseen jatkuvaan parantamiseen, joka oli suuri kimmoke myös tämän projektin toteutumisen kannalta. Projektissa parannettiin nykyistä tilannetta ja herätettiin uusia ajatuksia tukemaan jatkokehitystä. Työstä saatuja ideoita ja ratkaisuja on mahdollista hyödyntää myös muissa toimintaympäristöissä. Ergonomian tarkastelu on myös keskeisessä osassa, sillä aihe liittyy käyttäjän ja työvälineen yhteistoimintaan, jossa ihmisen ominaisuudet ja erityisvaateet tulee huomioida. Yhtenä tavoitteena oli tuottaa ratkaisu, joka parantaa käyttäjän ergonomiaa ja poistaa suurimpia yksittäisiä kuormitustekijöitä.</p> <p>Prototyyppiratkaisussa päädyttiin rakentamaan kärry, joka oli mitoitukseltaan kompaktimpi verrattuna nykyiseen kärryyn. Koon pienentämisellä päästiin tilanteeseen, jossa kärry mahtui liikkumaan vaivatta käyttöympäristönsään. Mukautuvien hyllyratkaisujen ansiosta kärryn kantopinta-ala onnistuttiin pitämään kuitenkin lähes samana, jolloin kuljetuskapasiteetista ei jouduttu tinkimään. Keskeinen oivallus prototyyppissä oli myös pyörien nivelöinti ja sijoittelu, jonka ansiosta kärryn liikkuminen saatiin paremmalle tasolle niin ahtaassa paikassa kuin epätasaisella lattiallakin.</p> <p>Testauksessa ei ilmennyt suurempia puutteita, joten prototyyppiä voidaan pitää onnistuneena. Käyttäjien puolelta palaute oli erittäin positiivista, ja ratkaisun koettiin tuovan helpotusta työnsuorittamiseen. Työssä saavutettujen tulosten perusteella vastaavanlaista ratkaisua voitaisiin hyödyntää myös muissa samankaltaisissa ympäristöissä. Kärry on erittäin jatkokehityskelpoinen, ja pienillä muutoksilla se tukee myös muita Palodexin kehitysprojekteja.</p>	
Avainsanat	Lean, ergonomia, prototyyppi, kärry

Author Title	Ismo Kärkelä Improving Material Logistics – Transportation Trolley Prototype
Number of Pages Date	62 pages 7 May 2015
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Health Informatics
Specialisation option	Health Informatics
Instructors	Kari Björn, Principal Lecturer, Metropolia University of Applied Sciences Hannu Lattu, Warehouse Manager, Palodex Group Ltd.
<p>This thesis observes the challenges of material logistics in the manufacturing unit of a technology company. The main goal was to create a prototype solution of a material transportation trolley. The study was carried out for a company called Palodex Group which wanted to improve their in-house material logistics between the warehouse and manufacturing. This thesis examines the problems behind the subject and provides a step by step solution.</p> <p>The theory behind the thesis is based on Lean thinking and continuous improving which was the main inspiration behind the project. One goal was to improve present solutions and produce new ideas for future projects and updates. The ideas and solutions thus gained could be used in other environments inside the company. Ergonomics plays a big role in this project because it entails humans functioning together with tools. This means that the end user should be taken into account because of the limitations and attributes of the human being. One goal for the project was to improve that aspect of ergonomics and eliminate the biggest threats of strain.</p> <p>In the prototype solution, a trolley, which was more compact in size compared to the present one was built. Going down in size meant that the trolley was able to move without problems in its environment. Still, due to flexible shelf solutions, the loading surface area of the prototype trolley remained approximately the same as in the old one. One of the biggest improvements was the reorganization of the wheels which meant that the trolley was able to move easier on irregular floor and on the tight aisles.</p> <p>The testing of the prototype was successful and no big issues were encountered. The feedback from the end users was really good and positive and they believed the solution could help them in their work. The results indicate this prototype solution was useful and worth trying on other environments also. With small improvements and customizations this solution will support the other projects of Palodex Group.</p>	
Keywords	Lean, ergonomics, prototype, trolley

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Palodex Group Oy	2
3	Lean	4
3.1	Historia	4
3.2	Leanin peruseriaatteet	5
3.3	Lean toimintoja ja työkaluja	7
3.3.1	Value Stream Mapping	8
3.3.2	Rapid Improvement Events	9
3.3.3	5S –työkalu	9
3.3.4	Standard work	10
3.3.5	Kanban	10
4	Ergonomia	12
4.1	Ergonomia työssä ja työpaikalla	13
4.2	Nostotyö	15
4.3	Työkuormitus	18
4.4	Ergonomian tuottavuus	21
4.5	Käytettävyys	22
5	Ongelman kuvaus	24
5.1	Lähtötilanteen kartoitus	24
5.1.1	Käytössä olevat menetelmät	24
5.1.2	Käytössä olevat apuvälineet	26
5.2	Haasteet ja ongelmat toiminnassa	28
5.2.1	Ongelmat työvälineiden käytössä	29
5.2.2	Ongelmat työympäristössä	31
6	Ratkaisun kuvaus	33
6.1	Materiaalien valinta	34
6.2	Prototyypin rakentaminen	38
6.3	Prototyypin ominaisuudet	49
6.4	Testaus	53

8	Kehitysideat	56
9	Lopputulokset	59
	Lähteet	60

## Lyhenteet

CE	Conformite Europeenne, CE-merkintä on valmistajan vakuutus tuotteen täyttämistä vaatimuksista, jotka sitä koskeva direktiivi on asettanut.
GE	General Electrics, amerikkalainen monialainen yrityskonserni.
ISO	International Organization For Standardization, kansainvälinen standardointijärjestö.
MIG	Metal Inert Gas, kaasukaarihitsausmenetelmä.
RIE	Rapid Improvement Events, nopeasti tehtävät kehitystoimenpiteet.
OY	Osakeyhtiö.
TPS	Toyota Production System, Toyotan tuotannonohjausjärjestelmä.
VSM	Value Stream Mapping, arvoketjun kartoitus.

## 1 Johdanto

Tämän insinööriyön tarkoituksena oli tuottaa ratkaisu materiaalien siirtelyn ja kuljettamisen helpottamiseksi tilaajayhtiö Palodex Groupin hypermarket-toiminnoissa. Hypermarket on materiaalien vastaanottoa ja säilytystä hoitava tukiyksikkö, joka pitää sisälleen kaikkien minitehtaiden materiaalit ja vastaa niiden säilyttämisestä ja toimittamisesta. Hypermarket käsittää kaksi erillistä hallia materiaalien säilytykseen. Hypermarket vastaa komponenttien ja materiaalien toimittamisesta minitehtaille eli tuotantolinjoille. Tässä työssä työkenttä rajautuu kolmeen tuotantolinjaan ja niiden tukitehtäviä hoitavaan osaan hypermarketista henkilöstöineen. Keskeisin ongelma, johon ratkaisua haetaan on materiaalien kuljetuskärry. Nykyisen kärryn tilalle oli tarkoitus rakentaa täysin uudenlainen prototyyppi, joka tukee mahdollisimman hyvin nykymuotoista työskentelyä ottaen huomioon sekä käyttäjät että tuotannolliset vaatimukset.

Idea työhön syntyi Palodexin taholta, koska he kokivat tarpeelliseksi kehittää nykyistä menetelmää toimien tehostamiseksi, kehittämiseksi ja työkuormituksen vähentämiseksi. Nykyinen materiaalien siirtelyyn ja kuljetukseen tarkoitettu kärry on ollut käytössä jo vuosia, ja sen käyttö on koettu hankalaksi työntekijöiden puolelta. Ympäristössäkin on tapahtunut suuria muutoksia minitehtaiden siirryttyä yhteisiin halleihin ja niitä palvelevien markettien yhdistyessä suureksi hypermarketiksi. Tämän seurauksena esimerkiksi välimatkat marketin ja tuotantolinjan välillä ovat paikoitellen kasvaneet. Lisäksi materiaalien säilytystilaa on tiivistetty huomattavasti, jolloin keräilymenetelmätkin ovat muuttuneet. Myös tuotantolinjojen toiminta on kehittynyt ja aiheuttanut muutoksia yhdellä kerralla kuljetettavien materiaalien määriin ja muotoon.

Tämän työn tekijällä oli aiempaa kokemusta yrityksen toiminnasta kesätöissä kertyneiden tietojen ja taitojen verran. Hypermarket-ympäristö ja sen toimintatavat olivat entuudestaan pääpiirteittäin tuttuja, joten käsitys suoritettavista tehtävistä ja menetelmistä oli hyvällä tasolla. Tarkempi kohde eli tämän tietyn tuotantolinjan materiaalit ja marketti olivat kuitenkin uusia, joten tutustumista toimiin vaadittiin.

Palodexilla noudatetaan Lean-ajattelumallia, jossa pyritään tuotannon virtaus- ja resurssitehokkuuteen jatkuvien parannuksien avulla. Tämän työn aihe tukee halua kehittää toimintoja ja ottaa askelia tehokkaampaan ja laadukkaampaan toimintaan. Syntynyt ratkaisu voi jalostua vielä paremmaksi ja olla yksi välietappi kohti suurempaa muutosta.

## 2 Palodex Group Oy

Palodex Group Oy on vuonna 2005 rekisteröity yritys, jonka virallinen toimiala on säteilylaitteiden sekä elektronisten lääkintä- ja terapialaitteiden valmistus. Yritys tunnetaan pään- ja hampaidenkuvantamiseen tarkoitetuista laitteista, jotka ovat alansa johtavia tuotteita niin tekniikaltaan kuin designiltaan. Yrityksen päätoimipaikka sijaitsee Tuusulassa, jossa tuotteet suunnitellaan ja valmistetaan, mutta yrityksellä ovat myyntikonttorit myös Saksassa ja Yhdysvalloissa. Laaja myyntiverkosto pitää sisällään kymmeniä maahantuojia, joiden ansiosta yrityksen tuotteita myydään ympäri maailmaa. Viennin osuus tuotannosta onkin merkittävä, koska yli 90 % tuotteista myydään ulkomaille. [1.]

Nykyisin Palodex Group työllistää jo yli 300 henkeä liikevaihdon ollessa vuonna 2013 noin 130 miljoonaa euroa. Yrityksen toiminta on tuottoisaa ja omavaraisuusaste on hyvä. [2.] Yritys panostaa voimakkaasti myös tuotekehitykseen isosta omistajasta huolimatta. Palodexilla tärkeät arvot ovat laatu ja turvallisuus kaikissa toiminnoissa ja osaluilla. Yritys täyttää kansainvälisesti arvostetut ja toimialalla tärkeät laatustandardit ISO 9001 ja ISO 13485, sekä on vastuullinen myös ympäristön suhteen täyttäen standardin ISO 14001. Kaikki tuotteet ovat myös CE-hyväksytyjä, ja ne täyttävät tarvittavat viranomaisvaatimukset kaikilla tärkeimmillä markkina-alueilla, kuten Euroopassa, Pohjois-Amerikassa, Japanissa, Kiinassa ja Brasiliassa. [3.]

Palodex Group Oy on rekisteröity vasta varsin hiljattain, mutta yrityksen juurien voidaan katsoa olevan paljon syvemmillä, sillä käytännössä tuotanto ja työntekijät ovat pysyneet samassa osoitteessa jo pidemmän aikaa. Jo vuonna 1964 perustettiin Palomex Oy:nä tunnettu yritys, joka syntyi kaupallistamaan Professori Yrjö Paateron keksimää Orthopantomograph-laitetta, jolla pystyttiin röntgenkuvaamaan koko hampaisto yhdellä valotuksella. Liiketoiminnan kasvettua Palomex ostettiin Instrumentarium Groupin toimesta vuonna 1977. Samassa yhteydessä osa yrityksen osaamisesta ja toimista eriytyi Soredex Oy:n muotoon, joka myöhemmin vuonna 1981 yhdistyi suomalaisen Orion Groupin kanssa. [4.]

Soredex kehittyi vahvaksi brandiksi ja tuli ostetuksi Instrumentarium Groupin toimesta Palomexin tavoin vuonna 2001. Jatkoa yrityskaupoille seurasi vuonna 2003, kun vielä suurempi toimija General Electric hankki Instrumentarium Groupin liiketoiminnan itselleen ja liitti sen hammaskuvantamistoiminnot osaksi vahvaa Healthcare-bisnestään. Kuitenkin jo vuonna 2005 GE luopui hammaskuvantamistoiminnoista, ja myi ne sijoi-



tusyhtiö Altor Equity Partnersille, jonka seurauksena perustettiin Palodex Group Oy, joka jatkoi toimia vahvoilla brändeillaan, joita ovat Instrumentarium Dental ja Soredex. Nykyisin Palodex kuuluu yhdysvaltalaiseen Danaher Corporation -konserniin, tämän ostettua liiketoiminnan Altorilta vuonna 2009. [5.] Danaher on suuri konserni, jonka omistamat yritykset toimivat terveysteknologian ohella teollisuuden eri markkinoilla. Vuonna 2013 Danaherin liikevaihto oli 19,1 miljardia dollaria, joten Palodexin osuus konsernissa on verrattaen pieni. Palodexin valmistamat tuotteet ovat kuitenkin merkittävä osa Danaherin Dental-yksikköä kuvantamislaitteiden osalta, joten Tuusulan tehtaaseen asema on vahva. [6.]

### 3 Lean

Palodexilla noudatetaan Lean-ajattelumallia toiminnan kehittämiseen ja prosessien ohjaamiseen. Leanin tarkoitus on keskittää kaikki toiminta niin, että se tuo arvoa asiakkaalle. Tavoitteena on poistaa kaikki ylimääräinen resursseja sitova toiminta, joka ei tuota työlle laatua. Leanissa asiakas on keskeisessä asemassa ja toimijan pitää tuntea asiakkaan tarpeet hyvin, jotta voi kehittää toimintaansa asiakkaan hyväksi. Kehitystoiminta pitää sisällään pitkän aikavälin strategioita ja tavoitteita, mutta myös lyhytkestoisia tarkennettuja projekteja ja toimia. [7, s. 24.]

Tämän insinööriyön kannalta Leanin ymmärtäminen on tärkeää, sillä toteutus on osa prosessien parantamista lyhytkestoisena toimenpiteenä, mutta myös laajemmassa kokonaisuudessa. Keskeiset käsitteet ja vaiheet liittyvät tässä työssä ongelmien tunnistamiseen ja lopputuloksen hahmottamiseen, jotta kokonaisprosessi kehittyisi oikeaan suuntaan. Yleiset Lean-työkalut on myös hyvä tuntea, jotta toteutus tukee niiden käyttöä eikä rajoita toiminnan arviointia ja edelleenkehittämistä. Työkalujen käyttö yrityksessä saattaa myös asettaa tiettyjä reunaehtoja toimintojen suunnitteluun.

#### 3.1 Historia

Leanin kaltaisia tuotannon kehitystoimia on käytetty teollisuudessa jo satoja vuosia sitten alkaen laivan rakennuksen nopeuttamisesta ja myöhemmin teollisuuden kasvaessa eri toimialoilla. Autoteollisuudessa Leaniin verrattavia kehitystoimia käytettiin jo Henry Fordin tehtaalla 1900-luvun alussa. Autoteollisuus onkin ollut merkittävässä asemassa Leanin synnyn kannalta, sillä ajatusmallin pääpiirteiden katsotaan syntyneen Japanissa autovalmistaja Toyotan tehtaalla 1940-luvun loppupuolella, kun Taiichi Ohno kehitti uusia menetelmiä tuotannon tehostamiseksi. Toyotalla kehitettyjä prosesseja kuvataan nimellä Toyota Production System (TPS). Ohnoa pidetäänkin Leanin isänä ja kehittäjänä, sillä moni nykyisinkin käytössä oleva toimintamalli perustuu TPS:iin, vaikkakin käsite on laajentunut ja siihen katsotaan sisältyvän monia muitakin työkaluja. [7, s. 25.] Itse terminä Lean on tuore, ja se löi läpi vasta 1990-luvulla, kun Daniel Roos, Dan Jones ja James Womack kirjoittivat kirjan *The Machine that Changed the World* vuonna 1990. Myöhemmin vuonna 1996 Womack ja Jones jatkoivat vielä julkaisemalla kirjan nimeltä *Lean Thinking: Banish waste and create wealth in your corporation*. Tämä jälkimmäinen kirja esitteli ja syventyi toimintatapoihin, joilla Toyota ja muut yritykset

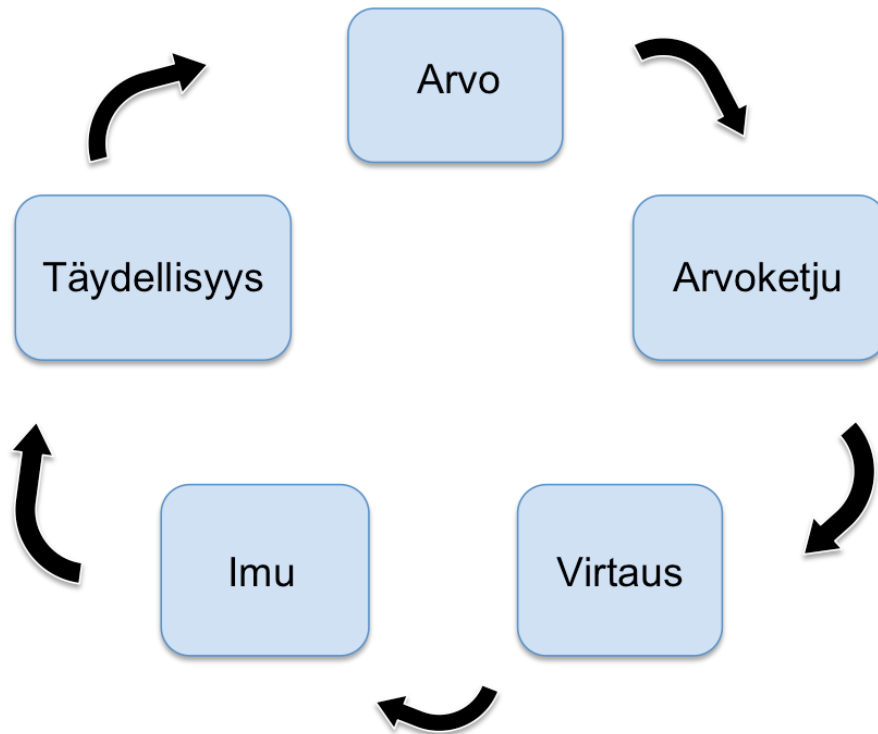
paransivat toimintaansa ja tuotantoaan. Aiemminkin käsite Lean oli esitelty ja yhdistetty TPS:iin, mutta nyt se yleistyi Womackin ja Jonesin esitellessä viisi pääperiaatetta Lean-prosessin kulkuun liittyen. [7, s. 39.]

### 3.2 Leanin peruseriaatteen

Lean voidaan määrittellä usealla eri tavalla lähteestä riippuen, mutta pääpiirteittäin se sisältää kolme seuraavaa kaltaista ominaisuutta, jotka voivat olla [7, s. 24.]

- asiakastytyväisyyteen ja asiakkaaseen keskittyminen
- tehdä enemmän asioita vähemmällä (tehokkuus)
- huolen pitäminen laadusta, turvallisuudesta ja yrityksen vakaudesta.

Se, miten Leania toteutetaan yrityksessä, on yksilöllistä. Usein yrityksellä onkin oma tarkempi Lean-strategia. Strategia pitää sisällään tiettyjä työkaluja, jotka kuuluvat Lean-filosofian alle. Oleellista on ymmärtää, että kaikki yritykset eivät välttämättä käytä samoja työkaluja, vaikka toteuttavatkin Leania toiminnassaan. Lean voi olla myös työkaluna jonkin tietyn toiminnan kehittämiseen, eikä koske välttämättä koko yritystä toimintoihin.



Kuva 1. Leanin viisi pääperiaatetta. [7, s. 40.]

Lean-toiminnan määrittelyssä käytetään apuna viittä pääperiaatetta (kuva 1). Näiden periaatteiden avulla voidaan tarkastella toimintaa, havainnoida ongelmia ja kehittää toimintaa Leanin mukaiseksi. Palodexin toiminta on määritelty myös näiden vaiheiden pohjalta, vaikka käytössä onkin oma yksityiskohtainen Lean-strategia.

1. Arvo: Arvolla kuvataan toimintaa, josta asiakas on valmis maksamaan. Kaikki toiminta voidaan luokitella joko arvoa tuottavaksi tai arvottomaksi. Kehitystyössä on tärkeää keskittyä asiakkaalle arvoa tuottaviin toimiin ja karsia kuormittavat, arvoa tuottamattomat toimet pois. [7, s. 41.] Arvoa tuottavan toiminnan tunnistamiseksi on olemassa kysymyspaletteja, joilla arviointi voidaan toteuttaa.

2. Arvoketju: Arvoketju on joukko toimintoja ja työtapoja, jotka tuottavat arvoa. Se on yrityksen toimintatapa välivaiheineen, prosessin läpiviennissä. Arvoketjuun liittyy kiinteästi arvon käsite, sillä yksittäisten välivaiheiden arvo tai arvottomuus pitää tunnistaa ja tarvittaessa puuttua siihen. [7, s. 41.]

3. Virtaus: Virtauksella kuvataan toimien ja tuotantoprosessin etenemistä jouhevasti ilman pullonkauloja, viiveitä tai uudelleen tekemistä. [7, s. 45.] Virtaukseen vaikuttaa aikataulus, mutta myös pienet fyysiset muutokset työympäristössä voivat parantaa

sitä. Esimerkiksi se, että työvälit ovat lähellä ja saatavissa silloin, kun niitä tarvitsee. Täydellisessä virtauksessa materiaalit ja tieto kulkevat keskeytymättä koko prosessin läpi. [8, s. 72.] Hyvä käytännön esimerkki toimivasta virtauksesta ja sen merkityksestä kannattavuuteen on lentoyhtiö, jonka kone ei seiso kentällä.

4. Imu: Imu tarkoittaa tuottamista vain tarpeeseen. Tarvetta säätelee asiakas tilauksiltaan. Imuohjauksen toimiessa ylituotantoa ei synny, eikä siitä aiheutuvia varastointikustannuksia. Imu liittyy läheisesti virtaukseen, täydentäen ja seuraten sitä. Ilman toimivaa imuohjausta ei ole myöskään virtausta. [7, s. 48 ; 8, s. 81.]

5. Täydellisyys: Lean-ajattelussa täydellisyys tarkoittaa jatkuvaa kehittämistä ja parantamista. Kertaalleen muutettua ja paranneltua prosessia ei voida nähdä täydellisenä ja valmiina, vaan jo suoritettujakin muutoksia pitää pystyä arvioimaan kriittisesti jatkuvasti. Termi jatkuva parantaminen liittyy vahvasti täydellisyyden tavoitteluun Lean-filosofiassa. [7, s. 48.]

Yllä kuvattujen peruseriaatteiden avulla yrityksen toimintaa voidaan muokata Leanin suuntaan. Toiminta-alueet kannattaa jakaa pieniin osiin, jotta ongelmat ja kehitysajat havaitaan riittävän yksityiskohtaisesti. Arvon ja arvoketjun määrittäminen on alussa tärkeää, sillä se tuottaa asiakkaalle eniten arvoa. Vähitellen pienillä parannuksilla saadaan koko toiminta yhdenmukaistettua ja voidaan alkaa keskittyä täydellisyyden parantamiseen.

### 3.3 Lean-toimintoja ja työkaluja

Lean-ohjelmaa toteutettaessa voidaan suorittaa erilaisia toimenpiteitä. Toiminnan pohjana ja ohjaajana voi olla TPS tai yrityksen oma sovellettu Lean-strategia. Kokonaisvaltainen strategia voidaan pilkkoa pienempiin toimenpiteisiin, jotka edes auttavat strategian toteutuksessa. Toimenpiteillä tehdään muutoksia konkreettisesti, joten niihin ryhtyessä arvoketjun tiedostaminen täytyy olla selvillä, jotta tiedetään, mihin näillä toiminnoilla tähdätään. Yleensä toimenpiteet sisältyvät johonkin tiettyyn projektiin, joka pitää sisällään useita yksittäisiä toimia ja työkaluja näiden toteuttamiseen. Esimerkkejä yksittäisistä toimenpiteistä ovat Rapid Improvement Events (RIE) ja Value Stream Mapping (VSM). Vaikka nämä toimenpiteet ovat kohdistettuja jo tiettyyn ongelmaan, ne pitävät sisällään joukon työkaluja, joilla varsinainen toteutus tehdään.

Lean-projekti on iso kokonaisuus, joka pitää sisällään ennakkokartoituksen, suunnittelun ja konkreettiset toimenpiteet prosessin parantamiseksi. Projekti voi olla mittakaavaltaan suuri ja sisältää esimerkiksi tietyn konkreettisen tavoitteen, kuten kustannusten vähentämisen tietyltä osa-alueelta. Toisaalta se voi olla myös pienemmän tason projekti, joka pitää sisällään vain muutamia toimenpiteitä. [7, s. 12.]

Lean-projektiin kuuluu keskeisesti joukko toimenpiteitä, joilla muutos saadaan aikaan ja projektin tavoitteet saavutetaan. Projektissa kaikki lähtee sen määrittämisestä, tavoitteen asettamisesta ja ongelman aiheuttavien toimien ja uhkien tunnistamisesta. Vastaavalla tavalla aloitetaan yleisesti muutkin kuin Lean-projektit. [7, s. 55.] Englanninkielissä termi tunnetaan nimellä *scoping*, joka voidaan kääntää tarkasteluksi tai hahmottamiseksi tässä yhteydessä. Tämä vaihe on projektin onnistumisen kannalta tärkeä, sillä siinä määritellään ongelma, toiminta, tavoite, kustannukset, riskit, sidosryhmät, roolit ja projektisuunnitelma. Tarkasteluvaiheessa voidaan käyttää erilaisia työkaluja, joilla nämä tekijät saadaan määritettyä. [7, s. 57.]

### 3.3.1 Value Stream Mapping

Value Stream Mapping (VSM) on käytetty työkalu, jolla voidaan tunnistaa ja löytää parannuksia suurempiin prosesseihin. Esimerkki prosessista voi olla tuotteen valmistus, alkaen asiakkaan tilauksesta ja päättyen toimitukseen. VSM:n hyöty tulee esille eritoten isojen prosessien tarkkailussa, joten pieniin tapahtumiin sitä ei ole järkevää käyttää. [7, s. 85.]

VSM:n tarkoituksena on nimensä mukaan kartoittaa prosessien nykytilanne ja heikkoudet sekä osoittaa sidosryhmille, kuinka niitä voidaan parantaa. Prosessi voi esimerkiksi liittyä tiedonkulkuun tai materiaalien virtaukseen. Ideana on avata tapahtumat yksityiskohtaisesti niin, että kaikki prosessiin liittyvät suoritukset tulevat näkyviin helposti luettavan kartan tai muun konkreettisen havainnelman muodossa. VSM-tapahtuma voidaan avata kolmivaiheiseksi ketjuksi, jossa on tavoitteena [7, s. 86.]

- saada ymmärrys nykytilasta, kuinka kaikki toimii
- tehdä havainnelma kuinka kaikki toimii parannuksen jälkeen
- kehittää suunnitelma kuinka päästään nykytilasta haluttuun tilaan.

VSM-tapahtuman käyttäminen edellyttää hyvää tuntemusta prosessien kulusta ja vaihtelusta. VSM-tapahtuma voidaan toteuttaa myös usealla eri tavalla, mutta kaikkiin liittyy sama lopputulos, joka on helposti luettava ja yksityiskohtainen kartta koko prosessin kulusta. [7, s. 306.]

### 3.3.2 Rapid Improvement Events

Rapid Improvement Events (RIE) on nimitys toimenpiteille, joissa konkreettisesti tehdään jotakin havaitun ongelman korjaamiseksi ja saavutetaan muutos. Toiminta voi liittyä esimerkiksi VSM:n avulla määriteltyyn asiaan ja olla konkreettinen toimenpide kohti haluttua tilaa. Kestoltaan tällainen toimenpide on yleensä lyhyehkö, sillä se on hyvin rajattu. Toiminnasta voidaan käyttää myös muuta nimitystä kuin RIE riippuen yrityksen omasta strategiasta. Tavoite ja rakenne näillä toimenpiteillä on kuitenkin samankaltainen. [7, s. 144.]

RIE-toiminnan yleisimpiä Lean-työkaluja ovat 5S ja Standard work. Näitä työkaluja käytetään toiminnan parantamiseksi ja selkeyttämiseksi. 5S:n tarkoituksena on tehdä työpisteestä ja ympäristöstä visuaalinen ja helposti hahmotettava opasteiden avulla sekä poistamalla kaikki ylimääräinen. Selkeä ympäristö vähentää hukkaa, jota syntyy esimerkiksi asioiden etsimisessä. Kun etsimänsä asiat löytää nopeasti ja helposti, se parantaa tuottavuutta, virtausta ja turvallisuutta. [7, s. 145.]

### 3.3.3 5S-työkalu

Nimitys 5S muodostuu viidestä vaiheesta, jotka ovat alun perin nimetty japanin kielen mukaan: seiri, seiton, seiso, seiketsu ja shitsuke. 5S:n juuret ovat Japanissa, mutta se on käännetty myös englanniksi. [7, s. 146 ; 9, s. 26.] 5S antaa hyvät toiminta edellytykset, sillä sen noudattaminen pitää ympäristön siistinä ja selkeänä, mikä on myös Lean-toiminnan edellytys:

- Sort (seiri): Ylimääräisten ja käyttämättömien tavaroiden poistaminen ja tarpeellisten järjestäminen käyttötarpeen mukaan.
- Set (seiton): Esineiden järjestäminen loogisesti ja niiden säilytyspaikan merkkäminen.
- Shine (seiso): Työympäristön siivoaminen ja roskamateriaalin vähentäminen.

- Standardize (seiketsu): Ympäristön merkkäminen visuaalisesti väreillä, jotta se on kognitiivisesti helpompi hahmottaa. Lisäksi selkeiden ohjeiden kiinnittäminen.
- Sustain (shitsuke): Säännöllinen tarkastelu ja auditointi ympäristölle, jotta standardit pysyvät yllä.

### 3.3.4 Standard work

Standard work on 5S:n tavoin laajalti käytetty Lean-työkalu tuotantoteollisuudessa. Sen idea on karkeasti yksinkertaistaen tuttu kaikille ihmisille arkielämästä. Ihmiset ovat tottuneet noudattamaan toimintaohjeita niin urheilussa kuin vaikka ruoanlaitossakin. Ohjeet määrittelevät toimintaketjun, joka johtaa ja tähtää tiettyyn lopputulokseen. Esimerkiksi leivonnassa samaa ohjetta seuraten kahdella leipurilla voi olla kuitenkin hyvin erilainen lopputuote. Lean-toiminnassa Standard work on yksityiskohtaisempi toimintaohje, jotta toiminta olisi tekijästä riippumatta samanlaista ja yhdenmukaista, lopputuloksen ollessa aina samanlainen [7, s. 152]. Standard work määrittelee työtavan, käytettävät työkalut, työntekijät, laadun ja toimintojen järjestyksen, jotta hukkaa syntyisi mahdollisimman vähän ja tekeminen olisi kohdistettu oikeisiin asioihin [7, s. 305]. Tällaisen standardoidun ohjeen mukaan työskentely parantaa laatua ja selkeyttää työnjakoa.

### 3.3.5 Kanban

Kanban tulee japanin kielestä ja tarkoittaa signaalia. Lean-toiminnassa sitä käytetään kuvaamaan materiaalien ohjausta, eräänlaisen merkkisignaalin tavoin, joka viestittää toimenpiteen suorittamisesta. Kanban liittyy erittäin läheisesti imuun ja virtaukseen, sillä sitä käytetään materiaalin hankinnan ja ohjauksen apuna. Esimerkiksi jokin materiaali voi olla jaettu eriin fyysisesti. Kun yksi erä loppuu, on se signaali uuden erän hankkimiselle. Tällöin materiaalin virtaus on jatkuva ja menekkiin pystytään reagoimaan oikeassa ajassa. [7, s. 286.]

Kanbanin käyttö mahdollistaa myös pienempien varmuusvarastojen ylläpidon. Normaalisti varmuusvarasto täytyy olla riittävän iso, jotta se kestää viiveen, joka kuluu materiaalin tilaamisesta toimittamiseen. Varmuusvaraston on oltava vähintään yhtä monta yksikköä kuin tuotanto ehtii tuona aikana käyttää. Kanban-ohjauksella saavutetaan jatkuvampi virtaus materiaalien tilaukseen ja toimittamiseen, jolloin yksi erä on jo matkalla, kun toinen tilataan. Tämän tasaisemman virtauksen turvin on mahdollista pien-



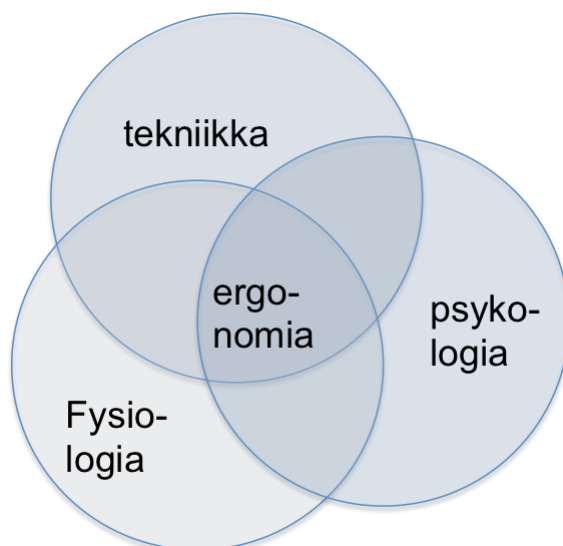
tää varmuusvaraston fyysistä kokoa, sillä kulutukseen reagoidaan tasaisemmin ja nopeammin. Toimiakseen eräkoon ja erien määrän on oltava suhteutettuna toimitusviiveeseen ja kulutukseen. Kulutustarpeen lisääntyessä erä koko ei välttämättä riitä halutuksi ajaksi ja toimitukset pakkaantuvat toimitusviiveen pysyessä samana. [7, s. 287.]

## 4 Ergonomia

Sana ergonomia muodostuu kreikan kielen sanoista ergo = työ ja nomos = luonnonlait. Ergonomia voidaan määritellä monella tavalla, mutta lyhyesti sanottuna se on toimintajärjestelmän, työvälineiden ja työn kehittämistä ja suunnittelua ihmisen ominaisuudet ja tarpeet huomioon ottaen. Tavoitteena on järjestelmän suorituskyvyn parantaminen eli tehokkuus, laatu, ja ihmisen turvallisuuden sekä terveyden ylläpito. [11, s. 19.] Ergonomia määritellään myös kansainvälisen standardijärjestön ISO:n standardissa SFS – EN ISO 6385 Työjärjestelmien ergonomiset suunnitteluperiaatteet. [10.]

Ergonomia/inhimillisten tekijöiden tutkimus: tieteenala, jonka kohteena on ihmisen ja järjestelmän muiden osien vuorovaikutuksen ymmärtäminen, sekä osaamisalue, joka soveltaa teoriaa, periaatteita, tietoja ja menetelmiä suunnitteluun ihmisen hyvinvoinnin ja järjestelmän kokonaissuorituskyvyn optimoimiseksi.

Ergonomia liittyy tämän insinööriyön tekemiseen vahvasti, sillä tarkoituksena on suunnitella työkalu, jonka käyttäjänä on ihminen. Tämä asettaa tiettyjä vaatimuksia ihmisen fyysisiin ominaisuuksiin liittyen, joiden huomioiminen suunnittelutyössä on tarpeen. Ergonomian tarkoitus on huomioida käyttäjä niin, että teknisen laitteen tai apuvälineen käyttö on sujuvaa, tehokasta ja turvallista [11, s. 17]. Hyvin suunniteltuna ergonomia parantaa tuottavuutta ja vähentää työntekijän kuormitusta. Tilanne hyödyttää sekä työntekijää, että työnantajaa pitkällä aikavälillä. Ergonomialla on myös yhteys Lean-jattelumalliin, prosessien optimoimisen ja työturvallisuuden lisääntymisen muodossa.



Kuva 2. Ergonomian tiedonaluut. [11, s. 19.]

Ergonomia liitetään usein fysiologiaan, ja useimmiten se onkin kansan suussa yhdistetty raskaiden ja toistuvien työsuorituksien helpottamiseen liittyvään toimintaan. Ergonomia voidaan kuitenkin jakaa osa-alueisiin, jotka käsittelevät käsitettä kokonaisvaltaisemmin. Fyysinen ergonomia tarkoittaa ihmisen fyysisiin ominaisuuksiin ja vaatimuksiin keskittyvää suuntausta. Fyysinen ergonomia on läsnä etenkin työpisteiden ja työvälineiden suunnittelussa. Esimerkki fyysisestä ergonomiasta on työtuoli. Toinen ergonomian osa-alue on kognitiivinen ergonomia, joka keskittyy ihmisen havainnoinnin, ajattelun ja oppimiskyvyn huomioimiseen. Kognitiivinen ergonomia on hyödyksi etenkin erilaisten käyttöliittymien kuten näyttöjen ja ohjaimien suunnittelussa. Esimerkki kognitiivisuuden huomioimisesta on hätäkytkimen punainen väri. Kolmas osa-alue on organisatorinen ergonomia. Sen tarkoituksena on sovittaa tekninen ja sosiaalinen järjestelmä yhteen. Organisatorinen ergonomia esiintyy esimerkiksi työprosessien ja aikataulujen suunnittelussa. [12.]

#### 4.1 Ergonomia työssä ja työpaikalla

Ergonomia täytyy huomioida uutta laitetta tai toimintaa suunnitellessa jo pelkästään lain määrittelemien pykäliden puitteissa, mutta yhtäläillä nykyistä toimintaa voidaan monesti kehittää ergonomisempaan suuntaan ohjeiden ja apuvälineiden avulla. Työssä on tärkeää tuntea peruseriaatteet fysiologiasta ja arvioida työnsuorittamista niiden kannalta. Tietoisuuden lisääminen ergonomiasta antaa työntekijälle mahdollisuuden vaikuttaa omaan hyvinvointiinsa. Loppujen lopuksi osavastuu hyvästä työergonomiasta on usein työntekijällä itsellään, sillä hän vaikuttaa tapoihin ja tekniikoihin, joita käyttää.

Fyysisessä työssä fyysinen ergonomia on vahvasti läsnä. Tällaisessa työssä tehdään paljon lihastyötä, joka voi olla hyvinkin raskasta. Ergonomian tarkoitus on keventää työn suorittamista ja yksittäisten suoritusten tekemistä. Useimpia tehtäviä voidaan keventää ja helpottaa jollain tavalla, kunhan niiden ongelmat tunnistetaan. Pääsääntöisesti raskaita työsuorituksia tulisi helpottaa käyttämällä apuvälineitä ja konevoimaa lihasvoiman sijaan. Joissakin suoritteissa rasiudesta voidaan vähentää myös työjärjestelyjä kehittämällä. Esimerkkinä työjärjestelyiden kehittämisestä on vaikkapa pakkausten ja materiaalierien pienentämien, jolloin niiden käsittely on kevyempää. Myös pakkausten ja työkalujen muotoa voidaan muokata suotuisammaksi tukevan otteen saamiseksi ja painonjakauman kannalta. [11, s. 187.]

Mikäli työnantaja ei ole kiinnostunut ergonomiasta ja sen kehittamisestä omasta aloitteestaan, sitovat häntä silti lain määrittelemät vaatimukset toimiessaan Suomessa. Työturvallisuuslaki (738/2002) sisältää ergonomian myös sanana ja pyrkii parantamaan työolosuhteita ja tehtäviä työntekijän turvallisuuden parantamiseksi, sekä ennalta ehkäisemään työtapaturmia. Työturvallisuuslain 24 pykälässä käsitellään ergonomian soveltamista ja vaatimuksia tarkemmin. [13.]

#### 24 §

##### Työpisteen ergonomia, työasennot ja työliikkeet

Työpisteen rakenteet ja käytettävät työvälineet on valittava, mitoitettava ja sijoitettava työn luonne ja työntekijän edellytykset huomioon ottaen ergonomisesti asianmukaisella tavalla. Niiden tulee mahdollisuuksien mukaan olla siten säädetävissä ja järjestettävissä sekä käyttöominaisuuksiltaan sellaisia, että työ voidaan tehdä aiheuttamatta työntekijän terveydelle haitallista tai vaarallista kuormitusta. Lisäksi on otettava huomioon, että:

- 1) työntekijällä on riittävästi tilaa työn tekemiseen ja mahdollisuus vaihdella työasentoa;
- 2) työtä kevennetään tarvittaessa apuvälinein;
- 3) terveydelle haitalliset käsin tehtävät nostot ja siirrot tehdään mahdollisimman turvallisiksi, milloin niitä ei voida välttää tai keventää apuvälinein; ja
- 4) toistorasituksen työntekijälle aiheuttama haitta vältetään tai, jollei se ole mahdollista, se on mahdollisimman vähäinen.

Valtioneuvoston asetuksella voidaan antaa tarkempia säännöksiä työpaikan työolosuhteiden, työssä käytettävien koneiden, muiden työvälineiden, apuvälineiden ja muiden laitteiden turvallisuusvaatimuksista sekä käsin tehtävien nostojen turvallisesta suorittamisesta.

Lain takaamat säännökset antavat työntekijälle jo hyvän suojan turvalliseen ja ergonomiseen työskentelyyn ja velvoittavat työnantajaa vastaamaan tarvittavista toimenpiteistä. Työtapaturman sattuessa voidaan myös tarkastella, onko työnantaja noudattanut annettuja vaatimuksia ja täyttänyt täten velvollisuutensa. Työturvallisuuslain laiminlyönti johtaa siitä sillä hetkellä säädettyyn ja voimassaolevaan rangaistukseen.

## 4.2 Nostotyö

Fyysisestä työstä hyvä esimerkki on nostotyö, jota esiintyy hyvin yleisesti etenkin materiaalien käsittelyssä ja siirtelyssä. Nostotyö kuormittaa työntekijää joko hetkellisenä raskaana suorituksena tai toistuvana liikkeenä. Yksikin raskas tai epäonnistunut nostoliike voi aiheuttaa tapaturman ja loukkaantumisen. Riskiä lisäävät väärä nostotekniikka ja usein toistuvat suoritukset. Nostotöitä määrittelee työturvallisuuslaki ja tarkemmin asiaa on säännelty Valtioneuvoston päätöksessä 1409/1993 (”nostopäätös”) seuraavanlaisesti [14.]:

### 2 § Yleiset velvollisuudet

Työnantajan on ryhdyttävä asianmukaisiin järjestelyihin tai annettava työntekijän käyttöön asianmukaisia välineitä, erityisesti mekaanisia laitteita, jotta työntekijän ei käsin tarvitse käsitellä taakkoja.

Milloin käsin tehtävää nostoa tai siirtoa ei voida välttää, työnantajan on vaaran vähentämiseksi, liite 1 huomioon ottaen, ryhdyttävä asianmukaisiin toimenpiteisiin tai annettava työntekijän käyttöön asianmukaisia noston ja siirron apuvälineitä.

Edellä 2 momentin tarkoittamassa tapauksessa työnantajan on liite 1 huomioon ottaen, jos mahdollista etukäteen arvioitava kyseisen työn turvallisuus- ja terveysolosuhteet. Työnantajan on järjestettävä työpisteet siten, että nostot ja siirrot ovat mahdollisimman turvallisia, sekä ryhdyttävä asianmukaisiin toimiin erityisesti selän vahingoittumisen vaaran välttämiseksi tai vähentämiseksi.

Päätöksen 1409/1993 viitetiedoissa määritellään vaaran erityispiirteitä taakalle ja työympäristölle sekä tarvittavalle fyysiselle ponnistukselle, sekä käsitellään toiminnan asettamia vaatimuksia. [14.]

Mikäli nostotyö on työympäristön tai muun painavan syyn perusteella suoritettava käsin, on työntekijää opastettava oikeassa nostotekniikassa tarjoamalla riittävä tieto ja koulutus. Selän tekemän työn vähentämiseksi nosto tulisi suorittaa jalkojen avulla, sillä ne ovat ihmisen suurimmat lihakset ja tuottavat eniten voimaa. Tämä onnistuu pitämällä selkä suorana nostotilanteessa ja kyykistymällä tarpeeksi jalkojen varaan, jotta kuormasta saadaan hyvä ote. Selän kuormittumista vähentää jalkanostossa myös taakan sijoittuminen lähelle vartaloa, jolloin selkälihakset eivät joudu jännitykseen. Jalkanostossa pitää kuitenkin välttää raskaiden taakkojen nostamista matalalta, sillä se kuormittaa polvia. [11, s. 186.]

Nostotyölle työpaikoilla ei ole säädetty laissa taakkarajoja, jotka määrittelisivät ehdottomat maksimiarvot käsin tehtävälle nostotyölle. Nostotyön kuormittavuuteen vaikuttavat useat eri tekijät, joten sen yleistäminen on hankalaa. Taakan painon lisäksi kuormittavuuteen vaikuttavat taakan muoto, toistuvuus, nostoasento ja työntekijän omat fyysiset ominaisuudet [11, s. 190]. Arvioinnin apuna voidaan käyttää eurooppalaista koneturvallisuusstandardia SFS-EN 1005-02 (Koneturvallisuus. Ihmisen fyysinen suorituskyky. Osa 2: Koneen ja sen osien manuaalinen käsittely.). Standardi on tarkoitettu ohjeeksi suunniteltaessa konetta, jonka käyttöön liittyy nostoja ja siirtoja. Standardin mukaan nostotyötä arvioidessa on huomioitava [15.]

- taakan massakeskipisteen sijainti nostajasta
- taakan massakeskipisteen pystysuora etäisyys lattiasta
- nostokorkeus
- asymmetria nostossa eli vartalon kierto
- nosto-otteen laatu
- noston toistuvuus työpäivän aikana.

Suositukseksi yksittäisen noston maksimitaakasta annetaan 25 kg, kun nostotyö on optimaalinen. Maksimitaakkaan vaikuttaa kuitenkin käyttäjäjoukon ikäjakauma ja työntekijän kokemus nostotyöstä. Optimaalisen nostotyön toteutumisen arviointiin voidaan soveltaa seuraavia viitteitä, joiden kaikkien pitäisi toteutua [15.]:

- taakan etäisyys nostajasta on <25 cm
- taakka on 75 cm korkeudella ja nostotyö on <25 cm
- nostossa ei tapahdu kiertoa
- ote taakasta on hyvä
- nostoja tehdään työpäivän aikana yhteensä enintään yhden tunnin ajan ja nostosuoritteiden välillä on vähintään 5 minuuttia aikaa.

Nostotyötä arvioidessa voidaan käyttää laskentakaavaa, joka ottaa huomioon yllä mainitut viitteet. Tällöin saadaan laskennallinen enimmäistaakka ( $m_{max}$ ), jonka suuruuteen vaikuttavat nostotilanne ja olosuhteet. Saatua enimmäistaakkaa voidaan verrata todelliseen taakkaan. Oheinen yhtälö enimmäistaakan määrittämiseksi on nähtävillä kaavana 1.

$$m_{max} = m_{ref} * k_d * k_h * k_s * k_f * k_\alpha * k_g * k_o * k_p * k_a \quad (1)$$

Kaikki kaavan 1 kertoimet määritellään välillä [0,1], jossa 1 kuvaa ihanteellista tilannetta ja 0 huonoa. Kerroin  $m_{ref}$  on taakkavakio, joka määritetään ammattikäytössä aiemmin mainittuun 25 kg:aan. Muut kertoimet on selitetty taulukossa 1. [11, s. 192.]

Taulukko 1. Enimmäistaakan määrittämiseen liittyvät kertoimet.

Symboli	Selite	Vaikuttavat tekijät
$k_d$	Vaakaetäisyyskerroin	Käsiotteen ja nilkkojen välinen etäisyys
$k_h$	Korkeuskerroin	Käsien korkeus lattiatasosta
$k_s$	Korkeuserokerroin	Noston korkeusero
$k_f$	Toistuvuuskerroin	Nostojen toistuvuus
$k_\alpha$	Epäsyyntriakerroin	Taakan sijainti sivusuunnassa vartalon keskilinjaan nähden
$k_g$	Otekerroin	Otteen laatu
$k_o$	Käsikerroin	Nostotapa yhdellä vai kahdella kädellä
$k_p$	Nostajien määrä -kerroin	Onko nostajia yksi vai kaksi
$k_a$	Raskauskerroin	Onko kyseinen nostotyö ainoa raskas työ vai ei

Nostotyön riski on riittävän pieni, jos todellinen taakka on alle 85 % laskennallisesta enimmäistaakasta. Tätä suuremmalla suhteella nostotyö on riskialtis työntekijälle, jolloin nosto olisi suunniteltava uudelleen. Huomioitavaa on myös, että enimmäistaakan raja-arvot ovat sopivia suurimmalle osalle ihmisistä, mutta eivät kaikille. Siksi yksilön fyysinen toimintakyky ja rajoitteet ovat myös syytä huomioida tarkasteltaessa enimmäistaakan ja todellisen taakan suhdetta. [11, s. 194 ; 16, s. 166.]

### 4.3 Työkuormitus

Kaikki työ kuormittaa jollakin tasolla. Työkuormituksella tarkoitetaan kaikkia niitä tekijöitä, jotka vaikuttavat työnsuorittajaan. Näitä tekijöitä ovat esimerkiksi ympäristö, olosuhteet, työn sisältö ja vuorovaikutteet. Sopivissa määrin kuormitus tuottaa tulosta, mutta liiallinen kuormitus on epäedullista ja aiheuttaa yksilölle kuormittuneisuutta. Kuormittuneisuus aiheuttaa ihmiselle fyysisiä ja psyykkisiä haittoja, jotka voivat ilmetä terveysongelmina, sekä työn tuottavuuden heikentymisenä. Kuormittuvuus on seurausta liiallisesta ja epäedullisesta kuormituksesta. Epäedullista kuormitusta voidaan vähentää tunnistamalla kuormitustekijät. [17.]

Kuormittavaksi työksi on helppo mieltää fyysinen työ, jossa kuormitus näkyy lihasväsymyksenä. Myös fyysisesti kevyempi työ voi olla kuormittavaa, jos työ on hyvin vaikeaa, kiireistä tai sitä on määrällisesti paljon. Työn suorittamisessa kuormitusta aiheuttavat häiriötekijät, kuten keskeytykset ja työtehtävään liittymättömät toiminnot, jotka vievät aikaa ja energiaa varsinaiselta työltä. Tällaiset puutteellisesta työjärjestelystä johtuvat asiat keräävät työmäärää suuremmaksi ja häiritsevät keskittymistä. Kokonaiskuormituksen kannalta kaikki tekijät pitäisi tunnistaa ja huomioida, jotta työntekijän kuormaa voidaan ohjata oikeaan suuntaan. [17.] Taulukossa 2 on jaoteltu yksittäisiä kuormitustekijöitä monipuolisesti suurempien osa-alueiden alle.



Taulukko 2. Kuormittavia tekijöitä työssä. [18.]

Fyysiset tekijät	Työpisteen mitoitus tai säädöt eivät ole sopivia Työvälineet eivät ole tarkoituksenmukaisia Työ on liian raskasta ja/tai huonosti tauotettu Raskaat tai hankalat nostot ja taakkojen siirrot Toistotyö Hankalat työasennot Haittaavat lämpöolosuhteet
Turvallisuus tekijät	Turvattomat koneet tai työvälineet Ahtaat tai liukkaat kulkutiet Epäjärjestys Ilman epäpuhtaudet Haitallinen melu tai värinä Riittämätön valaistus Väkivallan uhka
Työhön liittyvät tekijät	Epäselvät työtavoitteet Liikaa työtä tai jatkuva kiire Työssä ei opi uutta Työ keskeytetään jatkuvasti Vastuu on liian suuri suhteessa päätäntävaltaan Arvostuksen ja palautteen puute
Vuorovaikutukseen liittyvät tekijät	Yksin työskentely Yhteistyö ei suju Huono tiedonkulku Epäjohtonmukainen esimiestyö Epätasa-arvoinen tai epäasiallinen kohtelu Kielteisiä tunteita herättävät asiakastilanteet
Työaikoihin liittyvät tekijät	Korvauksettomat ylityöt Jatkuvasti suuri viikkotuntimäärä Usein viikonlopputyötä Useita erillisiä työjaksoja päivässä Lyhyet työvuorojen välit Useita peräkkäisiä yövuoroja Hyvin varhaiset aamuvuorot Poikkeuksellisen pitkät työvuorot

Kuormittavuustekijät lisäävät riskiä sairastumiseen ja tapaturmiin. Sairastuminen voi pahimmillaan johtaa pidempään sairauspoissaoloon tai jopa pysyvään työkyvyttömyyteen. Etenkin työkyvyttömyysvakuutusmaksut ovat yritykselle erittäin painava taloudellinen syy panostaa työhyvinvointiin, sillä maksut määräytyvät työkyvyttömyysmenojen mukaan [11, s. 336 – 337]. Kuormittavuustekijöiden tunnistaminen työssä onkin ensiarvoisen tärkeää, kuten myös asiaan puuttuminen niiden korjaamiseksi.

Ergonomian näkökulmasta kuormittavuustekijöitä voi olla niin fyysisiä kuin psyykkisiäkin. Fyysiset kuormitustekijät liittyvät lihastyöhön ja ympäristön aiheuttamiin vaatimuksiin. Kuormitus voi olla hetkellistä, joka aiheutuu suuresta lihastyöstä, kuten nostosta. Toinen fyysisesti kuormittava seikka on määrä, joka tarkoittaa liikkeen ja lihastyön toistumista. Toistotyö on kuormittavaa, vaikka työssä tarvittava voima olisi pieni. Toistotyössä palautumisjakso jää lyhyeksi ja toistuva liike kuormittaa samoja lihasryhmiä ja jänteitä jatkuvasti. Fyysisessä työssä voimaa vaativat suoritukset eivät saa olla liian raskaita ja pitkiä. [11, s. 71.]

Dynaamisen liikkeen ohella myös staattinen lihastyö aiheuttaa kuormitusta. Tällainen kuormitus voi syntyä esimerkiksi jännittämällä raajaa pitkäaikaisesti yhdessä asennossa. Staattista lihasjännitystä voi esiintyä esimerkiksi toimisto- ja istumatyössä, jossa liikkettä on vähän ja lihastyö muodostuu asennon ylläpidosta ja hallinnasta. Raskautta lisää hankala asento, kuten esimerkiksi kyykyssä tai kumarassa olo. [19.]

Psyykkisesti kuormittavat tekijät liittyvät ympäristöön, aisteihin ja tiedon käsittelyyn. Ympäristö voi kuormittaa ja aiheuttaa stressiä erilaisten häiriötekijöiden kautta. Psyykinen toiminta ohjaa myös fyysistä toimintaa ja voi laukaista fysiologisia reaktioita. Ihminen on psykofyysinen kokonaisuus, jolloin psyykkiset tekijät ovat vuorovaikutuksessa fyysisten tekijöiden kanssa. Psyykkisesti ylikuormittava työ aiheuttaa stressiä, jota voidaan mitata myös fysiologisesti, esimerkiksi kohonneena verenpaineena. Vastaavasti alikuormittava työ voi laskea fyysistä vireystilaa ja lisätä havaintovirheitä. Tällainen työ on yleensä hidastempoista ja monotonista. Tuottavuuden kannalta pieni stimulaatio eli ärsytys on hyväksi, jotta vireystila säilyy. [11, s. 108.]

Ympäristö voi aiheuttaa aisteille ylimääräistä työtä, joka häiritsee varsinaisen työn suorittamista. Esimerkiksi lämpötila, melu ja valaistus liittyvät ergonomiaan ja kuormittumiseen vahvasti. Riittävä valaistus helpottaa havainnoimista ja edesauttaa tiedon oikeanlaista kulkua. Näkeminen vaikuttaa kognitiivisen ergonomian toteutumiseen, sillä silmillä tehdään paljon havaintoja ja nopeutetaan päätöksentekoa. Valaistuksen ohella myös selkeys havainnoitavissa kohteissa auttaa tiedon välittymistä. Ympäristössä oleva melu taas häiritsee ja ärsyttää aisteja, jolloin kuuleminen häiriintyy ja tarvittava kuuloinformaatio saattaa jäädä saamatta. Ihanteellisesti aisteille pitäisi antaa pieniä virikkeitä, mutta taata toimintarauha työn kannalta tärkeiden asioiden havaitsemiseen ja tiedon välittämiseen, jotta tietotulva ei tukahduta tärkeitä signaaleja. Tiedonkäsittelyssä ja päätöksenteossa henkinen kuormitus voi olla laadullista tai määrällistä. Laadullinen

kuormitus aiheutuu ratkaisujen vaikeudesta ja tärkeydestä, kun taas määrällinen kuormitus syntyy tehtävien ratkaisujen suuresta määrästä tietyssä aikayksikössä. [11, s. 115 - 118.]

Hengitys- ja verenkiertoelimistöä kuormittavasta työstä puhuttaessa käytetään termiä energeettinen työ. Energeettisen työn arviointikeinojen avulla saadaan kuva työn fyysisestä kuormittavuudesta energian tuotto- ja kulutustasolla. Fysiikan termeillä ilmaistuna selvitetään, kuinka paljon työtä tehdään ( $W$ ) ja mikä on sen työn vaatima energiamäärä ( $E$ ). Kansankielellä puhuttaessa tätä kuvaa parhaiten ilmaisu ”kuinka paljon kuntoa työ vaatii”. Maksimaalinen energiantuotto on hyvin yksilöllistä ja siihen vaikuttaa eniten fyysinen kunto, pääpainona verenkiertoelimistön toiminta ja suorituskyky. Fyysiseen kuntoon vaikuttavat esimerkiksi ikä, sukupuoli, terveys ja perimä. Naisten maksimaalinen energiantuotto on 30 % alhaisempi kuin miesten ja iän myötä energian tuotto heikenee noin 1 % yksikön verran vuodessa, 30 ikävuodesta alkaen. [11, s. 82.]

Työn kuormittavuutta energeettisellä tasolla voidaan mitata esimerkiksi sykevälivaihtelua seuraamalla. Nykyisin markkinoilla on valmiita arviointityökaluja, jotka tekevät analyysin mittauksien pohjalta. Työntekijän vastuulle jää tällöin vain päiväkirjamuotoinen syketietojen välitys ja yksinkertaisen mittauslaitteen käyttäminen. [20.] Maailman terveysjärjestö WHO on laatinut ja hyväksynyt luokittelun työn energeettisestä kuormittavuudesta ja raskaudesta. Siinä esitetään arvot ikäryhmittäin molemmille sukupuolille erikseen, joiden puitteissa työ määritellään kevyestä erittäin raskaaseen. Yksikkönä tarkastelussa on  $W/kg$  eli keskimääräinen energiankulutus suhteessa painoon. [11, s. 85.]

#### 4.4 Ergonomian tuottavuus

Työnantajan kannattaa muistaa, että pienikin parannus työntekijän tai työn ergonomiassa voi parantaa terveyttä ja ehkäistä työtapaturmia. Sairauspoissaolo maksaa työnantajalle paljon ja varsinkin, jos niitä kertyy enemmän ja useammalle työntekijälle. Pelkästään sairauspoissaolojen vähentymisenä ergonomian perustelu on kuitenkin hankalaa, sillä sairauspoissaoloja aiheuttavat paljon myös esimerkiksi vapaa-ajan tapaturmat [11, s. 332]. Vaikka investointi ergonomiaan on monesti helposti laskettavissa, voi sen hyöty olla hankala määrittää taloudellisena tuottona. Yksilön hyvinvointi ja terveys on kuitenkin tekijä, joka vaikuttaa epäsuorasti hyvinkin moneen asiaan. Työmotivaation ja

jaksamisen kannalta ergonomia voi olla avain asemassa ja vaikuttaa positiivisesti sekä yksilöön, että ympäristöönkin. Työntekijän viihtyminen työssä lisää myös tuottavuutta, joten sitä ei sovi unohtaa arvioitaessa ergonomiainvestoinnin hyötyä. [11, s. 335.]

Ergonomian tuottavuusvaikutuksia voidaan arvioida erilaisilla laskentamalleilla, jotka ottavat huomioon hyötyjä ja haittoja. Yksi esimerkki tällaisesta työkalusta on Työterveyslaitoksen Potentiaali-tietokoneohjelma. Ohjelma löytyy osoitteesta [www.ttl.fi/tyohyvinvointi](http://www.ttl.fi/tyohyvinvointi). Ohjelma arvioi ja laskee terveyteen, turvallisuuteen ja hyvinvointiin liittyvien investointien taloudellista kannattavuutta. [21.]

#### 4.5 Käytettävyys

Käytettävyys liittyy terminä läheisesti ergonomiaan. Ergonomian keskittyessä ihmisen ja toimintajärjestelmän vuorovaikutuksen seuraamiseen käytettävyys keskittyy tuotteen ja siihen, miten sillä saavutetaan tavoitteet tehokkaasti ja miellyttävästi. Tämä tarkoittaa käytön helppoutta ja mahdollisimman hyvää sujuvuutta. [12, s. 17.] Koneturvallisuusstandardin ISO 12100 -1 mukaan käytettävyys on ominaisuus ja niiden ominaisuuksien summa koneessa, jotka tekevät siitä helposti käytettävän ja ymmärrettävän. [22.]

Käytettävyyttä parantaessa tai suunniteltaessa on erittäin tärkeää tuntee käyttäjä ja tuote, sillä käyttäjän ja tuotteen välinen vuorovaikutus määrittää käytettävyyden. Tuotteen käytöstä muodostuva mielikuva on yleensä se, minkä perusteella käyttäjä määrittelee tuotteen käytettävyyden. Käyttäjäytyvyäisyyteen taas vaikuttaa suuresti tuotteen käytön helppous. Se kuvaa loogisuutta ja käytön helppoa oppimista. Muita mittareita käytettävyydelle ovat tuotteen tehokkuus sille tarkoitetussa työssä, eli kuinka hyvin se tuottaa arvoa käyttäjälleen, sekä virheiden vältettävyys. Käytettävä tuote tulee olla suunniteltu ja toteutettu siten, että se tuottaa halutun lopputuloksen mahdollisimman useassa eri tapauksessa ottaen huomioon ympäristön ja käyttäjän häiriöt virheineen. Virheellinen käyttötapa tulee sulkea pois esimerkiksi ominaisuuksien avulla. Silloin virheiden tekeminen tehdään erityisen hankalaksi. Esimerkkejä ominaisuuksien avulla rajatuista virheen vähentämiskäytännöistä löytyy runsaasti autoista, kuten valojen automaattinen katkaisija. Käytettävyyttä on myös tuotteen helppo integrointi ja käyttöönotto tehtävänsä. Tässä asiassa osuutta voi olla myös tuotteen fyysisellä koolla ja muodoil-

la, jotka tukevat käyttöä ja käyttöympäristöä. Hyvässä tuotteessa tämä konteksti on otettu huomioon. [12, s. 21 ; 22, s. 15.]

Kaikilla käytettävillä esineillä ja koneilla on käyttöliittymä. Käytettävyys on osana tätä käyttöliittymää, mikä ohjaa sen käyttöä joko hyvin tai huonosti. Käyttöliittymän käytettävyyttä voidaan parantaa ottamalla huomioon käyttäjä ja ympäristötekijät. Lisäämällä käyttöliittymään vihjeitä, voidaan käyttäjää johdatella haluttuun suuntaan. Vihje voi olla yksinkertainen tekstiotsikko, kuvio, väri tai jokin muu visuaalinen viesti. [22, s. 13.]

Käyttöliittymän käytettävyyttä suunniteltaessa on tunnettava käyttäjä ja testattava liittymää mallinuksien avulla. Mallintamalla saadaan arvokasta tietoa käyttäjän ominaisuuksista ja intuitiivisesta toiminnasta. Intuitiivisuus auttaa käyttäjää käyttämään vierastakin laitetta oikein, sillä siinä on jotakin tuttua aikaisempiin kokemuksiin liittyen. Koska intuitiivisuus perustuu vahvasti kokemuksiin, voi yksi asia olla toisella intuitiivinen ja toiselle täysin epäintuitiivinen. [22, s. 13.]

## 5 Ongelman kuvaus

Hypermarketin tehtävä on tukea tuotannon työskentelyä toimittamalla sinne tarvittavat materiaalit oikeaan aikaan ja paikkaan. Työskentely hypermarketissa on fyysistä ja vaihtelevaa, ja sen tahti riippuu hyvin paljon tuotannon työrytmistä. Suuri osa ajasta kuluu materiaalien käsittelyyn ja siirtelemiseen, pääsääntöisesti käsin. Työhön haasteen tuovat käsiteltävien komponenttien suuri määrä ja välillä hyvinkin ripeä työtahti. Kuormitusta aiheuttavat runsas kävely, nostelu ja painavat komponentit.

Runsas ja tarpeeton liikkuminen työtehtäviä hoitaessa kuormittaa työntekijää fyysisesti, sekä vie aikaa työtä edistävältä toiminnalta. Tämä on suurin ongelma, johon haettiin ratkaisua miettimällä parannusta materiaalien kuljetukseen ja siirtelyyn, jotta työtehtävät helpottuisivat ja tehostuisivat.

### 5.1 Lähtötilanteen kartoitus

Materiaalien siirtelyä, keräilyä ja kuljetusta havainnoitiin muutaman päivän ajan kohdeyksikössä, jotta pystyttiin tunnistamaan nykyinen lähtötilanne, työtehtävät ja suurimmat haasteet työn suorittamisessa. Tämä oli tärkeä työvaihe oikeanlaisten johtopäätösten kannalta, sillä ympäristön ja toiminnan yksityiskohdat olivat havainnoitsijalle enimmäkseen uusia. Havainnoinnin avulla luotiin mahdollisimman tarkka mielikuva työrutiineista, tehtävistä ja haasteista, joita yksi työpäivä saattoi pitää sisällään.

Pääkohde havainnoinnissa oli työntekijän liikkumisen seuraaminen sekä apuvälineiden käyttö materiaalin keräilyvaiheessa. Huomioitavaa oli myös materiaalin keräystapa hyllypaikoilta ja sen jakaminen tuotantolinjalla, sillä tämä saattoi vaihdella työntekijästä riippuen. Havainnoinnin aikana myös haastateltiin työntekijöitä meneillä oleviin työtehtäviin liittyen ja kyseltiin epäkohdista työnteossa. Avoimen vuoropuhelun avulla ideoita jaettiin ja arvioitiin ennen tarkempaa suunnittelua.

#### 5.1.1 Käytössä olevat menetelmät

Marketin toimintaa ohjaavat tuotannon vaatimukset. Materiaalien toimittamisen tahti ja määrä ohjautuvat suurelta osin tuotannon tarpeen mukaan. Materiaalikuljetuksia varten on kuitenkin laadittu aikataulu, jota noudatetaan. Tämä pelikirja pyrkii standardoimaan

marketin työskentelyn, jotta materiaalin virtaus tuotantoon olisi hyvä ja työskentely selkeää. Aikataulu määrää siis kuljetuksien ajankohdat, ja linjan tahti määräävät kerättävän ja kuljetettavan materiaalin määrän. Aikataulun tavoitteena on olla niin toimiva, jotta se vastaa linjan vaihtelevaa tuotantomäärää hyvin. Tällä tavalla saadaan luotua Lean-ajatteluun kuuluvaa Standard work -toimintatapaa markettiin. Standard workin idea on määrittää tarkasti kaikki prosessiin kuuluvat työvaiheet, tekijät ja työkalut, joita tarvitaan. Tällöin toimintatavat ovat kaikille selkeitä ja sovittuja. [7.]

Nykyinen roolijako marketissa vaihtelee tilanteesta ja resursseista riippuen. Materiaalin keräys suoritetaan yksin tai parityöskentelynä. Kuljetus linjalle tapahtuu pääsääntöisesti yksin, kun vuoroja vaihdellaan kahden työntekijän välillä. Kiireellisimpinä aikoina molempien työntekijöiden panosta tarvitaan sekä keräilyyn että kuljetukseen. Samalla käytetään kahta keräilykärä. Havaintojen perusteella keräilytapa ja materiaalien jako linjalla vaihtelevat jonkin verran työnsuorittajasta ja materiaalinimikkeistä riippuen. Nykyisellään ei noudateta mitään vakiintunutta käytäntöä siitä, missä järjestyksessä materiaalit kerätään ja jaetaan. Keräilyn sujuvuuteen vaikuttaa tällä hetkellä voimakkaasti epäsojiva kärä, mutta jaon sujuvoittamiseksi voitaisiin kokeilla muutoksia myös järjestyksessä ja reiteissä.

Tuotantolinjoilla on käytössä materiaalien säilytysjärjestelmä, jota kutsutaan kaksilaatikkojärjestelmäksi. Tässä järjestelmässä yksittäiset komponentit on pakattu laatikkoon tai alustaan, josta ne on helppo poimia tuotannon työntekijän toimesta. Yhdessä laatikossa on muutama komponentti ja niiden loputtua tyhjä laatikko laitetaan sivuun. Ensimmäisen laatikon takana on toinen samanlainen laatikko, josta komponenttien poimintaa voidaan jatkaa. Marketin työntekijä kerää tyhjän laatikon linjalta toimittaessaan täysiä materiaalilaatikoita. Tyhjä laatikko tarkoittaa keräilysignaalia, ja se täytetään ja toimitetaan seuraavan kuljetuksen yhteydessä. Tämän menetelmän tarkoituksena on varmistaa materiaalien jatkuva saatavuus ja riittävyys tuotannossa niin, että virtaus pysyy hyvänä. Käytännössä yhden materiaalinimikkeen kaksi säilytysalustaa kiertävät marketin ja linjan välillä tasaisessa rytmissä niin, että tuotannossa on aina tarvittavat materiaalit saatavilla. Kaksilaatikkojärjestelmä pitää myös tuotannon vaatiman toimintatapinta-alan pienenä ja helpottaa marketin toimintaa, kun samoja komponentteja voidaan kerätä kerralla useampia.

### 5.1.2 Käytössä olevat apuvälineet

Materiaalin siirtelyyn on käytössä kahdenlaisia apuvälineitä: nostimia ja kärryjä. Kärryjä käytetään materiaalien siirtämiseen tuotantolinjalle sekä apuna keräilyssä marketissa. Ihanteellisessa tapauksessa materiaali kerätään hyllyltä suoraan samaan kärryyn, jolla se kuljetetaan tuotantoon. Kärry on tärkein osa kuljetus- ja keräilyprosessia, koska sen avulla voidaan helpottaa materiaalin siirtelyä ja nostelua. Tavoitteena on, että kärry on helposti siirrettävissä kerättävän materiaalin lähelle, jolloin se tukee parhaiten keräilyä ja poistaa ylimääräisiä matkoja marketissa. Nykyinen kuljetus-/keräilykärry on ollut käytössä pitkään, ja se on alunperin suunniteltu tuotantolinjan tarpeiden mukaan. Sittemmin kärryä on kevyesti muokattu marketin kuljetustarpeiden mukaan lisäämällä siihen kuljetuskoukkuja isoimmille ja muutoin hankalasti kuljetettaville komponenteille. Varsinaisen pääkärryn lisäksi käytössä on myös pienempiä keräilykärryjä, joilla pystytään siirtämään pienempiä määriä materiaalia. Näitä pieniä kärryjä käytetään nykyisessä työssä pääsääntöisesti materiaalin siirtämiseen hyllystä kuljetuskärryyn tai muuhun satunnaiseen kuljetustarpeeseen.



Kuva 3. Nykyinen keräily-/kuljetuskärry marketissa.



Markettiin on hankittu myös nostimia painavan materiaalin siirtelyyn. Pinkkarit ja pumpukärryt ovat käytössä materiaalierien siirtämisessä oikeaan hyllypaikkaan. Keräilyä varten käytössä on nostin (kuva 4), jolla voidaan nostaa painavia komponentteja ja siirtää niitä lyhyitä matkoja, jotta materiaali saadaan asetettua kärryyn. Nostimen tarkoituksena on vähentää kuormitusta, joka syntyisi painavien komponenttien siirtelystä lihasvoimin. Nostin on käytössä päivittäin, mutta sitä tarvitaan tällä hetkellä vain yhden materiaalinimikkeen keräilyyn. Vastaava nostin on käytössä tuotantolinjalla materiaalin jakoa varten.



Kuva 4. Nostin painavien materiaalien siirtelyyn.

Kuljetus- ja nostovälineiden lisäksi apuvälineiksi voidaan luokitella erilaiset laatikot ja alustat, joita käytetään materiaalien säilytykseen ja erien siirtelyyn (kuva 5). Osa materiaalista kerätään kärryyn suoraan säilytysalustoissaan ja osa taas siirretään tuotantolinjan käyttämiin alustoihin. Tuotantolinjan tyhjät alustat ja laatikot poimitaan kuljetuskärryyn kyytiin materiaalien jaon yhteydessä. Laatikoiden ja alustojen kirjo on laaja, kuitenkin on myös niiden esiintymisvariaatio. Alustat on suunniteltu tuotantolinjan rakenteelle

ja toiminnalle sopiviksi, joten ne eivät tue välttämättä keräilyä. Niiden avulla on kuitenkin helppo ja nopea hahmottaa kerättävien materiaalien laatu ja määrä. Alustojen avulla materiaali pysyy myös paremmin järjestyksessä sekä vahingoittumattomana kuljetuksen ajan. Käytännössä kaikki materiaali kerätään ja kuljetetaan alustoja ja laatikoita apuna käyttäen, ja ne luovat pohjan kaksilaatikkojärjestelmän toiminnalle.



Kuva 5. Esimerkkejä käytettävistä laatikoista ja alustoista.

Alustat ovat muovista tai vanerista leikattuja kappaleita ja niissä on määrätty paikat materiaalille. Alustat helpottavat tuotantolinjan työskentelyä ja vievät oikein käytettynä vähemmän tilaa tuotantolinjalla kuin laatikot. Tiettyjen materiaalien poimiminen alustoista on myös helpompaa verrattuna laatikkoon.

## 5.2 Haasteet ja ongelmat toiminnassa

Tätä työtä aloittaessa oli tiedossa, että suurin ongelma nykyisessä toiminnassa on keräilykärri ja sen soveltumattomuus toimintoihin. Tämä aiheuttaa välillisesti muita ongelmia, kuten kiirettä, epäsäännöllisyyttä ja ylimääräistä liikkumista. Yksi asia voi johtaa ketjuna toiseen ja lisätä työkuormaa kasvavassa määrin sekä heijastua negatiivisesti muuhun työhön. Muita työnsuorittamiseen liittyviä ongelmia nousi esille seurantavaiheessa.

### 5.2.1 Ongelmat työvälineiden käytössä

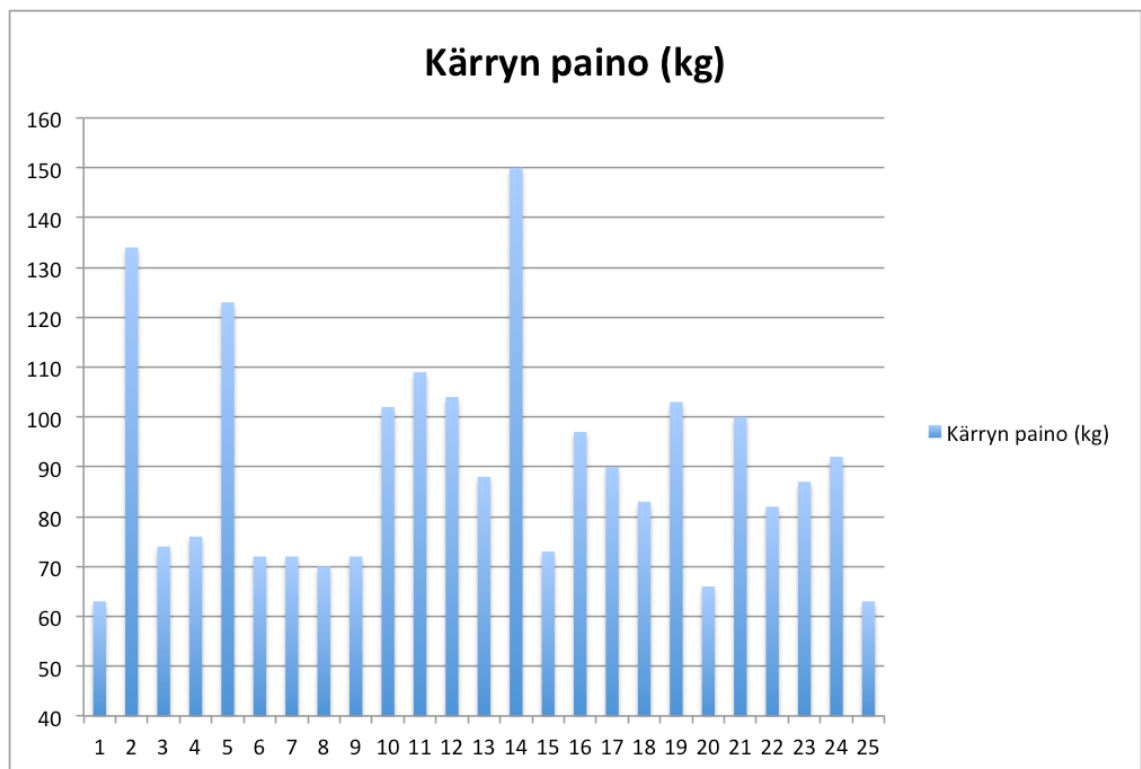
Ongelmat, jotka liittyivät keräilykärryyn, ilmenivät varsin selvästi myös seurantavaiheessa. Marketin hyllyjen välinen etäisyys on 125 cm, mutta monesti säilytyslaatikot tulevat hyllyn reunasta yli ja kaventavat väliä entisestään. Nykyiset kärryt ovat suora-kulmion muotoiset ja leveyttä niillä on enimmillään noin 150 cm. Tämä aiheuttaa sen, että kärryt eivät mahdu kääntymään hyllyjen välissä, eivätkä kulkemaan sivuttain, joka helpottaisi materiaalien keräilyä. Kärryjen toinen sivu on noin 65 cm leveä, mutta koukut kärryn päissä estävät keräilyn ja materiaalin lastaamisen päädyistä käsin. Keräily hyllyltä suoraan kuljetuskärryyn on siis varsin haastavaa ja paikoin jopa mahdotonta. Kärryn kanssa liikkuminen marketissa on aivan liian hankalaa, jotta sitä viitsisi päivittäisessä työssä tehdä.

Kärryn soveltumattomuus hyllyjen väliin aiheuttaa työntekijöille ylimääräistä liikkumista, kun materiaalia on kerättävä yksitellen, kantaen komponentteja suoraan hyllystä tai käyttäen apuna pienempää kärryä, jolla kuljettaa materiaali paikalle, jossa isoa kärryä säilytetään. Pahimmillaan matkoja hyllypaikkojen ja kärryn välillä tulee yhdessä keräilyssä useita. Tämä tarkoittaa työntekijän kuormituksen kannalta useita kymmeniä askeleita lisää jokaisella keräilykerralla. Samoja komponentteja liikutellaan useita kertoja paikasta toiseen, mikä ei ole ihanteellista myöskään tehokkuuden ja materiaalin virtauksen kannalta, kun aikaa kuluu edestakaiseen kulkemiseen.

Toinen kärryyn liittyvä suuri ongelma on sen hallittavuus kuljetustilanteessa. Omakoh- taisen kokemuksen ja työntekijöiltä tulleen palautteen pohjalta kuljetuskärryn hallitta- vuus kuljetusvaiheessa on heikko. Ongelmia aiheuttavat kärryn massa ja lattian kalte- vuus. Kuljetuskärryn kaikki neljä pyörää ovat vapaasti kääntyviä, eli kärry ohjautuu it- sestään sille edullisimpaan suuntaan, virtaavan veden tavoin. Tämä tarkoittaa, että kärryä pitää jatkuvasti ohjailta vartalon avulla, mikä aiheuttaa kuormitusta selälle, polvil- le ja käsille. Käsityksen toiminnasta saa, jos kuvittelee työntävänsä suurta ja painavaa palloa viistosti mäenrinteen poikki. Kuljetus tuotantoon pitää toimittaa nykyisellä suun- nitelmalla yli 20 kertaa päivässä, joten matkallisestikin puhutaan enemmän kilometreis- tä kuin metreistä, jotka kärryn kanssa joutuu kulkemaan. Lisähaasteen ohjattavuuteen tuo huono näkyvyys kärryn takaa. Kärryn ollessa korkeimmillaan lastattuna noin 160 cm korkea, on sen takaa hankala nähdä eteensä. Tämä synnyttää ylimääräistä katse- lua kärryn sivuille, joka hankaloittaa ohjaamista sekä aiheuttaa vaaratilanteita muille kulkijoille.

Ohjattavuuteen vaikuttaa voimakkaasti myös karrin massa. Seurantavaiheessa täysiä kuljetuseriä punnittiin satunnaisesti kuljetuksen yhteydessä. Toimitusmäärät riippuvat suuresti tuotantolinjojen työtavoitteista, mutta karrujen painoista ja niiden vaihtelusta saatiin suuntaa antavaa kuvaa. Seurantavaiheen aikana punnittujen karrujen painot ovat nähtävissä taulukossa 3. Huomioitavaa taulukon tulkinnessa on, että seurantavaiheessa kaikki tuotantolinjat eivät kulkeneet samalla tahdilla, joten eroja kuljetus määrässä on jopa päivittäin. Kuitenkin suurin punnittu arvo on varmasti lähellä suurinta mahdollista, sillä karruun ei juuri enempää materiaalia kerralla mahdu. Linjojen tahdin ollessa kovempi, kuljetuskertoja päivän aikana tulee enemmän ja kertamäärien vaihtelu tasoittuu.

Taulukko 3. Kuljetuskarrin massoja seurannan aikana.



Kuten taulukosta 3 ilmenee, vaihteluväli karrin painoissa on huomattava suhteessa keskiarvoon. Mittauksissa saatu vaihteluvälin pituus oli 87 ja keskiarvo karrin painolle 89,8 kg. Tämä tarkoittaa sitä, että enimmillään karrulla voi olla lähes kaksinkertainen määrä massaa verrattuna pienimpään kuljetuserään. Tyhjän karrun painoksi saatiin 51 kg, jota voidaan pitää kohtuullisen korkeana käyttötarkoitukseen nähden.

### 5.2.2 Ongelmat työympäristössä

Kärryn puutteiden lisäksi esille nousivat ongelmat materiaalien säilytyksessä ja nostelussa. Nykyinen ympäristö on luotu kesän 2014 loppupuolella, jolloin hypermarketmuutosta viimeisteltiin ja viimeiset yksittäiset marketit muuttivat yhteisiin tiloihin. Tästä johtuen ympäristön optimointi on vielä kesken, eivätkä materiaalit ole vielä niille parhaila paikoilla. Säilytyksen kannalta tämä tuo ahtautta, joka näkyy keräilyn ja hyllytyksen haasteina. Jotkin materiaalit ovat hankalasti saavutettavissa keräilykärryn koosta riippumatta. Esimerkkinä ovat korkeakauluksiset laatikot, joiden pohjalta komponenttien poimiminen on hankalaa. Lisäksi säilytyslaatikot eivät välttämättä tue kovinkaan hyvin tai edes mahdollista nostimen käyttöä. Käsien tehtäviä nostoja tulee paljon ja materiaalia joudutaan poimimaan myös läheltä lattiaa, mikä on epämiellyttävää ja kuormittavaa.

Havainnoinnin ja haastatteluiden perusteella työrytmi on myös varsin epäsäännöllistä, joten toimitettavien nimikkeiden määrä ja laatu vaihtelevat paljon. Tämä on nähtävissä myös taulukossa 3, johon on listattu kärryjen painoja. Koska yhtä aikaa toimitettavia komponentteja on yhteensä kolmelle eri tuotantolinjalle, on vaihtelu runsasta. Tuotannossa käytössä oleva kaksilaatikkojärjestelmä aiheuttaa osaltaan sen, että kuljetuserän toistuvuus kaikkien tuotantolinjojen kesken on satunnaista. Tämä aiheuttaa haasteita materiaalien sijainnin optimointiin marketissa, koska keräilykierroksen sisältö vaihtelee. Ongelma heijastuu myös nykyiseen kuljetuskärryyn, jonka pitää kattaa useiden eri materiaalivariaatioiden tarpeet. Kaiken lisäksi kerättävä materiaali on ulkomuodoltaan erittäin vaihtelevaa, kokonsa, näkönsä ja painonsa puolesta.

Vakituisen työrytmin puuttuminen aiheuttaa ongelmia nykyisen pelikirjan noudattamiseen ja laatimiseen. Aikataulu määrää kuljetusten tahdin ja kuljetusten tiheys vaikuttaa osittain toimitettavan materiaalmäärän kokoon. Tämä ongelma näkyy aaltolina toimitettavien nimikkeiden ja jaettavien rivien määrässä, sillä tuotantolinjan toimintatahti on hyvin vaikeasti ennustettavaa ja vaihtelevaa. Tilaussignaalit huomioidaan jakokierroksen yhteydessä, joten niitä ei tule tasaiseen tahtiin jatkuvana virtana. Välillä nykyisen kärryn kapasiteetti ei riitä kaikkien nimikkeiden kuljettamiseen kerralla ja välillä se on melkein tyhjiään. Dataa tapahtumista kerättiin kahtena päivänä ja tulokset ovat taulukossa 4.

Taulukko 4. Tuotantolinjalle jaettujen rivien määrän vaihtelu. Luku kuvastaa yhden jakokerran aikana jaettua rivimäärää. Yksi rivi tarkoittaa yhtä alustaa tai laatikkoa.



Tämän työn tavoitteiden kannalta tuotannon toimintatahti on seikka, joka liittyy materiaalien jakoon ja kuljetukseen vahvasti, mutta jonka parantamiseen tarvittaisiin erillisiä toimia. Tukitehtävien täytyy mukautua tuotannon mukaan, vaikkakin sen ohjauksessa olisi parannettavaa.

## 6 Ratkaisun kuvaus

Mietittäessä ratkaisua materiaalien kuljetuksen ja kuljettajan työtehtävien parantamiseksi asetin tavoitteeksi nykyisen toiminnan selkeän parantamisen ergonomian, tehokkuuden ja käytettävyyden kannalta. Halusin myös tuottaa ratkaisun, joka muovautuu ja muokkaantuu erilaisiin tarpeisiin, jotta sen jatkokehitys olisi vaivatonta ja adaptointi muihin ympäristöihin mahdollista. Työn tilaajan puolelta toiveena oli prototyypin rakentaminen, jotta todellista hyötyä voitaisiin testata oikeassa ympäristössä. Käyttäjien puolelta havainnoin tarpeen helppokäyttöisyydelle ja miellyttävyydelle, jotta ratkaisusta koettaisiin olevan hyötyä ja sitä haluttaisiin hyödyntää mahdollisimman hyvin.

Toimeksiantajan puolelta lopputuloksen mallia tai tyyppiä ei haluttu rajoittaa tai ohjata johonkin tiettyyn suuntaan, vaan sain varsin vapaat kädet toteuttaa omia ajatuksia ja leikitellä ideoilla. Ratkaisun ei tarvinnut perustua mihinkään aiempaan tai käytössä olevaan työväliseeseen tai menetelmään. Mietittäessä toteutusta minun täytyi kuitenkin huomioida omat kyvyt protomallin rakentamisessa, sekä aikataulu, jotta työ saataisiin järkevässä ajassa toteutettua. Lean-filosofian huomioon ottaen oli selvää, että ratkaisu pitäisi olla tähän mennessä paras ja mielellään nopeasti käyttöön otettavissa, sillä kohde ja toiminta oli varsin selkeästi rajattu. Ottaen huomioon muut käynnissä ja suunnitteilla olevat projektit talon sisällä, en halunnut lähteä toteuttamaan liian monimutkaista tuotosta, jonka lopputulos olisi saattanut olla käytettyihin resursseihin nähden huono. Resurssien lisäksi myös käyttäjät ja ympäristö rajasivat todellisten mahdollisuuksien määrää, asettamalla tiettyjä reunaehtoja toiminnan suhteen. Ratkaisussa pyrin selkeyteen ja yksinkertaisuuteen, jotta käyttö olisi helppoa ja protomalli sopisi suoraan koivaankin käyttöön.

Lopullisessa ratkaisussa päädyttiin peruseriaatteiltaan nykyistä vastaavaan karryyn. Tämä tarkoittaa pyörillä liikkuvaa vaunua, jossa on hyllytasoja materiaaleille. Karry oli luonnollinen valinta, sillä vastaavanlaisissa tehtävissä sitä käytetään useassa toimessa ja toimintaympäristössä. Karry tukee liikkuvuutta ja materiaalin säilytystä, sekä on helppo käyttää kenen tahansa toimesta. Koska tarkoituksena oli rakentaa prototyyppi ja aihe rajattiin tietyn tuotantolinjan erityistarpeisiin ja käyttöön, suljettiin laajemmat visiot esimerkiksi liukuhihnatyypisistä toteutuksesta pois, sillä tehtäväkenttä olisi laajentunut liian isoksi ja ylittänyt resurssit, joita työlle varattiin. Ideoinnissa asetettiin etusijalle myös työntekijän fyysiset rajoitteet ja kuormittuminen, joten oli selvää, että materiaalien käsin liikuteltava matka täytyi pitää lyhyenä ja materiaalien käsittely tehokkaana, jotta

turhaa toistotyötä ei syntyisi. Kantavana ajatuksena ja vertauskuvana pidin kilpa-auton rakentamista. Kärryn pitäisi olla mahdollisimman kevyt, mutta silti tukeva. Ajettavuus tai pikemminkin hallinta pitäisi olla hyvällä tasolla, mutta kustannukset eivät saisi kohota pilviin. Yhtymäkohtia löytyi useita ja prototyyppi oli tarkoitus tehdä niin valmiiksi, että se kestää käyttöä pidemmänkin aikaa.

Työtä ja aihetta työstäessä nousi esille kysymys idean ainutlaatuisuudesta, josta olin myös itse erittäin kriittinen. Jouduin vastaamaan kysymykseen, eikö tällaista voi ostaa jostakin valmiina. Kartoituksen perusteella täysin vastaavaa ratkaisua ei kuitenkaan löytynyt valmiina, vaikka nopeasti katsottuna ratkaisu saattaa näyttää yksinkertaiselta ja yleiseltä. Pienillä yksityiskohdilla ja monimuotoisilla ominaisuuksillaan suunnittelemani kärry päihittää valmiit ratkaisut ja vastaa tarpeeseensa paremmin. Mikään yleis-  
muotoinen kompromissiratkaisu ei kuitenkaan ole kyseessä, joten kärryn toiminta muussa ympäristössä ja toiminnassa on epävarmaa, eikä sitä lähdettykään selvittämään. Aiempaan kilpa-auto vertauskuvaan palaten, formula- ja ralliauto ovat nopeimpia ja parhaimpia omassa ympäristössään. Paras lopputulos saavutetaan keskittymällä tarpeeseen ja toimintaympäristöön.

Kyseisen kärryn käyttötarkoitus yhdistettynä ympäristön vaatimuksiin aiheutti sen, miksi entinen ratkaisu ei toiminut enää tehokkaasti ja sujuvasti. Entinen kärry oli juurikin tällainen valmis tuote, jota oli muokattu hienovaraisesti mahdollisuuksien ja tarpeen mukaan, joten en halunnut alkaa kulkemaan samaa reittiä uudestaan, vaan lähdin liikkeelle puhtaalta pöydältä. Tällöin ratkaisu pystyi vastaamaan täydellisesti ympäristön vaatimuksiin ja olemaan ainutlaatuinen juuri omaan käyttötarkoitukseensa nähden, omassa ympäristössään. Uskon myös, että lopputulos oli taloudellisestikin kohtuullinen verrattuna valmiiseen ratkaisuun, sillä valmiita materiaaleja pyrittiin käyttämään mahdollisimman vähän ja tehtiin itse niin paljon kuin mahdollista.

## 6.1 Materiaalien valinta

Materiaaleja valittaessa pääsijalla olivat niiden helppo muokattavuus, sopivuus ja kohtuulliset kustannukset. Saatavuus asetti tiettyjä reunaehdoja Palodexin tunnettujen tavaramoimittajien puitteissa. Tässä vaiheessa tehtiin päätös kaksien kärryjen rakentamisesta samalla kertaa, koska yksien kärryjen kapasiteetti ei riitä kiireisimpinä aikoina.



Toisten samanlaisten kärryjen rakentaminen ei myöskään aiheuta merkittävän suurta työmäärään kasvua verrattuna yhteen.

Tärkein materiaali kokonaisuuden kannalta oli runkoon käytettävä teräsputki. Kehikon valmistamiseksi valittiin profiililtaan pyöreää ohutseinämäputkea, joka tunnetaan paremmin huonekaluputkena. Ruukin valmistama Form 220 -putki on helppo hitsata ja työstää haluttuun muotoon, joten se tuki valintaa. Pintakäsittelyvaihtoehtoja putkelle olisi ollut useita, mutta ottaen huomioon, että käyttö tapahtuu sisätiloissa ja varsin vakio-olosuhteissa, päädyttiin varsin perinteiseen kuumavalssattuun putkeen. Halkaisijaksi valittiin 25 mm, sillä se mukailee vastaavanlaisissa ratkaisuissa käytettyä ja vahvuudeltaan riittävää laatua. Tämän lisäksi putken pinta-ala haluttiin pitää mahdollisimman pienenä, jotta ylimääräistä leveyttä ei tulisi. Seinämävahvuudeksi valittiin 2 mm, jotta hitsausliitoksista saataisiin mahdollisimman kestävä ja rungosta tukeva. Putken mekaaniset ominaisuudet riippuvat halkaisijan ja seinämävahvuuden suhteesta, joka tässä tapauksessa oli 12,5. Ruukki lupaa tällaiselle putkelle myötölujuudeksi noin 350 MPa, jota voidaan pitää vähintäänkin riittävänä. [24.]

Hyllyrunkojen putkeksi valittiin suorakaiteen muotoista ohutseinämäputkea. Mitoiksi valikoitui 25 mm korkea ja 15 mm leveä kanttiputki, jonka seinämävahvuus oli 1,5 mm. Putken korkeus tuli olla riittävä, jotta putkikiinnikkeet asettuisivat tukevasti sen pintaan. Turhan korkea putki ei kuitenkaan kannattanut olla, sillä se vaikeuttaisi materiaalien siirtelyä hyllylle ja sieltä pois. Mahdollisimman pienellä leveydellä saatiin vapautettua hyötypinta-alaa hyllylle. Myötölujuus tällaiselle putkelle on yli 300 MPa, joten rakennekestävyyden puolesta putki oli riittävän vahvaa. [25.]



Kuva 6. Putkiliitin, jota käytettiin hyllyjen kiinnittämiseen.

Hyllyrungot suunniteltiin kiinnitettäväksi kärryrunkoon hydraulikkaputkien kiinnittämiseen tarkoitetuilla liittimillä (kuva 6). Olin aiempien kokemusten pohjalta tietoinen tällaisten kiinnikkeiden olemassaolosta, joten pienellä etsinnällä löysin sopivat. Stauffin valmistamista liittimistä löytyi hyvät dokumentit, joiden pohjalta tein valinnan. Valinta kohdistui 25 mm:n reiällä varustettuun yksittäiseen liittimeen, jossa oli otettu huomioon kiristysvara. Dokumenttien mukaan polypropyleenistä valmistetun liittimen puristuvuus on niin hyvä, että se kestää putken suuntaista voimaa 1,4 kN. Tämä tarkoittaa pyöristettynä 140 kg:n asettamista kannattimen varaan. Arvo on reilusti ylimitoitettu hyllyn kannattimeksi, sillä yhtä hyllyä kannattelee neljä kiinnikettä, joille massa jakautuu melko tasaisesti. Hyllyn ehdottoman maksimikuoman käyttötilanteessa voidaan katsoa olevan 50 kg. Kiinnikkeet sai hankittua myös täydellisenä sarjana, jossa olivat mukana kiristyspultit ja kiinnityslevy, jolla kiinnikkeet saatiin liitetyksi hyllyrunkoon. [26.]

Hyllylevyt päädyttiin tekemään vanerista ja polykarbonaatista. Polykarbonaatti valikoitui materiaaliksi keveytensä ja kestävyytensä takia, mutta yksi merkittävä tekijä oli sen läpinäkyvyys. Läpinäkyvyydellä haluttiin helpottaa materiaalien havaitsemista kärryn lastaus- ja purkuvaiheessa. Lisäetuna voidaan pitää mahdollisuutta käyttää hyllypintaa piirtotauluna. Vesiliukoinen huopakynä tarttuu pintaan hyvin, mutta on myös helppo pyyhkiä pois. Mahdollisia muistutuksia tai hyllyalueen rajauksia varten tämä on hyödyllinen optio. Polykarbonaatista valittiin Sabic Lexan -sarjan 4 mm paksu läpinäkyvä levy materiaali. Materiaalin soveltuminen testattiin ensin koepalalla, sillä sen taipuma ha-

luttiin testata. Hyllyrungon lattakiinnikkeet osoittivat tukevan rakennetta riittävästi lastatessa materiaalia hyllylle, joten valinta hyllymateriaalista lukittiin. [27.]

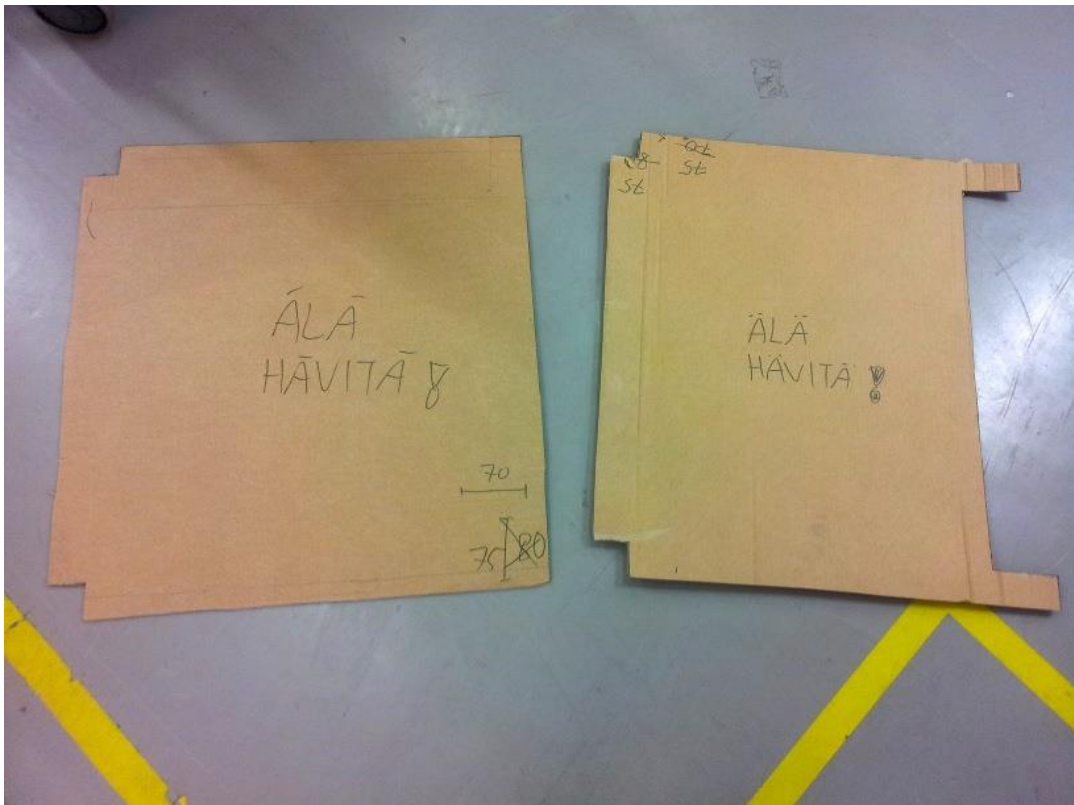
Kärryrungon pohjalevy tehtiin vanerista, kuten myös alin hylly, josta tehtiin liukuva. Vaneriksi valikoitui 15 mm paksu, fenolifilmillä pinnoitettu koivuvaneri. Tämä vaneri on erittäin kulutuskestävää ja kovaa, joten se toimii tukirakenteena hyvin. Vaneri on toiselta pinnalta sileä, mutta toiselta puolelta kuvioitu karheaksi. Karheapuoli toimii hyllynä hyvin, sillä materiaalien ja levynpinnan välille syntyy riittävästi kitkaa estämään materiaalien putoamisen ja liukumisen. Tämän lisäksi vaneria on helppo työstää myös käsi-työkaluilla. [28.]

Viimeinen erityistarkastelua vaatinut materiaalikohde oli pyörät. Pyörät vaikuttavat merkittävästi kärryn ohjautuvuuteen ja hallintaan. Yhteen kärryyn tarvittiin kolme paria pyöriä. Kaksi paria kiinnitettiin pohjalevyn kulmiin ja yksi pari varattiin kiikkua varten. Pohjalevyn kiinnitettävistä pyöristä toiset valittiin kiinteiksi ja toiset kääntyviksi. Tällöin kärry säilyttää suuntansa paremmin liikuteltaessa, kun etupyörät ovat kiinteät. Kiinteiden etupyörien rinnalle oli tarkoitus asentaa kääntyvät pyörät, jotka voidaan nopeasti asettaa kantaviksi pyöriksi kiikun avulla. Kun kaikki pyörät kääntyvät vapaasti, kärry pyörii akselinsa ympäri ja mahtuu kääntymään mahdollisimman pienessä tilassa. Pohjalevyn kulmapyörien kooksi valittiin 125 mm halkaisijaltaan, sillä riittävän suuret pyörät tuovat suuntavakautta suuremman kontaktipinta-alansa johdosta. Kiikun pyöräpari piti valita pienemmäksi, jotta vaihdettaessa niihin kärry ei kallistuisi liikaa ja kiikun rakenne olisi helpompi toteuttaa. Sopivaksi kooksi valikoitui tällöin 100 mm.

Pyörien kiinnitysrakenteet valittiin kiinnityspintaan nähden sopiviksi, jolloin pohjalevyn kiinnittyvät pyörät hankittiin nelikulmalaatta kiinnityksellä ja kiikun pyöräpari keskiöreikä kiinnitysratkaisulla. Pyörän pintamateriaali piti myös huomioida, sillä liian kova materiaali olisi ollut liukas pinnoitetulla betonilattialla ja kääntyvyys näin ollen huono. Liian pehmeä materiaali taas rullaa huonosti ja kuluu nopeammin. Huomiota kiinnitettiin myös laakerointiin, sillä pyörien haluttiin kestävän käyttöä pitkään ja olevan hyvin rullaavia, jotta painavien kärryjen liikuttamiseen ei tarvittaisi suurta voimaa. Nämä kaikki ominaisuudet huomioon ottaen pyöriksi valikoitui pehmeällä polyuretaanilla pinnoitetut ja kuulalaakeroidut kalustepyörät. Kalustepyörät olivat valmistajan lupaamalta maksimuormitukseltaan riittävät kannattelemaan kärryä materiaaleineen, joten järeämmille pyörille ei ollut tarvetta. [29.]

## 6.2 Prototyypin rakentaminen

Ideoita työn toteuttamiseen haettiin etsimällä markkinoilta valmiita ratkaisuja materiaalin siirtelyyn liittyen. Aluksi tavoite oli vain saada riittävästi virikkeitä erilaisista ympäristöistä ja ratkaisuista, jotta niistä saisi ideoita omaan tuotokseen. Ajatustyön selkeytyessä aloin piirtämään erilaisia malleja käsin ja koneella, jotta sain ideoita konkreettisesti paperille. Seurantavaiheessa kerätty data määritteli vahvasti suuntaa ja lopputulemaa, minkä avulla tein päätöksen kärryn mallista ja kriittisistä mitoista. Mittojen hahmottamisessa käytin apuna pahvimalleja, joiden avulla pystyin mallintamaan ja testaamaan perusrakennetta oikeassa ympäristössä nopeasti ja helposti (kuva 7). Fyysisten mittojen oikeanlainen rajaus oli tärkeä osa onnistunutta ratkaisua. Pahvimalleilla määriteltujen ja testattujen mittojen mukaan aloin piirtämään ja hahmottelemaan lopullisen prototyypin rakennetta ja mittakaavaa. Rakenteiden hahmottamisessa käytin apuna kynän ja tietokoneen piirto-ohjelman lisäksi myös Lego-palikoita, joilla esimerkiksi yksinkertaisia nivellyksiä pystyi testaamaan nopeasti ja käytännön toimivuus tai toimimattomuus sai vahvistusta.



Kuva 7. Mallintamisessa käytettyjä pahvimalleja.

Pahvimalleilla suoritetun mallinnuksen jälkeen olin varmistunut mittasuhteista sen ver-  
ran, että rakensin ensimmäisen prototyypirungon. Tämän rungon valmistamiseen käy-  
tin tehtaalla käytössä olevia putkia ja putkiliittimiä, joista voidaan rakentaa nopeasti ja  
helposti esimerkiksi hyllyjä ja pöytiä. Putket liittimiseen ovat erittäin monikäyttöisiä,  
joten niistä oli helppo kasata valmis runko sahaamalla muutama putki ja liittämällä ne  
pulttiliitoksilla yhteen. Kuvassa 8 on nähtävissä tämä ensimmäinen prototyyppi-  
kärystä. Satuain myös löytämään tarvittavan määrän huonekalupyöriä, joten asensin ne  
paikalleen, jotta rungon liikuttelu olisi helpompaa hyllyjen välissä.

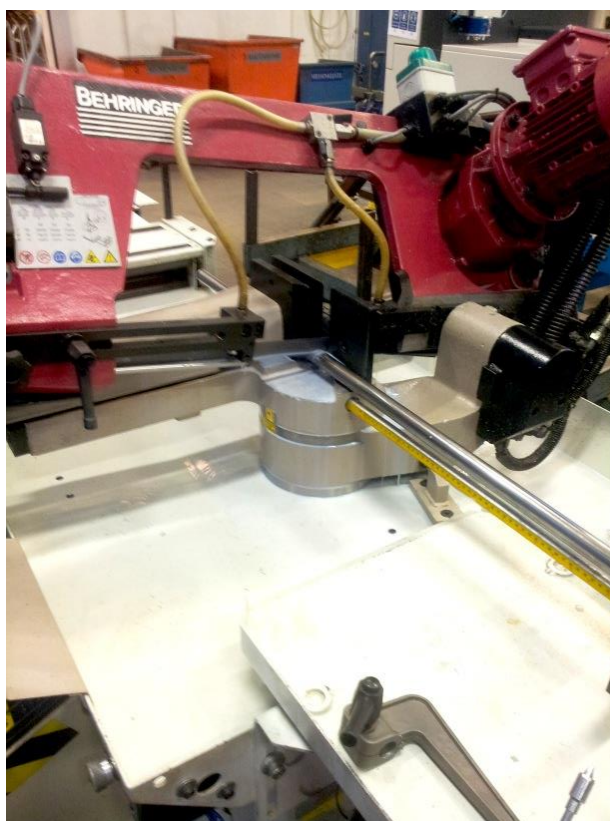


Kuva 8. Ensimmäinen prototyyppi rungosta.

Prototyypillä testaus oli hyvä välivaihe, sillä päädyin sen johdosta kaventamaan kärystä  
5 cm. Hyllyjen väliin mahtuminen aiheutti hieman ongelmia, jotka olisivat voineet olla  
merkittäviä sujuvan käytön kannalta. Putkista kasattu runko oli todellisuudessa kook-  
kaampi kuin pahvimalleilla kokeilu antoi ymmärtää.

Kun rungon mitat oli päätetty, laskin yhteen putkimateriaalin tarpeen ja tilasin vaadittavan määrän aiemmin määriteltä putkea. Rungon mittojen määrittely antoi myös mahdollisuuden tarkentaa hyllytasojen mittoja. Aiemmin valitut putkikiinnikkeet määrittivät oikean leveyden yhdessä rungon mittojen kanssa. Putkikiinnikkeiden valmistajalta oli saatavilla tarkat piirustukset kiinnikkeiden mitoista, joten niiden avulla pystyin piirtämään mallit ja laskemaan vaadittavat mitat hyllyjen kantiputkelle. Kun kokonaisuusmateriaalitarve oli selvillä, tilasin suorakulmaiset kantiputket yhdessä pyöröprofiilisten putkien kanssa.

Putket saapuivat 6 metrin pituisina pätkinä, joten ne piti itse leikata oikeaan mittaan. Sahaus hoitui helposti, sillä Palodexilla on oma koneistamo, josta löytyy kattava valikoima työkaluja ja laitteita metallin työstöön. Sahasin putket määrämittaansa vannesahalla hyödyntäen mittajigä, jotta kaikki kappaleet tulivat yhtä pitkiksi ja sahaustyö sujui nopeasti. Sahausten jälkeen putket vielä pestiin, jotta säilytysrasva ja muu lika lähti irti, jolloin putkia oli mukavampi käsitellä.



Kuva 9. Putkien sahausta vannesahalla.

Kun kaikki putket oli sahattu, ryhdyin valmistelemaan niitä asennusta varten. Päädyin teettämään syvennykset rungon alaosan pyöröputkiin, jotta ne asettuisivat paremmin yhteen samanmuotoisten, mutta kohtisuoraan tulevien pystyputkien kanssa. Näiden 5 mm:n syvennysten ansiosta putket olivat helpompi hitsata yhteen, ja rungon muoto säilyi suorana. Samalla teetin riittävän määrän reikiä rungon pohjalevyn kiinnitystä varten. Hyllyjä varten hankittuihin kanttiputkiin porasin muutaman reiän varmuuden vuoksi, sillä myöhemmin yhtenäiseksi kehykseksi hitsattuna niiden työstäminen olisi ollut hankalaa.

Tarvittavien sahaus- ja poraustöiden jälkeen runkoa ryhdyttiin kasaamaan. Työt aloitettiin hitsaamalla runko yhtenäiseksi MIG-hitsauslaitteella. Työvaiheessa kriittistä oli liitosten suoruuden säilyttäminen, jotta valmis kärry olisi vakaa ja suunnitellun kaltaiset hyllyt mahtuisivat kiinni. Työvaiheessa päädyin käyttämään ammattihitsaajan apua, jotta jälki olisi parasta mahdollista. Työvaihe onnistui hyvin ja lopputuloksena syntynyt runkorakenne on nähtävissä kuvassa 10.



Kuva 10. Kärryn runko hitsattuna ja valmiina.

Seuraavaksi porattiin vaneriseen pohjalevyyn reiät runkoon kiinnitystä ja pyörien asennusta varten. Kun runko pohjalevyineen oli todettu toimivaksi ja mitoitukseltaan haluttunlaiseksi, hitsattiin toinen identtinen runko kasaan ja valmisteltiin myös toinen pohjalevy. Pyörilläään kulkevia runkoja oli nyt mahdollista testata mittasuhteiden valossa ja varmistaa runkojen suoruus, sekä pyörien kiinnityksen yhdenmukaisuus. Alin hylly toteutettiin kuulakiskojen ja vanerin avulla. Sopivan mittaiset kuulakiskot löytyivät sattumalta valmiiksi, joten niihin asennettiin vain kiinnikkeet kulmarauodoista. Kiinnikkeiden asentamista varten täytyi porata muutama reikä kiskoihin, mutta muutoin asennus sujui suoraviivaisesti. Kuulakiskojen mukana toimitettiin kiinnike, joka tarvitsi vain ruuvata vanerilevyn molemmille sivuille. Kiinnikkeet asettuivat kiskoihin ja lopuksi kiskot täytyi vain ruuvata kiinni kärryn pohjalevyyn. Ulospäin liukuva hylly toimi moitteettomasti, joten valmistin toisen kopion samalla tapaa.



Kuva 11. Runkorakenne pohjalevyn päälle asennettuna.



Runkojen ollessa kasassa aloin tekemään hyllyjen runkoja. Tarvittavien putkikiinnikkeiden saavuttua varmistin vielä niiden mittojen olevan yhteneviä piirustuksissa esitettyihin. Tämän jälkeen saahasin kanttiputket oikeaan mittaan ja pesetin niistä likajäämät pois. Porasin vielä varmuuden vuoksi muutaman pienen reiän putkien lyhyemmälle sivulle, mahdollisia kiinnitystarpeita varten. Hitsautin ensin yhden hyllyrungon heftisaumalla kiinni ja sovitin sitä kärryn runkoon ennen lopullista kiinnitystä. Näin varmistin mitat oikeanlaisiksi myös reaali maailmassa. Loput hyllyrungot hitsattiin kasaan ja putkikiinnikkeiden aluslevyt kiinnitettiin. Kanttiputket olivat helppo hitsata suoraan pöydän päällä, kuten nähdään kuvassa 12.



Kuva 12. Hyllyrunkojen valmistelua hitsaamossa.

Polykarbonaattisia hyllylevyjä tukemaan hitsattiin runkoihin rautalattavahvikkeet. Rautalattoihin porattiin reiät päihin, jotta hyllylevy voitiin kiinnittää siihen vetoniiteillä. Lattojen asennussyvyys valittiin niin, että hyllyrungon kanttiputken yläreuna jäi korkeammalle kuin hyllylevyn pinta. Tällöin kuljetettavat materiaalit eivät putoa kärryistä. Ylimpään hyllyyn hitsattiin myös muutama tappi päihin, jotta kahdelle kookkaalle materiaalille olisi kuljetuspaikat. Tämä kuljetustapa oli todettu toimivaksi jo nykyisissä kärryissä, joten en lähtenyt sitä muuttamaan.

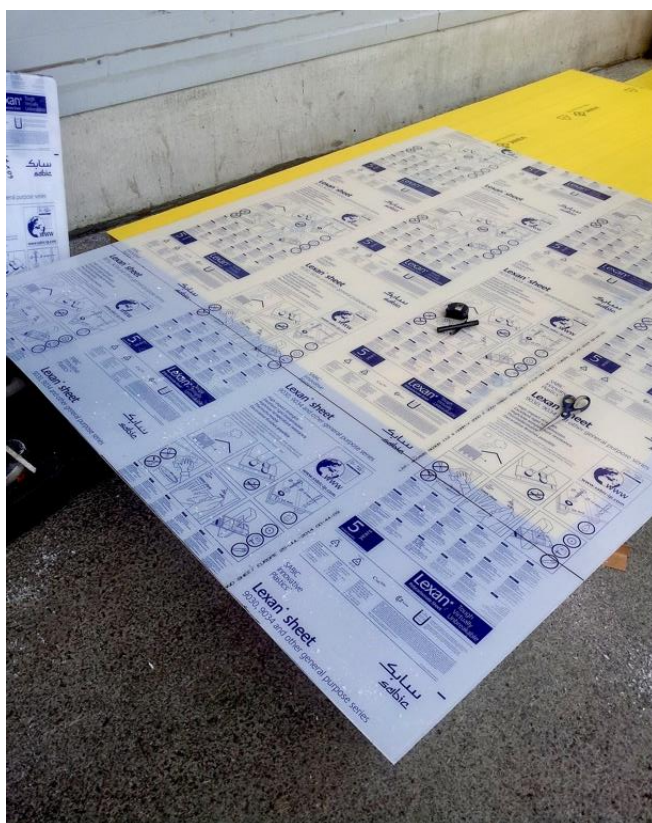
Yksi haastava toimi oli rakentaa kiikkurakenne kahdelle kääntyvälle pyörälle, jotta kärry saataisiin helposti ja nopeasti säädettyä joko keräilytilanteeseen tai kuljetukseen. Ratkaisussa päädyttiin käyttämään hyödyksi valmiita materiaaleja, joita muokkaamalla tehtiin sopivat kiinnikkeet kärryn runkoon. Näitä valmiita pikakiinnitteisiä putkikiinnikkeitä käytettiin myös ensimmäisen testirungon rakentamiseen. Kiinnikkeet oli tarkoitettu 28 millimetrin halkaisijalla olevalle putkelle, joten niitä jouduttiin kaventamaan leikkaamalla ja hiomalla 25 millimetriselle kärryrungolle sopiviksi. Kiinnikkeet hitsattiin yhteen kanttiputken välityksellä, jotta rakenne olisi tukeva ja yhtenäinen toiminnaltaan. Huonekalupyörien kiinnitystä varten oli olemassa valmiit kiinnikkeet, jotka hitsattiin kiinni. Pyörät saatiin kiinnitettyä näihin mutterin kaltaisiin kiinnikkeisiin yhden pultin avulla. Jotta putkikiinnikkeet pyörisivät pienellä kitkalla runkoputken ympärillä, asennettiin niiden sisään pienet palat nylon-muovia toimimaan liukulaakerin tavoin. Kiinnikkeet jätettiin puoliavoimiksi, jotta liukupalojen vaihto onnistuu niiden kuluttua loppuun, ja jotta liukulaakerien kireyttä voitiin säätää pulttia kiristämällä. Monimutkaiselta kuulostava rakenne on nähtävillä kuvassa 13, jotta se olisi helpommin ymmärrettävissä. Rakenteen toimivuuden varmistuttua siihen kiinnitettiin vielä työntöaisa, jotta käyttö jalalla olisi sujuvampaa. Sen lisäksi porattiin reikä keskelle tukiputkea lukitusmekanismia varten.



Kuva 13. Kiikkurakenne pyörien vaihtamista varten.

Kiikun lukitusta varten sorvautin 10 mm:n kierretangosta kaksi millimetriä pois 100 mm:n matkalta. Tällöin saatiin tappi, joka lukitsi kiikun kärryn runkoon pyörien ollessa kohti lattiaa. Kärryn runkoon hitsattiin vielä pysäytinpalat, jotka rajoittivat kiikun liikkeen työnnettäessä sitä alaspäin, jotta kiikku ei taituisi kärryn alle ja lukitustappi osuisi helposti kohdilleen. Lukitustappi viimeisteltiin tekemällä sen päähän kahva ja asettamalla magneetti kahvan päälle, jotta tappi pysyisi ylhäällä kun sitä ei tarvita.

Rakenteiden valmistuttua sain käsiini polykarbonattilevyn. Kolme metriä pitkä ja kaksi metriä leveä levy oli hankala liikutella, joten leikkasin sitä pienemmäksi ulkona. Leikkaus sujui erinomaisesti akkukäyttöisellä sirkkelillä ja leikkausjäljestä tuli erittäin siisti. Leikkausoperaatio on nähtävissä kuvassa 14. Leikkaamisen jälkeen hioin kulmia hieinan pyöreämmiksi nauhahiomakoneella, jotta hyllyrunkojen hitsausseamat eivät rajoittaisi levyn asettumista paikoilleen. Ylimmän hyllyn levyt vaativat myös pienemmät lisäpalat, jotta sisäkkäin liukuva hyllyrakenne saatiin toteutettua. Lisäsin liukuvaan levyyn myös kanttipalan kahvaksi, jotta hyllyä olisi helppo liu'uttaa.



Kuva 14. Hyllylevyjien leikkaamista polykarbonattilevystä.

Viimeisimpiä vaiheita rakentamisessa oli maalaaminen. Päätin maalata vain hyllyrungot, sillä kärryn rungossa maali ei olisi tullut kestäväksi kovin hyvin hyllyjä liikuteltaessa. Runkojen puhdistamisen jälkeen maalasin ne vaalealla pohjavärillä muutamaan kertaan, jotta pintaväri tarttuisi paremmin ja maalipinnasta tulisi paksumpi ja kestävämpi. Pohjamaalin kuivuttua maalasin lopullisen tummemman pintavärin. Maalasin kappaleet akryylipohjaisella spraymaalilla, jota oli helppo levittää.



Kuva 15. Hyllyrunkojen maalausta.

Viimeisin vaihe kärryjen rakentamisessa oli lopullinen kasaaminen. Kiristin rungon pohjalevyyn ja asensin alimman liukuhyllyn paikoilleen. Niittasin hyllylevyt hyllyrunkoihin popniiteillä, kiinnittäen ne kulmista. Putkikiinnikkeet asentuivat sulavasti hyllyrunkoihin, omiin kiinnikkeisiinsä, jolloin hyllyt olivat helppo pujottaa paikalleen yläkautta. Mittasin etäisyydet pohjalevyyn nähden jokaisesta kulmasta, jotta hyllyt tulivat suoraan ja tilaa jäi riittävästi. Putkikiinnikkeiden ja kärryn rungon yhteensopivuus takasi sujuvan ja helpon asennuksen.



Kuva 16. Vaahtomuovin muokkausta.

Lopullinen viimeistely sisälsi suojamateriaalien asennuksen. Leikkasin tarvittavat palaset vaahtomuovilevystä ja liimasin ne kärryyn kuumaliimalla. Vaahtomuovin lisäksi lisäsin teippiä tappien päälle, jotta ne eivät naarmuttaisi pulverimaalattuja komponentteja. Vaahtomuovipalojen hienosäätö onnistui hyvin ohuen mattoveitsen avulla, jotta istuvuus saatiin täydelliseksi. Suojamateriaalin asennuksessa yritettiin huomioida kaikki mahdolliset kontaktit metallipintojen välillä. Kuljetettavien materiaalien tulee säilyä täydellisinä ja käyttäjän virheitä tulee pyrkiä ehkäisemään.



Kuva 17. Protokärry valmiina ja viimeisteltynä, naru kiikun laskemista varten näkyy kuvassa vasemmalla.

Viimeistelyvaiheessa kiikkurakenteeseen lisättiin naru, jolla kiikun saa vedettyä alas (kuva 17). Tämän lisäksi lukitustapin päähän liimattiin magneetti, jolloin se pysyy paikallaan hyllyn reunassa, kun kiikku on ylhäällä.

### 6.3 Prototyypin ominaisuudet

Protokärryn tärkeimmät ominaisuudet liittyvät sen liikkuvuuteen ja muokattavuuteen. Tavoitteena oli luoda toimintaympäristöä tukeva ratkaisu, joka muokkautuu vaihtelevien kuljetustarpeiden mukaan niin, että kärryn pinta-ala ja tilavuus saadaan hyödynnettyä aina mahdollisimman tehokkaasti. Toisena tavoitteena oli mahdollisimman sulavan liikkumiskyvyn säilyttäminen. Vertailu vanhaan kärryyn fyysisesti on nähtävissä taulukossa 5, jossa keskeisiä mittoja on esitelty. Huomattavaa mittoissa on käyttöpinta-alan säilyttäminen lähellä vanhaa, mutta samalla kokonaispituutta on saatu vähennettyä huomattavasti. Hukkatilavuus on saatu hyödynnettyä paremmin, jolloin tilan käyttö on tehokkaampaa ja fyysisiä mittoja on voitu kutistaa. Lopputulosta voidaan pitää erittäin onnistuneena.

Taulukko 5. Protokärryn ja vanhan kärryn vertailua.

	<b>Protokärry</b>	<b>Vanha kärry</b>
<b>Paino</b>	47 kg	51 kg
<b>Käyttöpinta-ala</b>	20710 $cm^2$	21200 $cm^2$
<b>Kääntösäde</b>	105 cm	148 cm
<b>Max. Leveys (ilman kuormaa)</b>	87 cm	131 cm
<b>Korkein kohta lattiasta mitattuna.</b>	138 cm	150 cm

Keskeisessä asemassa toiminnassa on pyörärakenne, joka mahdollistaa kärryn vaakan liikkumisen kuljetusvaiheessa, kun materiaaleja siirretään tuotantolinjalle hyvin suoraviivaista reittiä, mutta myös yhtäläillä ketterän kulun marketin hyllyjen välissä. Tämä toteutettiin lisäpyörillä, joiden avulla toisen pään pyörät saa vaihdettua kiinteistä vapaasti kääntyviksi. Kuvassa 18 on nähtävissä kiikkurakenne ja siihen liittyvä lukitusmekanismi.



Kuva 18. Kiikkurakenne kuljetus- ja toiminta-asennossa.

Ergonomian kannalta tärkeä parannus on alahyllyn liukuva mekanismi. Kuvassa 19 näkyvä alin hylly saadaan liu'utettua lähelle, jolloin selkää kuormittava eteenpäin kurot-  
tautuminen vähenee, kun nostokohta saadaan pidettyä mahdollisimman lähellä varta-  
loa. Hylly on helppo vetää esiin ja työntää kasaan jalkaterällä. Kisko lukittuu työnnettä-  
essä kasaan, jolloin sen turhasta aukeamisesta ei ole pelkoa.



Kuva 19. Liukuva alahylly.



Mahdollisimman tehokkaan tilankäytön takia ylimmäiselle hyllylle rakennettiin liukuva kansi. Tappien varassa kuljetettava materiaali saatiin näin piilotettua kärryn sisään, jolloin kokonaisleveys pysyi halutuissa rajoissa. Tätä kyseistä materiaalia ei ole tarpeen kuljettaa jokainen kerta, joten sen varaama tila saatiin otettua takaisin liukukannen avulla, joka peittää kuljetustapit ja muuttaa ylähyllyn yhdeksi kokonaisuudeksi laajentamien pinta-alaa.



Kuva 20. Ylähylly liukuu yhtenäiseksi pinnaksi vasemmalla nähtävien tappien päälle. Musta L-muotoinen lista toimii vetokahvana.

Eräs materiaalinimike kerätään erilliselle suurikokoiselle levyille, joten sille päätettiin rakentaa oma hylly, joka näkyy kuvassa 21. L-muotoiset kannakkeet kannattelevat levyä, joka itsessään toimii kantavana rakenteena materiaaleille. Tällöin hylly ei varaa tilaa ollessaan käyttämättä, ja muut materiaalit mahtuvat paremmin alapuoliselle hyllylle.



Kuva 21. Erikoishylly, jonka rakenne on avoin.

Erilaisia kuljetustarpeita varten tehtiin myös koukkuja (kuva 22), joihin tiettyjä materiaaleja voidaan ripustaa. Kärryn päätyyn sijoittuvat tapit ovat kiinteitä, mutta pienempi messinkinen koukku ja teräksestä tehty naulakko ovat siirrettävissä haluttuun kulmaan ja kiinnittyvät kärryn runkoputken sisälle. Materiaalien vahingoittumista ehkäisevät vaahtomuovipehmusteet kriittisissä paikoissa.



Kuva 22. Kärryyn liitettäviä koukkuja helpottamaan erikoisten materiaalien kuljetusta.

Muut kaksi hyllyä noudattavat normaalin hyllyn mallia, jotka ovat tasapohjaisia ja pohjaltaan kiinteitä. Kaikkia kolme ylintä hyllyä pystytään säätämään korkeussuunnassa hyvinkin nopeasti, sillä putkikiinnikkeet ovat ulkoapäin kiristettävissä 10 mm:n kuusio-kanta-avaimella.

Keskeinen teema kärryprojektissa oli myös läpinäkyvyys, jotta kaikki toiminnot olisivat helposti hahmotettavissa ja kärryn pinta-ala paremmin nähtävillä. Läpinäkyvyys edesauttaa alimpien hyllyjen sisällön havaitsemista ja luo myös kärrystä kevyemmän näköisen.



Kuva 23. Protokärryn neljä hyllytasoa tukevat omilla ominaisuuksillaan monimuotoisten materiaalien kuljetusta.

Kärryn ulkonäköä voidaan pitää myös onnistuneena (kuva 23). Rakenteet ovat niin kestävä, että käyttöikä pitäisi olla kohtuullinen. Mahdollisen rikkoontumisen sattuessa osa pystytään irrottamaan pienellä vaivalla, jolloin korjaus on helpompaa. Kärry on siis huollettavissa kauttaaltaan, eikä kiinteitä rakenteita ole liiaksi tiellä.

#### 6.4 Testaus

Testaus suoritettiin ottamalla kärryt työkäyttöön välittömästi niiden valmistuttua. Alussa pidettiin lyhyt opastus työntekijöille kärryjen ominaisuuksien esittelyä varten, jotta käyttö sujuisi ongelmitta ja kärryjen koko potentiaali saataisiin hyödynnettyä. Työntekijät

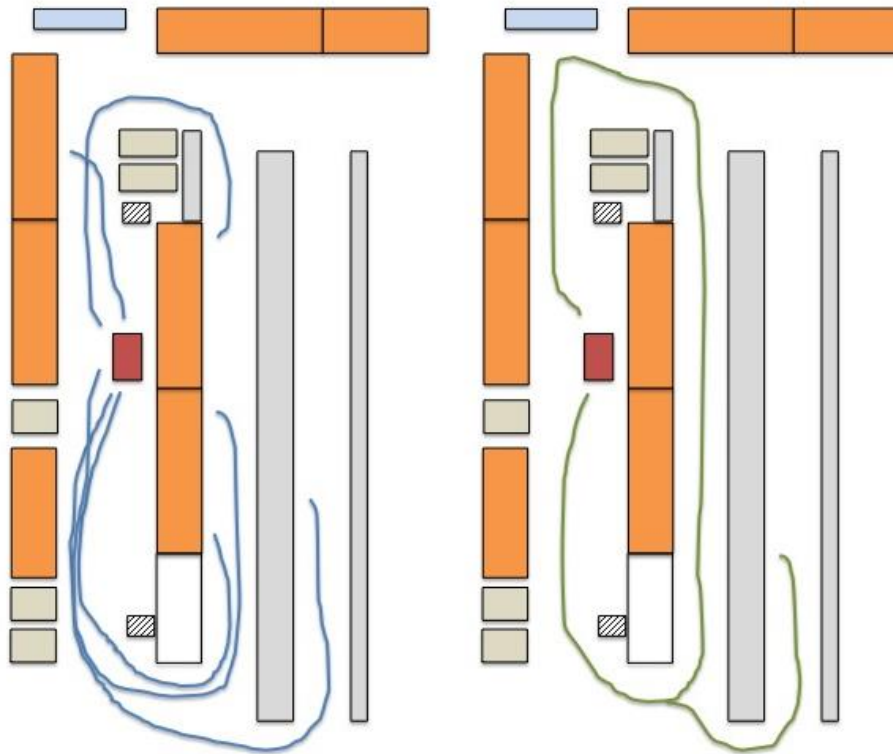
suhtautuivat uusiin kääryihin positiivisesti mielenkiinnolla ja toivoivat niiden helpottavan työntekoa.

Aluksi testattiin myös vain yhtä kääryä, jotta mahdolliset mekaaniset heikkoudet tulisivat esille nopeasti ja toista kääryä ehdittäisiin muokkaamaan tarvittaessa paremmaksi samaan aikaan. Melko varhaisessa vaiheessa testiä osoittautui, että kiikun lukitustappi oli liian heikko kannatellakseen täyteen lastatun kääryn painoa. Tappi vääntyi, jolloin lukitusmekanismi jumittui. Rakennetta vahvistettiin tekemällä uusi lukitustappi kovemmasta teräslaadusta ja kasvatettiin samalla tapin halkaisijaa. Tämän korjauksen jälkeen käytöstestaus sujui hyvin.

Kääry sai paljon positiivista palautetta hyvästä liikkuvuudestaan, jota pidettiin tärkeänä parannuksena vanhaan. Protokääry osoitti pitävänsä hyvin suuntansa kuljettaessa materiaaleja tuotantolinjalle, vaikka lattiapinta on paikoin kalteva. Kääryä ei tarvinnut ohjailta jatkuvasti, joten kuljetus oli sujuvaa ja turvallista. Työntekijöiden kommentaareista päätellen tämä vähensi välittömästi selän raskuutta.

Toinen asia, joka sai kiitosta, oli hyllyjen läpinäkyvyys, mikä helpotti materiaalien havaitsemista jakotilanteessa linjalla. Aikaisemmin alahyllyille unohtui helposti jaettavaa materiaalia, jolloin jouduttiin palaamaan takaisin. Kääryjen ollessa myös matalammat, on eteenpäin helpompi nähdä. Tämän ansiosta kuljetustilanne sujui suoraviivaisemmin, koska esteet käytävällä ehti havaita aiemmin.

Polykarbonaattilevy mahdollisti myös hyllytason käyttämisen piirtoalustana huopatussille. Tämä ominaisuus osoittautuikin hyödylliseksi, sillä muistilapuista voitiin luopua. Aina silloin tällöin tuotantolinjalta voi tulla toiveita tai reklamoitavaa materiaalien suhteen, joten muistivihkolla on käyttöä aika ajoin. Hyllytasolle oli helppo kirjoittaa ja yhtäläillä pyyhkiä vanhat muistiinpanot pois.



Kuva 24. Liikkuminen marketissa yhden keräilyjakson aikana. Vasen kuva vanhoilla kärryillä ja oikea uusilla. Punainen suorakulmio kuvastaa kärryä.

Kuvassa 24 on nähtävissä hyvin protokärryn vaikutus liikkumiseen marketissa. Aiemmin edestakaista liikettä kärryiltä pois ja sen luo tuli keskimäärin viisi kertaa yhden keräilykierroksen aikana. Syynä tähän oli huonosti ympäristöön sopiva kärry, joka ei mahtunut kunnolla hyllyjen väliin. Uudella protokärryllä päästiin tilanteeseen, jossa kärryn kanssa voidaan suorittaa yksi kierros ja kerätä kaikki materiaalit suoraan samaan kärryyn. Tämä vähentää selvästi askeleiden määrää, mikä kertyy päivän aikana.

## 8 Kehitysideat

Kärryä suunniteltaessa oli tiedossa jatkumo tämänkin projektin jatkekehityksen osalta. Palodex jakaa Leanin mukaisen näkemyksen jatkuvasta parantamisesta kaikissa toimissa, joten kehitysmahdollisuuksien miettiminen on tärkeää. Materiaalien siirtelyyn liittyen on jo käynnissä toinen projekti, johon tämän protokärryn tuloksia voidaan hyödyntää. Tuotantolinjojen ja niitä tukevan hypermarketin toimintoja pyritään saattamaan entistä samankaltaisempaan suuntaan, riippumatta erilaisista materiaalitaipeista. Tämä yhdelle minitehtaalle suunniteltu protokärry voi siis toimia hyvänä alustana myös muille linjoille, kunhan niiden erikoistarpeet huomioidaan ja tehdään tarvittavat muutokset.

Kärryn runkoratkaisu osoittautui testeissä toimivaksi, joten ei ole syytä epäillä, miksei se toimisi myös toisessa samankaltaisessa ympäristössä. Hyllynkiinnikkeiden ansiosta esimerkiksi useampien hyllyjen kiinnittäminen on mahdollista, ja korkeuden säätö on portaaton. Pelkästään jo hyllyjen uudelleen säädöllä saadaan kärryä muokattua erilaisille materiaaleille sopivaksi. Tarvittaessa voidaan toteuttaa ratkaisuja, joissa hyllynrunkoa muokataan muuntuvaksi tai siihen tehdään pysyviä kiinnikkeitä, kuten protokärryn ylimmälle hyllylle tehtiin (kuva 20). Tällaisilla kohdennetuilla muutoksilla taataan kärryn optimaalinen toimivuus omassa ympäristössään.

Kärryn runkoputkien päitä hyödyntämällä voidaan toteuttaa irrotettavia lisäkiinnikkeitä. Tätä protokärryä varten tehtiin pari erilaista kiinnikekoukkuja, joiden avulla irtomateriaalit saadaan kuljetettua ja hyllytilaa vapautettua laatikoille ja alustoille (kuva 22). Vastavälisellä mallilla voidaan lisätä erilaisia koukkuja ja lisäkiinnikkeitä vaatimuksien mukaan. Jotta näistä nopeasti kiinnitettävistä koukuista saataisiin täysi hyöty irti, tulisi samanlainen järjestelmä toteuttaa myös tuotantolinjan päässä. Tällöin jo kertaalleen aseteltu materiaali saataisiin siirrettyä paikalleen yhdellä kertaa. Irtokiinnike toimisi tilaus-signaalina alustojen ja laatikoiden tapaan.

Tulevaisuuden kehitysmahdollisuuksiin lukeutuu myös kärriä kytkeminen junaksi ja yhtäaikainen kuljettaminen tuotantolinjalle. Tätä silmällä pitäen kokeilin protokärriä sopivuutta yhtäaikaiseen liikkumiseen (kuva 25). Hyödyntämällä esimerkiksi runkoon tehtyä reikää, jonka avulla lisäpyörät saadaan lukittua, voidaan kaksi kärryä kytkeä yhteen aisalla. Lukituksena voidaan käyttää esimerkiksi nykyistä tappia tai rakentaa erillinen koukku aisan kiinnitystä varten. Kärriä ollessa vapaasti kääntyviä etuosastaan ne kääntyvät suhteellisen helposti, kun taas kiinteät takapyörät tekevät kulkemi-

sesta vakaampaa. Kärryjen neliön mallinen pohja takaa sen, että kääntösäde pysyy kohtuullisena verrattuna pidempiin kärryihin samanlaisella akseloinnilla. Tällöin liikuttelu tuotantolinjojen ja hypermarketin välillä pitäisi olla ongelmattonta.



Kuva 25. Protokärryt kytkettynä yhteen aisan avulla.

Kärryjen yhteen kytkemiseksi tarvitaan aisa. Ratkaisuun parhaan mallinen aisa on rekkojen täysperävaunuista tuttu kolmion mallinen aisa. Tämä aisa estää seuraavan kärryn vaeltelun sivusuunnassa, tukien sitä kahdesta pisteestä. Vastaavasti vetävän vauunun nivelpiste mahdollistaa kärryjen kääntymisen. Testattaessa tällainen ratkaisu osoitautui kehityskelpoiseksi, eivätkä protokärryt sulje pois idean hyödyntämistä jatkokehityksessä tulevaisuudessa.

Mikäli kärryjen muuntuva pyöräratkaisu osoittautuu toimivaksi ja hyödylliseksi myös pidemmällä aikajaksolla, voidaan sen päivittämistä automaattisempaan järjestelmään harkita jatkokehityksessä. Markkinoilta löytyy valmiita ratkaisuja esimerkiksi sairaaläsängyistä, joissa pyöräparin kääntymistä voidaan ohjata sähköisellä lukolla. Tämä järjestelmä voitaisiin sulauttaa yhtäläillä myös kärryyn. Tällöin päästäisiin eroon lisä-

pyöristä ja kiikkurakenteesta, joka osaltaan tekisi tilaa kärryjen yhteen kytkemiselle ja nopeuttaisi kärryjen muuntamista keräilystä kuljetukseen.

Ergonomian kannalta kärryyn kytkeytyviä kehityskohteita ovat marketin hyllypaikat ja materiaalien säilytyslaatikot. Suurempien materiaalien keräilyä voisi helpottaa asettamalla keräiltävät nimikkeet aina ihanne korkeudelle, jotta turhaa kyykistelyä, kurkotte-  
lua tai kumartelua ei tulisi. Tämä voitaisiin toteuttaa nousevilla hyllytasoilla tai lavoilla, jolloin laatikonpohjat saataisiin nostettua tarpeeksi ylös.



## 9 Lopputulokset

Kokonaisuudessaan protokärri onnistui tavoitteissaan hyvin. Kärrystä onnistuttiin rakentamaan suunnitellun kaltainen ja pahimmilta epäonnistumisilta vältyttiin. Suurin ongelma keräilyn sujuvuudessa onnistuttiin ratkaisemaan, sillä protokärri mahtui hyllyjen väliin huomattavasti vanhaa kärriä paremmin, jolloin ylimääräistä liikkumista saatiin vähennettyä. Rakenteellisesti kärri tukee työympäristönsä tarpeita, sillä siitä löytyy erikoisominaisuuksia, jotka auttavat esimerkiksi tiettyjen materiaalinimikkeiden kuljetuksessa ja keräilyssä. Voidaan sanoa, että protokärri on selkeä edistysaskel materiaalien siirtelyssä, joten se täyttää jatkuvan parantamisen kriteerit.

Ergonomisesti kärri on myös askel parempaan suuntaan, sillä suuri kuormittavuusongelma kuljetusvaiheessa pystyttiin poistamaan. Protokärrien ratkaisun ansiosta kärri pitää suuntansa hyvin liikuteltaessa, eikä vaadi kuljettajalta jatkuvia korjausliikkeitä, jotka kuormittavat selkää ja jalkoja. Hyvin laakeroidut ja pitävät pyörät auttavat myös liikkeelle lähtöä, kun kitkavoima pienenee. Työntekijöiltä saadun palautteen mukaan protokärri oli huomattavasti miellyttävämpi liikutella verrattuna vanhaan kärriin, joten se tukee myös teknistä perustelua. Hyväksi koettu työväline lisää myös työn miellyttävyyttä.

Työtehokkuuden parantumista on hankala arvioida lyhyellä seurannalla, mutta jo nyt on selvästi havaittavissa potentiaalia silläkin osa-alueella. Tehokkuuden parantaminen vaatii protokärrien ominaisuuksien hyödyntämistä, joka voi vaatia totuttelua. Kunhan kärrien käyttö tulee tutuksi ja sujuvaksi, on työntekijällä kaikki mahdollisuudet pystyä työskentelemään tehokkaammin.

Lopuksi voidaan todeta, että mikäli kärrien ominaisuuksia ja vahvuuksia halutaan hyödyntää täysimääräisesti, täytyy toimintatapoja ja tottumuksia muokata toisenlaisiksi. Kärri ei vielä tee työtä itsekseen, joten aika näyttää kuinka paljon se työskentelyä sujuvoittaa ja helpottaa. Tämän projektin tuottavuus riippuu osaltaan työntekijöiden suorituksesta, ja niistä asenteista kuinka hyvin uusi työkalu osataan tai halutaan hyödyntää. Ergonomian parantumisen ansiosta ratkaisulla voidaan nähdä olevan tuottavuutta pitkällä aikavälillä, mikäli työsuoriteperäiset sairaudet ja sairauspoissaolot vähenevät.

## Lähteet

- 1 Vientiyrityksen varaston hallinta täysin uudelle tasolle. Verkkosivut. <<http://www.finn-id.fi/case/palodex-group-oy-vientiyrityksen-varastonhallinta-taysin-uudelle-tasolle>>. Luettu 13.1.2015.
- 2 Yrityshaku. Kauppalehti. Verkkosivut. <<http://www.kauppalehti.fi/yritykset/yritys/palodex+group+oy/19774137>>. Luettu 14.1.2015.
- 3 Palodex Group Oy. Verkkosivut. <<http://www.palodexgroup.com/en/>> . Luettu 3.4.2015.
- 4 Palodex Group Oy. Verkkosivut. <[http://www.palodexgroup.com/Products.asp?document\\_id=12&cat\\_id=2](http://www.palodexgroup.com/Products.asp?document_id=12&cat_id=2)>. Luettu 14.1.2015.
- 5 Viikman, Lari. 2012. Suomalaisen terveysteknologian merkittävien innovaatioyritysten pitkän aikavälin menestystekijät. Kauppakorkeakoulu, Aalto yliopisto. Verkkodokumentti. <[http://epub.lib.aalto.fi/en/ethesis/pdf/12860/hse\\_ethesis\\_12860.pdf](http://epub.lib.aalto.fi/en/ethesis/pdf/12860/hse_ethesis_12860.pdf)>. Luettu 14.1.2015.
- 6 Danaher Corporation. Verkkosivut. <<http://www.danaher.com/our-businesses/business-directory>>. Luettu 9.2.2015.
- 7 Eaton, Mark. 2013. The Lean practitioner's handbook. Kogan Page Ltd.
- 8 Tuominen, Kari. 2010. Lean kohti täydellisyyttä, mitä Toyota ja lean -yritykset tekevät eri tavalla kuin muut. Readme.fi. 1. Painos
- 9 Kouri, Ilkka. 2010. Lean taskukirja. Teknologia teollisuus.
- 10 ISO 6385. Ergonomian standardi. <[http://www.sfs.fi/files/61/Ergonomian\\_standardit\\_2013\\_LR.pdf](http://www.sfs.fi/files/61/Ergonomian_standardit_2013_LR.pdf)>. Luettu 10.3.2015.
- 11 Launis, Martti. Lehtelä, Jouni. 2011. Ergonomia. Työterveyslaitos.
- 12 Mitä ergonomia on? 2014. Työterveyslaitos. Verkkosivut. <[http://www.ttl.fi/fi/ergonomia/mita\\_ergonomia\\_on/sivut/default.aspx](http://www.ttl.fi/fi/ergonomia/mita_ergonomia_on/sivut/default.aspx)>. Luettu 20.2.2015.

- 13 Työturvallisuuslaki 738/2002. Verkkodokumentti. <<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738#a738-2002>>. Luettu 3.3.2015.
- 14 Valtioneuvoston päätös käsin tehtävistä nostoista ja siirroista työssä. 1409/1993. Verkkodokumentti. <<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1993/19931409>>. Luettu 24.2.2015.
- 15 Työn fyysisiä kuormitustekijöitä. 2014. Työterveyslaitos. Verkkodokumentti. <[http://www.ttl.fi/fi/ergonomia/tyon\\_fyysisia\\_kuormitustekijoita/nostoty/nostotilanteen\\_arviointi/sivut/default.aspx](http://www.ttl.fi/fi/ergonomia/tyon_fyysisia_kuormitustekijoita/nostoty/nostotilanteen_arviointi/sivut/default.aspx)>. Luettu 24.2.2015.
- 16 Väyrynen, S. Nevala, N. Päivinen, M. 2004. Ergonomia ja käytettävyys suunnittelussa. Teknologia teollisuus.
- 17 Kantolahti, T. Tikander, T. Puheenvuoroja työn kuormittavuudesta. 2010. Sosiaali- ja terveysministeriö. Verkkodokumentti. <[http://www.stm.fi/c/document\\_library/get\\_file?folderId=1082856&name=DLFE-13209.pdf](http://www.stm.fi/c/document_library/get_file?folderId=1082856&name=DLFE-13209.pdf)>. Luettu 2.3.2015.
- 18 Lindström K, Elo A-L, Hopsu L, Kandolin I, Ketola R, Lehtelä J, Leppänen A, Mukkala K, Rasa P-L & Sallinen M. 2005. Työkuormituksen arviointimenetelmä TIKKA. Työterveyslaitos. Luettu 2.3.2015.
- 19 Fyysinen toimintakyky ja kuormittuminen. 2014. Työterveyslaitos. Verkkodokumentti. <[http://www.ttl.fi/fi/tyohyvinvointi/liikuntaelimet\\_terveys/fyysinen\\_toimintakyk/sivut/default.aspx](http://www.ttl.fi/fi/tyohyvinvointi/liikuntaelimet_terveys/fyysinen_toimintakyk/sivut/default.aspx)>. Luettu 2.3.2015.
- 20 Energeettisen kuormittumisen arviointi työssä. Terveyden ja hyvinvoinnin laitos. Verkkodokumentti. <<http://www.thl.fi/toimia/tietokanta/mittariversio/78/>>. Luettu 2.3.2015.
- 21 Työhyvinvointi kannattaa myös taloudellisesti. Työterveyslaitos. Verkkodokumentti. <<http://www.ttl.fi/fi/tyohyvinvointi/tuottavuus/sivut/default.aspx>>. Luettu 11.3.2015.
- 22 SFS-EN ISO 12100 -1. Koneturvallisuus standardi.
- 23 Kuutti, Wille. 2003. Käytettävyys, suunnittelu ja arviointi. Talentum.
- 24 Pyöreät form 220 ja 370 -ohutseinäputket. Verkkosivut. <<http://www.ruukki.fi/Teras/Ohutseinäputket-EN-10305-standardin-mukaan/Pyoreat-ohutseinäputket/Pyoreat-Form-220--ja-370-ohutseinäputket>>. Luettu 26.3.2015.

- 25 Suorakaiteenmuotoiset form 220 ja 370 -ohutseinäputket. Verkkosivut. <<http://www.ruukki.fi/Teras/Ohutseinaputket-EN-10305-standardin-mukaan/Suorakaiteenmuotoiset-ohutseinaputket/Suorakaiteenmuotoiset-Form-220--ja-370-ohutseinaputket>>. Luettu 26.3.2015.
- 26 Stauff. Verkkosivut. <<http://www.stauff.com/index.php?id=3922&L=1>>. Luettu 26.3.2015.
- 27 Lexan solid sheet. Verkkosivut. <<http://sfs.sabic.eu/product/lexan-solid-sheet/>>. Luettu 26.3.2015.
- 28 Wisa-wire. 2014. UPM Global. Verkkosivut. <<http://www.wisaplywood.com/fi/vaneri-ja-viilu/tuotekatalogi/wisa-wire/Pages/default.aspx>>. Luettu 26.3.2015.
- 29 Pyörän valinta. Manner. Verkkosivut. <[http://www.manner.fi/py%C3%B6r%C3%A4n\\_valinta](http://www.manner.fi/py%C3%B6r%C3%A4n_valinta)>. Luettu 26.3.2015.

