

Arto Ruuska

PAKKAUSPROSESSIN AUTOMATISOINTI

Opinnäytetyö

KESKI-POHJANMAAN AMMATTIKORKEAKOULU

Tuotantotalous

Kesäkuu 2010

Yksikkö Ylivieska	Aika Kesäkuu 2010	Tekijä/tekijät Arto Ruuska
Koulutusohjelma Tuotantotalous		
Työn nimi Pakkausprosessin automatisointi		
Työn ohjaaja DI, lehtori Heikki Salmela		Sivumäärä 38+6
Työelämäohjaaja Kehityspäällikkö, Osmo Laitila		
<p>Tämä insinöörityö tehtiin Tiivituote Oy:n Haapajärven tehtaan pakkaamoon. Pakkaamon toimintaa pyritään rationalisoimaan, sekä lisäksi tarkoituksena on vähentää ikkunalavojen käsittelyssä tarvittavaa ihmistyövoimaa. Työn tavoitteena oli kartoittaa vaihtoehtoja pakkausprosessin automatisoimiseksi.</p> <p>Työssä haettiin ikkunalavojen siirtoon sellaisia automaattisia ratkaisuja, joilla voitaisiin korvata nykyinen sisätiloissa tapahtuva trukkiliikenne. Toinen kehityskohde oli löytää pakkaamoon sellainen pakkauskone, joka pystyisi toimimaan itsenäisesti. Työssä tehtiin myös investointilaskelmia, joilla arvioitiin mahdollisen investoinnin kannattavuutta yritykselle.</p> <p>Lisäksi työssä esitettiin vaihtoehtoja valmiiden kuormalavojen välivaraston toteuttamiseksi. Tarkoituksena oli pitää valmistuneet lavat valmistumisjärjestyksessä, sekä antaa ulkona toimivalle trukille enemmän aikaa hoitaa muita tehtäviä.</p> <p>Kuljetinjärjestelmän, pakkauskoneen sekä välivaraston sijoittamista pohdittiin yhteensä neljän erilaisen layoutpiirroksen pohjalta.</p> <p>Työn aikana pakkaamon toimintaan tai layoutiin ei tehty minkäänlaisia muutoksia. Tämä työ on suunnitelma mahdollisia tulevaisuuden muutoksia silmälläpitäen.</p>		

Asiasanat [Automaatio, kannattavuus, layout, rationalisointi]

CENTRAL OSTROBOTHNIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES	Date June 2010	Author Arto Ruuska
Degree programme Industrial management		
Name of thesis Automating the packaging process		
Instructor Master of engineering, lecturer Heikki Salmela		Pages 38+6
Supervisor Development Manager, Osmo Laitila		
<p>The purpose of this Engineering thesis was to find different options to rationalize and automate the packaging process at the factory of Tiivituote Oy.</p> <p>The objective was to find alternative ways to move and pack windowpallets automatically. The thesis also included some profitability calculations to find out if the investments are worth doing.</p> <p>In addition, it was also studied how temporary storage for ready-made pallets could be arranged. These pallets need automated temporary storage, because they need to stay in their completion order.</p> <p>Carrying out any actual changes concerning operations or layout of the dispatch department was not included in the study. This thesis is just a plan for potential changes in the future.</p>		
Key words [Automation, investment, process, profitability, storage]		

SANASTOA JA KÄSITTEITÄ

Akkumulointi	Vedonpoiston avulla toteutettu varastointi. Esimerkiksi akkumuloiva, eli varastoiva rullakuljetin
Diskonttaus	Menetelmä, jonka avulla voidaan selvittää tulevaisuuden rahasumman arvo
JP	Jatkuva parantaminen
Kta	Keskituntiansio
Layout	Lopputyössä käytetty nimike rakenteellisille pohjapiirroksille
Revaus	Työvaihe, jossa valmiit ikkunat ammutaan paineilmanaulaimella puurimoja apuna käyttäen kiinni kuormalavaan.
Tiivi- yksikkö	Tiivituotteen oma tuotannon mittari, joka pohjautuu yleisesti käytössä olevaan rakpuu- yksikköön. (1 rakpuu- yksikkö on noin 1,21 tiivi-yksikköä)
Uupeloikkuna	Ikkuna josta puuttuu jokin lähteyksen estävä osa, kuten sisäpuite tai sälekaihdin
Uupelolava	Ikkunalava, josta puuttuu joko kokonainen ikkuna tai jokin ikkunan osa

TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
SANASTOA JA KÄSITTEITÄ
SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	1
1.1 Tehtävän kuvaus	1
1.2 Tiivituote OY	1
2 TYÖN LÄHTÖKOHDAT JA TAVOITTEET.....	2
2.1 Pakkausprosessi	2
2.2 Jatkuva parantaminen	4
2.2.1 Jatkuvan parantamisen käyttö Tiivituotteella	5
2.3 Työn tavoite	6
3 AUTOMAATION KEHITYS JA KÄYTTÖ TEOLLISUUDESSA.....	7
3.1 Automaation historia teollisuudessa.....	7
3.2 Kuljettimen historiaa	7
3.3 Kuljettimet nykyään	8
4 RATKAISUMALLEJA IKKUNALAVOJEN SIIRTOON.....	9
4.1 Rullaradat.....	9
4.1.1 Vapaat rullaradat	10
4.1.2 Moottorikäyttöiset rullaradat.....	11
4.2 Kiekkoradat.....	12
4.3 Hihnakuljettimet.....	12
4.4 Ketjukuljettimet	13
4.4.1 Lamellikuljettimet	14
4.5 Vihivaunu	15
5 PAKKAAMINEN.....	17
5.1 Automaattinen pyöriväpöytäinen käärintäkone	18
5.2 Kampikäärintäkone	19
5.3 Käärintärobotti	19
5.4 Kutistekalvopakkaus kone	20
6 LOPPUTUOTTEEN VÄLIVARASTOINTI	21
6.1 Läpivirtaushylly	21
6.2 Rullaradan käyttö fifo- varastona.....	22
6.2.1 Akkumulointi	23
7 INVESTOINNIN KANNATTAVUUS	24
7.1 Investointien kannattavuuteen vaikuttavat tekijät.....	24
7.1.1 Perusinvestointi	24
7.1.2 Investoinnista saatavat nettotulot	25
7.1.3 Investoinnin pitoaika	26
7.1.4 Investoinnin jäännösarvo	26
7.1.5 Laskentakorko	27
7.2 Investointilaskelmat	28
7.2.1 Nykyarvomenetelmä.....	28
7.2.2 Annuiteettimenetelmä.....	28
7.2.3 Sisäisen korkokannan menetelmä	29
7.3 Esimerkkilaskelmat	29
8 RATKAISUMALLIT	32
8.1 Ikkunansiirtomenetelmän valinta	32
8.1.1 Kuljettimien sijoittaminen	33

8.2 Pakkausmenetelmän valinta.....	34
8.3 Välivaraston toteutus.....	36
9 POHDINTA.....	38

LÄHTEET

LIITTEET

1 JOHDANTO

1.1 Tehtävän kuvaus

Tämän insinöörityön tavoitteena on eri vaihtoehtoja vertailemalla löytää toimiva ratkaisu Tiivituote OY:n pakkausprosessin automatisoimiseksi sekä selvittää, onko työvaiheen automatisointi ylipäätään kannattavaa. Perimmäisenä tarkoituksena on vähentää ikkunalavojen käsittelyyn tarvittavaa ihmistyövoimaa, jolloin pidemmällä aikavälillä saavutetaan kustannussäästöjä.

Työn toinen päämäärä on ideoida tehdashallin ulkopuolelle välivarasto noin kahden tunnin tuotantoa varten. Tämä sen takia, koska tällä hetkellä valmiit lavat keraantuvat sekalaiseen järjestykseen oven ulkopuolelle odottamaan seuraavaa kuljetusta loppuvarastoalueelle. Lisäksi ulkona toimivalla trukilla on vastuullaan mm. lähtevän tavarantoiminnan lastaaminen rekkoihin, joten se ei voi kokoajan päivystää valmiita lavoja ulko-oven läheisyydessä.

1.2 Tiivituote OY

Tiivituote OY on Haapajärvinen ikkuna- ja ovitehdas, joka on aloittanut toimintansa kyseisellä paikkakunnalla vuonna 1977. Haapajärven tehdas toimii kahdessa vuorossa ja työllistää 222 henkilöä. Alihankkijoiden ja yhteistyökumppaneiden muodossa Tiivituote Oy tarjoaa työtä usealle sadalle henkilölle. Tuotantotilaa löytyy 8200m² sekä vuosittainen tuotantokapasiteetti on 170 000 Tiivi-yksikköä. Nykyään Tiivituote Oy on osa suurta Pohjoismaista Inwido-konsernia, johon kuuluu yhteensä 68 puurakenteisia ikkunoita ja ovia valmistavaa tehdasta.

Tiivituotteen palvelut koostuvat mittaus- sekä suunnittelupalveluista, yksilöllisestä valmistuksesta sekä asennuksesta. Yrityksen markkina-alue kattaa koko Suomen.

2 TYÖN LÄHTÖKOHDAT JA TAVOITTEET

2.1 Pakkausprosessi

Pakkaamon/ lähettämön henkilöstö koostuu yhteensä neljästä suorittavaa työtä tekevästä työntekijästä. Tehdas toimii kahdessa vuorossa, joten molemmissa vuoroissa heitä on siis kaksi. Ensimmäinen työntekijä on kokoonpanolinjan viimeinen mies, joka asettaa ja kiinnittää ikkunat kuormalavalle. Toinen on pakkaaja, joka käyttää trukkia sekä käärintäkonetta. Näiden miesten lisäksi lähettämössä toimii päivävuoroa tekevä logistiikkapäällikkö, joka suunnittelee lähetykset ja vastaa kuljetuksista.

Itse pakkausprosessin kulku on lähtötilanteessa seuraavanlainen: Kun valmiit ikkunat tulevat loppukokoonpanolinjan päähän, naulaa työntekijä ne puurimoilla kiinni kuormalavaan (Kuva 1.). Tätä työvaihetta kutsutaan revaukseksi. Työvaihe tehdään kokonaan käsin, koska ikkunat valmistetaan asiakkaan toivomien mittojen mukaisesti. Tästä johtuen lavan täyttäminen saattaa vaihtelevien ikkunakokojen vuoksi olla melkoista palapeliä. Standardikokoja vaativaa pakkaus- tai ladonta-automaattia ei tässä tilanteessa siis voida käyttää.



Kuva 1. Ikkunoiden asettelua kuormalavalle

Kuormalavan tullessa kokonaan valmiiksi, siirtää pakkaaja sen trukilla käärintäkoneelle (Kuva 2.), leikkaa ja asettaa päällikalvon lavan päälle, sitoo kiristekalvon lavan kulmaan kiinni ja käynnistää käärintäkoneen.



Kuva 2. Käärintäkone

Paketoinnin jälkeen valmis lava siirretään trukilla oven ulkopuolella sijaitsevaan pressukatokseen (Kuva 3.) odottamaan seuraavaa kuljetusta pihamaalla sijaitsevalle varasto-alueelle. Tässä työvaiheessa pelkkään paketointiin kului aikaa kymmenen lavan otannassa keskimäärin neljä minuuttia. Kun siirtomatkat huomioitiin, kulunut aika nousi noin viiteen minuuttiin.



Kuva 3. Pressukatokas

Lavan jäädessä vajaaksi vaikkapa puuttuvan sisäpuitteen vuoksi, vie pakkaaja sen trukillaan lähettämön kulmauksessa sijaitsevaan uupelovarastoon (Kuva 4.) odottamaan puuttuvia osia. Osien valmistuttua joudutaan uupelolavojen täyttämiseen irrottamaan yksi tai kaksi työntekijää muista työtehtävistä, kuten esimerkiksi sisäpuitteen lasituksesta. Tämän jälkeen pakkari käärii valmistuneet lavat ja toimittaa ne ulos.



Kuva 4. Uupelovarasto

Kuormalavojen kulkureitit ja työpisteiden- sekä varastojen paikat ilmenevät liitteessä 1 olevasta alkutilannelayoutista.

2.2 Jatkuva parantaminen

On olemassa sanonta: ”Jos kehitys pysähtyy, kuljetaan taaksepäin”. Tämä lienee jokseenkin totta, sillä kun jääme polkemaan paikallamme, tulevat kilpailijamme takaa rinnalle - ja ohi. On siis tärkeää onnistua luomaan yritykseen kulttuuri, jossa työntekijät osaavat itse sekä ajatella ja kehittää toimintaansa että etsiä ratkaisuja ongelmatilanteisiin. Menestyminen vaatii välttämätöntä pienin askelin tapahtuvaa jatkuvaa kehittämistä sekä hyppäyksellisiä uudistuksia (Laatukeskus 2009)

Juuri tähän jatkuva parantaminen, (JP), tähtää. Jätetään turha tekeminen pois ja keskitytään olennaiseen. Jatkuva parantaminen on Toyota/ Kaizen – ajattelumalleihin pohjautuva prosessien kehittämistapa. Sen perimmäisenä tarkoituksena on ajankäytön tehostaminen ja sitä kautta lisäarvoa tuottavan ajan osuuden kasvattaminen sekä läpimenoajan lyhentäminen. JP soveltuu käytettäväksi jokaisella työpaikalla aina toimistosta tehtaaseen, riippumatta yrityksen toimialasta. Jatkuvan parantamisen ehdottomat plussat ovat sen toteuttamisen helppous sekä se, ettei se sulje muita toiminnan kehittämisen muotoja pois. JP:n avulla työ tehdään entistä helpommaksi ja nopeammaksi. Samalla parannetaan luonnollisesti myös yrityksen kilpailukykyä. (Käki 2008, 186-187.)

2.2.1 Jatkuvan parantamisen käyttö Tiivituotteella

Tiivituotteella JP toiminta otettiin käyttöön vuonna 1998. Alussa toiminta järjestettiin aloitelaatikkoperiaatteella ja motivoijana toimi aloitepalkkiojärjestelmä. Työntekijän keksiessä esimerkiksi uuden aikaa säästävän työmenetelmän, saattoi hän saada palkkioksi vaikkapa etelänmatkan.

Nykyään konkreettisesta aloitelaatikosta on luovuttu ja käytössä on sähköinen parannusehdotuslomake. Sähköinen lomake on suunnattu erityisesti asiakasrajapinnassa toimiville myyjille ja asentajille, jotka helpommin huomaavat ikkunoiden mahdolliset puutteet. Lisäksi he voivat sen avulla välittää mahdolliset asiakkaiden ikkunoiden ominaisuuksia tai varustelua koskevat toivomukset tehtaaseen johdolle. Toki sähköisen lomakkeen käyttö on mahdollista myös tehtaalla, mutta näissä tapauksissa on vaivattominta ottaa yhteys suoraan esimerkiksi työnjohtoon.

Tämän opinnäytetyön aihe ja toteutus on myös eräänlainen kimmoke JP ajattelusta. Tehtaalla on huomattu pakkauslinjaston toiminnan sisältävän paljon sellaista tekemistä, jonka voisi mahdollisesti karsia pois. Kysellessäni itselleni sopivaa työn aihetta, tuli tämä sitten esille ja lähdin kartoittamaan erilaisia vaihtoehtoja kyseisen työvaiheen kehittämiseksi.

2.3 Työn tavoite

Työn tavoitteena on suoraviivaistaa pakkausprosessia ja siten vähentää mahdollisimman paljon siihen sisältyvää turhaa tekemistä. Työvaiheen osittaisellakin automatisoinnilla on mahdollista vähentää pakkaukseen tarvittavaa ihmistyövoimaa ja saavuttaa sitä kautta kustannussäästöjä palkkakustannusten vähetessä.

Ideaalinen tavoitetilanne on sellainen, että ikkunoiden lavalle asettelun jälkeen kenenkään ei tarvitsisi puuttua lavan kulkuun ennen välivarastoa.

3 AUTOMAATION KEHITYS JA KÄYTTÖ TEOLLISUUDESSA

Ihminen on jo satoja vuosia pyrkinyt helpottamaan ja tehostamaan työtään erilaisien teknisten apuvälineiden avulla. Itse sanana automatisointi tarkoittaa sitä, että jokin asia pannaan tapahtumaan itsestään. Voimme pyrkiä vähentämään ihmisen työtä ja työn vaaroja, mutta samalla myös lisäämään työn tehokkuutta ja parantamaan tuotteiden laatua.

3.1 Automaation historia teollisuudessa

Teolliseen tuotantoon on kehitetty automaatteja, kuten ohjelmoituja tekstiilikoneita, jo 1700-luvulta lähtien. Täyteen vauhtiin automaatio pääsi kuitenkin vasta 1900-luvulla. Automaation yleistyminen voidaan selittää osittain työvoimapulalla ja osittain myös sillä, että uusi tekniikka teki automaatoratkaisut mahdollisiksi. Hyvä esimerkki tästä on Fordin autotehtailla kehitetty liukuhihna, jossa eri työvaiheet keskitettiin itsenäisille asemille ja tuotteet kulkivat automaattisesti asemalta toiselle. (Kördel 2001, 5.)

Automaation käyttö teollisuudessa on aiheuttanut ja tulee aiheuttamaan ristiriitaisia tunteuksia ihmisten keskuudessa. Pääsääntöisesti on huolestuttu työllisyydestä ja väitetty koneiden vievän kaiken työn ihmisiltä. Kokemukset ovat kuitenkin osoittaneet, että hävinneen työn tilalle syntyy aina uutta ja erilaista työtä. Automaatiota on hyvä käyttää varsinkin raskaimpien työtehtävien helpottamiseen ja automatisoinnin ansiosta työ voikin muuttua parempaan, vähemmän kuluttavampaan sekä sisältörikkaampaan suuntaan. (Kördel 2001, 5.)

3.2 Kuljettimen historiaa

Kuljettimien tarina alkaa jo 1600-luvun lopulta, mutta niiden käyttö kappaletavaran kuljetuksessa pääsi kuitenkin yleistymään vasta 1800-luvun taitteessa. Aluksi kuljetinta tyydyttiin käyttämään vain siirtelemällä jyväsäkkejä lyhyitä matkoja.

Ensimmäiset kuljettimet olivat rakenteeltaan ja toiminnaltaan varsin yksinkertaisia. Yleensä nahasta tai kumista valmistettu hihna kulki puisen johteen päällä. Kuljetinjärjestelmän käyttö alkoi yleistyä 1900-luvun alussa, ja se saavuttikin nopeasti suuren suosion. 1920-luvulla hihnakuljettimet olivat jo laajalti käytössä mm. hiili-kaivoksissa, pisimmän kuljettimen ollessa jopa kahdeksan kilometrin mittainen.

Samoihin aikoihin keksittiin myös rullakuljetin. Hymle Gobbard of Logan Company oli ensimmäinen yritys, jolle siitä myönnettiin patentti vuonna 1908. Rullakuljetin ei herättänyt vielä tuolloin sen suurempaa kiinnostusta, vaan läpimurto tapahtui vuonna 1919 kun autoteollisuus otti rullaradat käyttöön huomattuaan niiden soveltuvan erinomaisesti raskaampien kuormien siirtoon. (Ezinearticles.com)

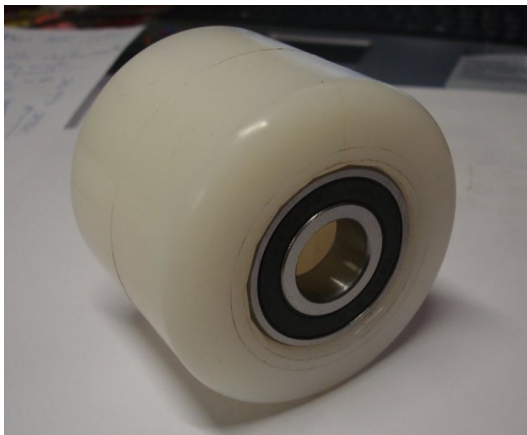
3.3 Kuljettimet nykyään

Tavaroiden kuljetukseen paikasta toiseen on lukuisia vaihtoehtoja ja kaikkien materiaalien ja tuotteiden siirtoon löytyy varmasti jonkinlainen kone. Liikuttelu voidaan toteuttaa vaikkapa käsikäyttöisellä pumppukärryllä, mutta etenkin yritysmaailmassa on yleistä käyttää ihmisen työtä vähentäviä laitteita, kuten erilaisia kuljettimia, siirtovaunuja tai trukkeja. Seuraavan otsikon alla esittelen muutamia ratkaisuja, joihin teollisessa ympäristössä voi usein törmätä.

4 RATKAISUMALLEJA IKKUNALAVOJEN SIIRTOON

4.1 Rullaradat

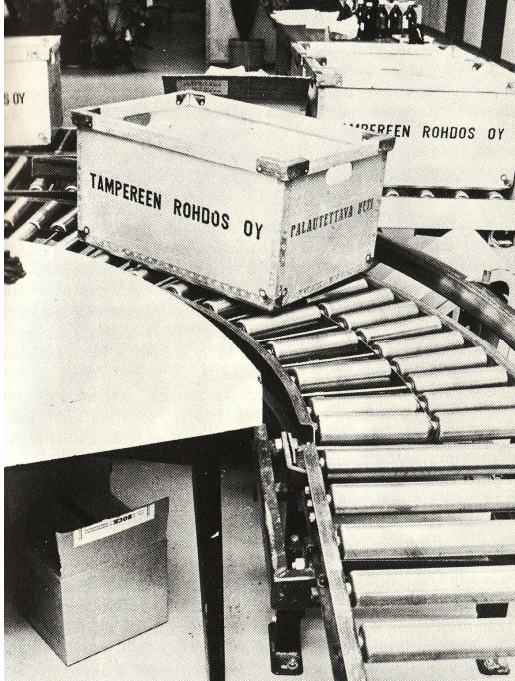
Rullarata koostuu kuljettimen sivuprofiilit muodostavista kiskoista sekä näiden väliin kiinnitetyistä laakeroiduista rullista, joiden varassa kuorma liikkuu. Rulla on useimmiten yhtenäinen, mutta se voi myös koostua kapeammista erillisrullista (Kuva 5.). Tavallisimmin rullien raaka-aineena käytetään terästä, alumiinia tai muovia, käyttökohteesta riippuen. Yleensä rullien rullat on laakeroitu kiinteään akselin ympärille, mutta kevyemmille kuormille laakerointi on mahdollista toteuttaa käyttämällä sivuprofiileihin kiinnitettyjä akselitappeja. Tällöin rullien pyöriminen kevenee huomattavasti. Käytettävät laakerit ovat kuula- tai nylonlaakereita.



Kuva 5. Laakeroitu erillis-nailonrulla (www.keyway.fi)

Halkaisijaltaan rullat voivat vaihdella käyttötarkoituksen sekä radan leveyden mukaan noin 45:stä 80:neen millimetriin. Rullien kantokyky kasvaa samalla halkaisijan suuretessa noin 20 kilosta aina yli 350 kiloon saakka. Rullajako puolestaan saattaa vaihdella 50:stä millimetristä jopa yli 300:een millimetriin. Rullajakoa määritettäessä avain asemassa ovat kuorman paino, muoto sekä radan leveys. On muistettava, että kappaleen on yllättävä vähintään kolmen rullan päälle. Etenkin raskaiden kuormien kanssa on syytä olla tarkkana, ettei rullien kantokyky pääsisi ylittymään. (Pouri 1983, 223-225.)

Rullaradan heikkoudeksi voidaan lukea se, että kappaleet pyrkivät kiertymään kaarteissa lievästi sivuttain. Yksi lääke tähän vaivaan on käyttää kaarteessa kahta rinnakkaista rullaa, kuten kuvassa 6 on esitetty. (Pouri 1983, 226.)



Kuva 6. Rullaratakaarre (Pouri 1983, 225.)

Rulla- ja kiekkoratoja käytetään usein teollisuudessa ja tukkuvarastoissa pakettien siirtelyyn. Rullaradat ovat yleisiä myös kuormalavojen käsittelyssä.

4.1.1 Vapaat rullaradat

Vapaat rullaradat ovat nimensä mukaisesti vapaasti pyöriviä, joten niissä ei ole mitään ulkoista voimanlähdettä käyttölaitteena. Kappaleiden liikkumiseksi pelkän painovoiman avulla, on radan oltava riittävän kalteva. Pakkauksen pohjan laadusta ja painosta sekä rullien halkaisijasta ja painosta riippuen kaltevuus vaihtelee 2-7% välillä ($1\% = 1\text{cm korkeusero } 1\text{m matkalla}$). Kuorman nopeus kasvaa sitä suuremmaksi, mitä raskaampi kuorma rullien painoon verrattuna on.

Kun radan kaltevuutta kasvatetaan niin suureksi, että kuorma lähtee itsestään liikkeelle, saattaa seurata ongelmia. Varsinkin suuremmilla taakoilla, kuten kuormala-

voilla, nopeus kiihtyy helposti niin suureksi, että törmätessään edellä seisovaan kuormaan tai päätystoppariin, voi lava kärisä vaurioita. Törmäystä voidaan pehmentää käyttämällä radassa riittävästi jarrurullia.

Kaiteiden käyttö on suositeltavaa varsinkin kaarteissa tapahtuvan tavaroiden sivuttaisen kiertymisen vuoksi. Kun tähän lisätään vielä jononpaine, saattaa lava pahimmassa tapauksessa suistua radalta maahan. (Suomen Metalliteollisuuden Keskusliitto 1983, 1.)

4.1.2 Moottorikäyttöiset rullaradat

Rullaradan pyörittäjäksi on myös mahdollista valjastaa ulkoinen voimanlähde, kuten sähkömoottori. Tällöin on vapaaseen rataan verrattuna saavutettavissa monia etuja. Kuorma saadaan esimerkiksi liikkumaan tasaisella tai hieman nousevalla radalla. On kuitenkin muistettava, ettei rullakuljettimen nousukulma saisi yleensä olla 3-6 astetta suurempi. (Pouri 1983, 226-227.)

Moottorikäyttöinen rata voi olla kiinteä- tai kitkavälitteinen. Kiinteävälitteisessä radassa rullat pyörivät koko ajan täydellä nopeudella ja työntävät kuormaa eteenpäin rullan ja kuorman välisen kitkavoiman avulla. Kun kuorma pysähtyy radan päässä olevaa stopparia vasten, alkavat kuorman alla olevat rullat luistaa. Kiinteävetoisten ratojen tavallisin käyttötapa on ketjuveto. Ketjuveto voidaan toteuttaa rullalta toiselle menevällä ketjulla tai yhdellä yhtenäisellä, rulliin kiinnitettyjä ketjupyöriä sivuavalla ketjulla. (Suomen Metalliteollisuuden Keskusliitto 1983, 4.)

Toinen vaihtoehto on toteuttaa veto erilaisilla kitkajärjestelyillä, jolloin puhutaan kitkavälitteisestä rullaradasta. Käytännössä ero näkyy siinä, että rullat eivät pyöri pysäytetyn kuorman alla, vaan luisto tapahtuu rullan ja vetävän elimen välillä. Kuten MET:n teknisessä tiedotteessa asia ilmaistaan, ”Yleisimmin käytetyt ratkaisut ovat rullia pyörittävä alapuolinen pyörö- ja lattahihna tai kitkakytkin yhdessä ketjukäytön kanssa.” (Suomen Metalliteollisuuden Keskusliitto 1983, 4.)

4.2 Kiekkoradat

Toimintaperiaatteeltaan kiekkorata on rullarataa vastaava, ja myös se voi olla vapaa tai moottorikäyttöinen. Ainoa ero on siinä, että rullien sijasta kiinteällä akselilla pyörivätkin laakeroidut kiekot. Halkaisijaltaan kiekot ovat noin 50mm suuruusluokkaa ja materiaalina käytetään useimmiten galvanoitua terästä, alumiinia taikka muovia. Kiekkoradat on tarkoitettu kevyempien tuotteiden kuljetuksiin. (Pouri 1983, 224-226.)

4.3 Hihnakuuljettimet

Hihnakuuljetin voi olla liuku- tai rullakannatteinen. Liu'un materiaali on tavallisimmin terästä, vaneria, laminaattia tai muuta vastaavaa. Liukukannatteisessa ratkaisussa kitkahäviöt kasvavat kohtuullisen suureksi, joten sitä käytetään vähinnä vain kevyen tavarankuuljetteluun. Raskaammille kuormille soveltuva vaihtoehto on rullakannatteinen hihnakuuljetin. Se kulkee nimensä mukaan rullien päällä, jolloin kitkahäviö saadaan kutistettua erittäin pieneksi. Tässä tapauksessa hinnan alapinnan kitkeroin voi olla suuri, jotta vetorummulla saataisiin hihnaan kohdistettua suurempi vetovoima. Kuvassa 7 on esitetty tyypillinen teollisuuden käyttämä hihnakuuljetin.

Hihnakuuljettimen yleisimmät käyttökohteet löytyvät teollisuuslaitosten purkupaikkojen ja tuotantolinjojen väliltä. Varsinkin kun käsiteltävä tavara on malmia, turvetta, haketta tai muuta vastaavaa irtonaista joukkotavaraa. Ratkaisuna se on edullinen, ja sitä voi käyttää myös jyrkissä nousuissa ja laskuissa. Hihnakuuljetinta on hyvin saatavilla erilaisissa kokoluokissa. Myös hinnan materiaalin voi valita kuljetettavalle tavaralle sopivaksi. (Hokkanen, Karhunen & Luukkainen 2002, 170.)

Hihnakuuljettimen käyttö vaatii huolellisuutta, koska hihna saattaa helposti siirtyä sivuttaiskuorman vaikutuksesta niin, että se ottaa kiinni runkorakennelmiin ja vaurioituu. (Suomen Metalliteollisuuden Keskusliitto 1983, 8-9)



Kuva 7. Hihnakuuljetin (www.gilmorekramer.com)

4.4 Ketjukuljettimet

Ketjukuljettimia on kahdenlaisia. Ensimmäinen on välittömästi kuormaa kantava (Kuva 8.), jolloin samalle veto- ja taittoakselille on yleensä asennettu kaksi tai useampia ketjuja, joiden päällä kuorma lepää. Kuormalavojen kuljetuksiin käytetään tavallisesti kaksi- tai kolmeketjuisia kuljettimia. Erilevyisiä kappaleita siirreltäessä useampiketjuista kuljetinta käyttäen, on otettava huomioon että kappaleen on levittävä aina vähintään kahden ketjun päällä. Tämän voi varmistaa esimerkiksi käyttämällä erityisiä ohjureita tai sivusiirtorullia. Ketjukuljetin voidaan myös rakentaa siten, että toisessa reunassa ketjujen väli on pienempi ja kappaleet ohjataan aina tähän reunaan.



Kuva 8. Välittömästi kuormaa kantava ketjukuljetin (www.conveyormetalworks.com)

Toinen ketjukuljettimen tyyppi on kuormaa välillisesti kantava malli. Myös näitä löytyy varustettuna yhdellä tai useammalla ketjulla, mutta kuormaa kantavat ketju-lenkkeihin kiinnitetyt elimet.

Ketjukuljettimen merkittävimmät sovelluskohteet löytyvät puunjalostustehtaiden kuljettimista. Niitä käytetään aika paljon myös kuormalavojen kuljetuksiin, ja ne voivat olla perustana erilaisille kuljetinsovelluksille kuten vaikkapa lamellikuljettimille.

4.4.1 Lamellikuljettimet

Lamellikuljetin on ketjukuljettimeen pohjautuva, useimmiten kaksiketjuinen ratkaisu. Ketjut on yhdistetty toisiinsa kuormaa kantavalla sillalla, eli lamellilla. Lamellit ovat yleensä tasomaisia, jolloin kuljettimesta muodostuu liikkuva taso. On myös mahdollista muotoilla lamelleja, jotta kappaletta voitaisiin tukea siirron aikana. (Suomen Metalliteollisuuden Keskusliitto 1983, 11- 12.)

Valtaosaa lamellikuljetinsovelluksista käytetään teollisuuden prosessilinjojen kuljetuksissa. Käytännönläheisimmät esimerkit löytyvät kuitenkin vaikkapa lentoasemien matkalaukkukuljettimista (Kuva 9.) tai tavaratalojen liukuportaista.



Kuva 9. Lamellikuljetin (www.img.mtv3.fi)

4.5 Vihivaunu

Vihivaunu, (eng. AGV, Automatic Guided Vehicle), on automaattisesti toimiva akkukäyttöinen trukki. Vaunu kulkee ennalta määritettyä reittiä pitkin joka voi olla esimerkiksi lattiaan upotettu ohjausjohdin, laser- tai heijastustekniseen paikannukseen tai jopa radio- ohjaukseen perustuva ratkaisu. Vaunua ohjaa keskusohjausyksikkö, saatuaan ensin komennot ihmiseltä, anturilta tai ohjausjärjestelmästä. Luonnollisesti vaunu osaa myös lähteä liikkeelle ja pysähtyä itsenäisesti, vaikka antureilta saadun signaalin johdosta. Vihivaunua (Kuva 10.) voidaan käyttää monenlaisiin tarkoituksiin, esimerkiksi lavakuormien tai paperirullien kuljetuksiin.



Kuva 10. Vihivaunu (www.chsystem.dk)

Ehdoton etu vihivaunujärjestelmän käytössä on sen joustavuus. Esimerkiksi layoutia voidaan muuttaa huoletta, koska kiinteitä lattiakuljettimia ei tarvitse purkaa ja siirtää, vaan vaunun reitti on helposti vaihdettavissa tai ohjelmoitavissa uudelleen. Lisäksi vaunu ei tarvitse erillisiä kulkuratoja, vaan vaunujen reitit ovat vapaita myös muulle käytölle. Pikaladattavat akut saattavat kestää jopa 20 ajotuntia, ja vihivaunu menee aina latauspisteeseen latautumaan kun sillä ei ole muuta tehtävää. Vihivaunujärjestelmän turvallisuus on korkealla tasolla. Tämä johtuu niiden alhaisesta toimintanopeudesta sekä erilaisista törmäysantureista, jotka pysäyttävät

vaunun automaattisesti törmäytilanteissa. Lisäksi vaunuissa on usein myös valokennot, vilkkuvat valot sekä akustinen hälytys. (www.kuljetusopas.com)

Vihivaunujen miinukseksi voidaan lukea juuri niiden turvallisuutta edistävä hitaus. Ominaista on myös huono paikoitustarkkuus (+-10mm). Lisäksi akkukäyttö asettaa omat rajoituksensa yhtämittaiselle käytölle. Latausaseman sijainti ja sen vaatimat tilat on myös otettava huomioon. (Hakola, J. 2001)

5 PAKKAAMINEN

Pakkaaminen on työvaihe, jossa valmista tuotetta ei enää muokata eikä siihen lisätä enää mitään. Toisinsanoen pakkaaminen on siis lisäarvoa tuottamaton toimenpide. Tästä syystä pakkaus- ja lähetysprosessi on rationalisoitava ja tehtävä mahdollisimman suoraviivaiseksi, jotta siihen ei tuhlataisi yhtään ylimääräisiä resursseja.

Tuotteen kunnollinen pakkaaminen on olennainen ja tärkeä valmistusprosessin osa. Sillä varmistetaan se, että asiakas saa tavaran itselleen täsmälleen samantyyppisenä kuin se oli tehtaalta lähtiessään. Kunnollinen pakkaus suojaa tuotetta liikaantumiselta, kastumiselta, särkymiseltä, katoamiselta tai muulta vastaavalta kuljetuksen aikana vallitsevalta uhkatekijältä. (Pouri 1983, 430.)

Tänäpäivänä yleisin tuotteen suojaamiseen käytettävä materiaali on muovi. Muovikalvon avulla pakkaus saadaan tiiviiksi, jolloin se suojaa kappaletta muun muassa liialta kosteudelta ja vedeltä. Pakkausmuovin eduksi voidaankin lukea monikäyttöisyyden lisäksi ympäristöystävällisyys, jos sen kierrätysmahdollisuus muistetaan hyödyntää.

Yksi tuotteiden muovisuojaamiseen usein käytetty menetelmä on kutistekalvon käyttö. Pakattavan tavaran ympärille asetetaan muovikalvo, joka sitä lämmitettäessä kutistuu myötäilemään tuotteen muotoa. Kutistekalvoa käytetään lähinnä tuotteiden yksittäispakkaukseen, ei niinkään kuormalavojen suojaksi.

Toinen tavallisimmista pakkausmenetelmistä on kiristekäärinä. Kyseistä menetelmää käytetään varsinkin kuormalavojen suojaamiseen tai sitomiseen. Kiristekäärinä tarkoittaa sitä että kuorman ympärille kiristetään erittäin joustavaa, yleensä polyetyleenistä valmistettua, muovikalvoa. Kalvon palautuma kiristää kuorman tiukaksi paketiksi ja pitää sen paikoillaan. Kiristekalvon voi kiertää lavan ympärille vaikkapa käsikäyttöisellä käärintälaitteella, mutta varsinkin teollisessa ympäristös-

sä käytetään lähes poikkeuksetta puoli- tai täysautomaattista käärintäkoneita. Seuraavaksi esittelen niistä muutamia esimerkkejä.

5.1 Automaattinen pyöriväpöytäinen käärintäkone

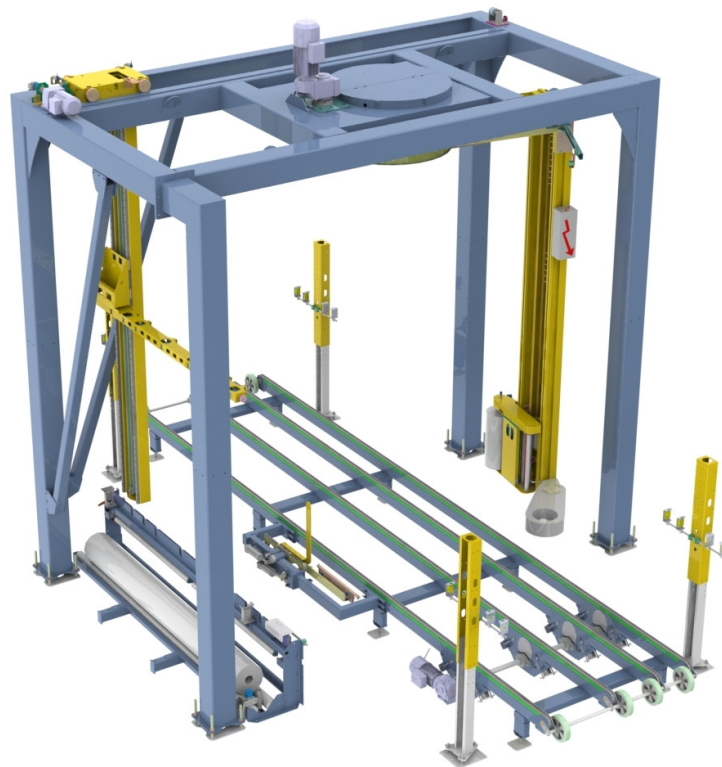
Pyöriväpöytäinen käärintäkone on käärintäkoneen tavallisin ja eniten käytetty versio, varsinkin puoliautomaattisena mallina. Automaattisen version toimintaperiaatteena on sen nimensä mukaisesti se, että pakattava kappale tai kuormalava tuodaan kuljettimella käärintäpöydälle, joka pyöriessään käärii lavan koneen sivusta syötettävään kalvoon. Automaattisen koneen yksi tunnusomaisin piirre on siihen integroitu rullakuljetin. Tämä kone onkin varsin kätevä laite, sillä se pystyy toimimaan täysin itsenäisesti ja käärintäkapasiteetti voi koneesta riippuen olla varsin korkea. Lisävarusteita on myös saatavilla kaikkiin tarpeisiin. Tavallisia varusteita ovat päällikalvon asetus tai automaattinen kalvorullan vaihto. Kuvassa 11 esiintyy Cyklopin näkemys automaattisesta pyöriväpöytäisestä käärintäkoneesta.



Kuva 11. Cyklop GL1000 (www.bps-baltic.com)

5.2 Kampikäärintäkone

Automaattisesti toimiva kampikäärintäkone (Kuva 12.) on myös hyvä vaihtoehto kuormalavojen käärintään. Laitteen periaatteena on, että kiristekalvo syötetään lavaa kiertävästä kammesta kuormalavan pysyessä paikoillaan. Kampikäärintäkoneissa on usein vakiovarusteena logiikkaohjaus, kosketusnäyttö, säädettävät kierrosnopeudet ja kalvokelkan nousu- ja laskunopeudet sekä automaattinen kuorman korkeuden tunnistus. Lisävarusteena on saatavilla mm. päällikalvon asetus, kulmatukien asetus, automaattinen kalvon vaihto, erilaiset kuljettimet ja lavan nostimet. (www.mercamer.fi)



Kuva 12. Octomeca OMC-H3000 (www.octomeca.fi)

5.3 Käärintärobotti

Käärintärobotti (Kuva 13.) on yleensä akkutoiminen, lavan ympäri kulkeva käärintävaunu. Kone tunnistaa antureiden avulla lavan kulmat ja kääntyy automaattisesti niiden mukaan. Robotin eduksi on luettava se, että sillä voidaan kääriä suuretkin

kuormat jotka eivät mahdu käärintäkoneen lautaselle. Mahdolliset törmäystilanteet on estetty turvakehällä, joka pysäyttää koneen välittömästi kosketuksesta. Robottia voidaan käyttää myös ulkona, ja siihen on saatavilla erilaisia ohjelmia erikokoisille kuormalavoille. (www.mercamer.fi)



Kuva 13. Käärintärobotti (<http://telpak.fi/522/Pakkauskoneet>)

5.4 Kutistekalvopakkaus kone

Tämä vaihtoehto mahdollistaisi ikkunoiden yksittäispakkauksen ennen lavalle laittamista. Kyseisen koneen toiminta perustuu siihen, että ikkunan päälle vedetään kalvo, joka lämmitettäessä kutistuu joka suuntaan ja muotoutuu pakattavan ikkunan muotoiseksi. Kutistekalvopakkaus kone (Kuva 14.) saumaa kutistekalvon kappaleen sivulle sen kulkusuuntaan nähden. Pakkausmuotona kutistekalvopakkaus olisi erittäin hyvä, koska se on täysin pöly- ja vesitiivis (olettaen että pakkaus säilyy ehyenä).



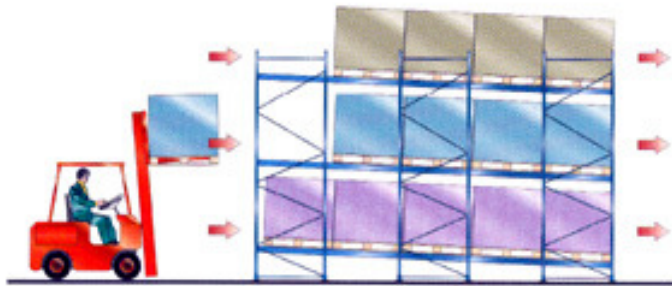
Kuva 14. Kutistekalvopakkaus kone (www.macdue.com)

6 LOPPUTUOTTEEN VÄLIVARASTOINTI

Tehtaan tämänhetkisen materiaalivirran vuoksi jonkinlainen automaattivarasto on välttämätön, varsinkin jos pakkausprosessia halutaan automatisoida. Tällä hetkellä valmiit ikkunalavat kasaantuvat sekavaksi ryppääksi hallin ulkopuolella sijaitsevaan pressukatokseen, koska ulkotrulli ei ehdi koko ajan viemään niitä varsinaiseen loppuvarastoon. Näille lavoille tarvitaan siis automaattinen välivarasto, jotta lavat säilyvät valmistusjärjestyksessä, eikä niiden tarvitse odotella ulospääsyä ruuhkan vuoksi. Seuraavaksi esittelen yhden varsin yksinkertaisen periaatteen jota tässä välivarastossa voitaisiin hyödyntää.

6.1 Läpivirtaushylly

Läpivirtaushyllyn englanninkielinen nimitys, FIFO, tulee sanojen First In First Out alkukirjaimista. Nimitys juontuu varastointimenetelmän toimintaperiaatteesta, eli tavarat poistuvat varastosta aina ikäjärjestyksessä. (Karhunen, Pouri & Santala 2004, 358.)



Kuva 15. Läpivirtaushyllyn toimintaperiaate. (www.eab.fi)

Kuten kuvasta 15 ilmenee, on läpivirtaushylly kaikessa yksinkertaisuudessaan kaltevalle pohjalle rakennettu vapaa rullarata. Tavallisesti hylly on noin 2-4 asteen kulmassa ja tavarat liukuvat painovoiman vaikutuksesta tyhjennyspäähän. Liian voimakkaiden törmäysten ja tavaroiden rikkoontumisen välttämiseksi, vauhdin kiihtymistä rajoitetaan sijoittamalla rullarataan riittävä määrä jarrurullia.

Varastointitekniikkana läpivirtaushyllyä käytetään erityisesti tavaroille, joiden varastointiaika on rajallinen tai fifo- periaatteen noudattaminen halutaan jostain muusta syystä varmistaa. Tyypillisesti läpivirtaushyllyn voi löytää teollisuuden tai jakeluportaan varastoista.

6.2 Rullaradan käyttö fifo- varastona

Haluttaessa säilyttää tuotteet niiden valmistumisjärjestyksessä, on rullarata varsin mainio vaihtoehto tämän periaatteen toteutumisen varmistamiseksi. Kuormalavat pysyvät jonossa, eikä järjestys näin ollen pääse muuttumaan.

Radan toteuttamiseen on muutamia erilaisia mahdollisuuksia. Ensinnäkin sen voi rakentaa siten, että rullat pyörivät jatkuvasti vakionopeudella. Tämä ei tuottaisi Tiivituotteen tapauksessa ongelmia, sillä metalliset rullat kyllä luistavat puisten kuormalavojen alla vaikka jonoa pääsisikin muodostumaan. Lisäksi ikkunat on pakattu lavoille siten, ettei jonon paineen kanssa pitäisi olla ongelmia. Tässä tapauksessa on kuitenkin muistettava pitää radan pyörintänopeus niin alhaisena, etteivät ikkunat pääse vahingoittumaan keskinäisten törmäystensä voimasta. Tämä perusmallin rullakuljetin on myös kustannuksiltaan halvin toteuttaa, koska siihen ei tarvita esimerkiksi antureita tai muuta vedonpoistoon käytettävää tekniikkaa.

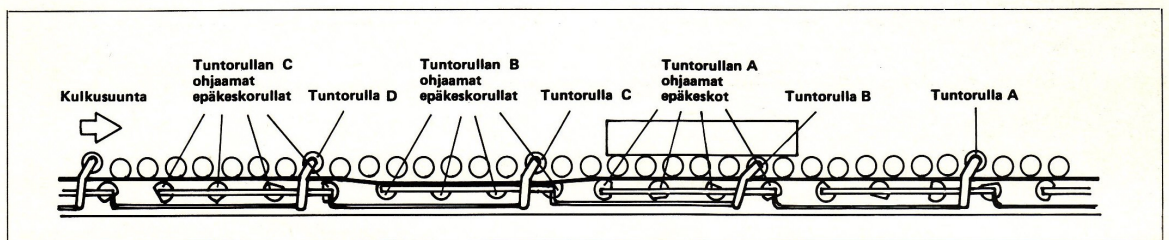
Toinen vaihtoehto on käyttää kevennetyllä vedolla varustettua rataa. Kevennetty veto poistaa nimensä mukaisesti osan rullille välittyvästä tehosta. Tällaisille radoille voidaan varastoida tavaroita jonoon kuljettimen käydessä ilman, että liiallisen jonon paineen aiheuttamista vahingoista tarvitsisi olla huolissaan. Kevennetyllä vedolla voidaan myös vähentää onnettomuusvaaraa.

Jouduttaessa varastoimaan kuljettimen päällä sellaisia kappaleita, jotka eivät salli lainkaan jononpainetta, voidaan silloin käyttää vedonpoistomekanismilla varustettuja ratoja. Radalla seisovan jonon alla ei siis ole lainkaan vetoa. Kuitenkin heti kun jonon alkupäästä otetaan kappale ja sinne syntyy tyhjä tila, siirtyy jono kappale kerrallaan eteenpäin. Vedonpoistosta käytetään myös nimitystä akkumulointi. (Suomen Metalliteollisuuden Keskusliitto 1983, 4.)

6.2.1 Akkumulointi

Rulla- tai kiekkokuljetin on mahdollista rakentaa akkumuloivaksi vaikkapa siten, että rullia pyörittävä hihna pudotetaan akkumulointikohdassa hieman alaspäin, jolloin rulliin kohdistunut veto häviää. Vedonpoisto voidaan järjestää käyttämällä erilaisia tuntoelimiä. Tämä onnistuu esimerkiksi niin, että kun kappale törmää tuntoelimeen, laukaisee se vetorullien kantomekanismin, jolloin vetohihna putoaa tiettyä matkalta kulkurataa alemmaksi. Tällöin hihnan kosketus rulliin katoaa ja kappale pysähtyy. Kuvassa 16 on esitelty eräs esimerkki siitä, kuinka vedonpoistomekanismi voidaan käytännössä toteuttaa. (Pouri 1983, 227.)

Nykyaikana on kuitenkin jo mahdollista toteuttaa vedonpoisto käyttämällä erilaisia antureita, jolloin mekaanisia tuntoelimiä ei tarvita.



Kuva 16. Esimerkki vedonpoistomekanismin toteutuksesta (Suomen Metalliteollisuuden Keskusliitto 1983, 5.)

7 INVESTOINNIN KANNATTAVUUS

7.1 Investointien kannattavuuteen vaikuttavat tekijät

Yleinen investointiin liittyvä ongelma on löytää yrityksen resursseilla toteutettavissa olevien investointivaihtoehtojen joukko, joka parhaiten täyttää yrityksen itselleen asettamat tavoitteet. Erilaiset investointimahdollisuudet voivat erota toisistaan vaikkapa ajallisen sijainnin, tuottojen määrän ja niiden varmuuden sekä yritysrisikin suhteen.

Suunniteltaessa uutta investointia, on pyrittävä selvittämään kaikki investointivaihtoehtojen toteutuksesta aiheutuvat seuraamukset etukäteen. On selvää, että investointien tulot alkavat kertyä vasta myöhemmin. Tämä odotusaika on siis myös otettava huomioon tarvittavan pääoman määrää arvioitaessa. Investoinneilla on lukuisia välillisiä tai välittömiä hyöty- ja haittavaikutuksia, joita ei voi mitata rahassa. Mitattavia, investoinnin kannattavuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat perusinvestointi, investoinnista saatavat nettotulot, investoinnin pitoaika, investoinnin jäännösarvo sekä laskentakorko. (Heikki Salmelan opintomateriaali)

7.1.1 Perusinvestointi

Käytännössä perusinvestointi tarkoittaa suurta rahallista kertamenoa. Siihen sisältyvät kaikki ne kustannukset, jotka syntyvät ennen kuin investointihanke on kokonaan käyttövalmis. Usein perusinvestointiin liittyy myös lisääntynyt liikepääoman tarve.

Perusinvestoinnin vaatima pääomatarve saattaa koostua vaikkapa tontin ja rakennusten kertahankinnasta, koneiden ja laitteiden hankinta- ja asennuskustannuksista, suunnittelukustannuksista sekä liikepääoman lisästarpeesta. Varsinaiseen investointiin sidottu pääoma vapautuu vuosittain tehtävinä poistoina.

Tavallisesti juuri perushankintojen suorittaminen on se investoinnin osa, johon liittyy vähiten epävarmuustekijöitä. On kuitenkin syytä muistaa, että erityisesti suurten investointien kohdalla perushankintakustannusten laajuusongelma voi olla merkittävä. (Heikki Salmelan opintomateriaali)

7.1.2 Investoinnista saatavat nettotulot

Määriteltäessä investoinnista saatavia nettotuloja on ensin otettava kantaa siihen, tarkastellaanko tuloja suorite- vai kassaperusteisesti. Suoriteperusteessa meno syntyy, kun tuotannontekijä vastaanotetaan. Tulo puolestaan syntyy, kun myytävä tuote luovutetaan asiakkaalle riippumatta siitä, onko meno tai tulo maksettu. Kassaperuste tarkoittaa sitä, että meno ja tulo syntyvät vasta, kun rahasuoritus on tapahtunut.

Suoriteperuste vastaa kirjanpidon laadintaperustetta ja usein myös sisäisen laskennan perusteita. Kassaperuste taas kertoo rahan liikkeen ja näin ollen on perustellumpi vaihtoehto tulojen määrittelyyn. Yleinen käytäntö on ennakoida nettotulot ensin suoriteperusteisesti, jonka jälkeen ne oikaistaan kassaperusteiseksi investointilaskelmaa varten. Tähän toimenpiteeseen voidaan käyttää seuraavanlaista laskukaavaa:

$$\begin{aligned}
 &+ \text{Nettotulot ennen poistoja, korkoja ja veroja} \\
 &+ \text{Liikepääoman muutos} \\
 &= \text{Kassaperusteiset nettotulot}
 \end{aligned}$$

Nettotulojen määrittäminen onnistuu myös verojen jälkeen. Tällöin laskentakorossa huomioidaan vieraan pääoman korot, ja tämän vuoksi niitä ei vähennetä nettotuloja laskettaessa. Poistojen osuus tuloksesta kun on yrityksen käyttöön jäävää rahaa. Liikepääoman kasvu vähentää kassaperusteista nettotuloa, koska tässä tapauksessa osa rahasta on käytetty liikepääoman hankkimiseen.

On tapauksia, jolloin nettotulon sijasta syntyykin kustannussäästöjä. Näin voi käydä esimerkiksi, kun työvaltainen valmistusmenetelmä korvataan koneellisella, jol-

loin tulot voivat pysyä muuttumattomina suoritteen pysyessä kuitenkin samana. Tällöin koneen hankinnan kannattavuus riippuu siitä, ovatko uuden valmistusmenetelmän kustannukset aiempiin verrattuna riittävän edulliset. (Heikki Salmelan opintomateriaali)

7.1.3 Investoinnin pitoaika

Investoinnin pitoaika on se ajanjakso, jonka ajan investointi on yrityksen käytössä. Pitoaika riippuu useista tekijöistä. Ensimmäisenä mainittakoon koneen fyysinen ikä. Tämä ei kuitenkaan ole paras pitoajan määrittelyperuste, sillä riittäväillä huolloilla ja korjauksilla fyysistä ikää voidaan jatkaa lähes loputtomiin. Tällainen toiminta ei myöskään ole aina kovin taloudellista.

Toinen investoinnin pitoajan määrittelyperuste on koneen tekninen ikä. Teknisellä iällä tarkoitetaan ajanjaksoa, jonka kuluessa markkinoille ilmestyy parempi kone, joka tekee nyt hankittavan koneen vanhentuneeksi. Tekninen ikä on hyvä lähtökohta pitoajan määrittämiseksi, koska koneiden tekninen kehitys voidaan ennakoida melko tarkasti.

Kolmas periaate investoinnin eliniän määrittelemiseksi on ottaa selvälle, kuinka kauan valmistettavan tuotteen odotetaan pysyvän markkinoilla. Jos koneelle ei ole mitään muuta käyttötarkoitusta, eikä sitä voida soveltaa johonkin muuhun työhön, on se käyttökelvoton heti kun valmistettavalla tuotteella ei ole enää menekkiä. Tällä ei ole mitään tekemistä koneen fyysisen- tai teknisen iän kanssa. (Heikki Salmelan opintomateriaali)

7.1.4 Investoinnin jäännösarvo

Investoinnin jäännösarvo tarkoittaa sitä taloudellista arvoa, joka voidaan saada myytäessä perusinvestointi laskennallisen optioajan päättyessä. Laskelmaa tehtäessä jäännösarvo kuitenkin oletetaan usein nollassa, koska myyntitulo on mahdollista saada vasta vuosien päästä sekä sen suuruutta on vaikea arvioida. On myös

mahdollista, että jäännösarvo on negatiivinen. Näissä tapauksissa koneen käytöstä poistaminen on suurempi kuin siitä saatava myyntitulo.

Jäännösarvon huomioiminen riippuu myös investointikohteen tyypistä. Silloin kun on olemassa käytettyjen tuotteiden markkinat, on aihetta sisällyttää jäännösarvo laskelmiin. Tämä pätee esimerkiksi autojen ja laivojen kohdalla. Tehdaslaitosinvestoinneissa jäännösarvo ei taas tule usein kysymykseen, koska näissä tapauksissa jäännösarvo ei juurikaan vaikuta investoinnin kannattavuuteen. On myös selvää, että rahan aika-arvon takia jäännösarvon kannattavuusvaikutus pienenee investointiaikajakson pidentyessä. (Heikki Salmelan opintomateriaali)

7.1.5 Laskentakorko

Laskentakorko voidaan määrittää käytännössä lainakoron perusteella, asetetun tuottotavoitteen perusteella, korjaamalla lainakorkoa tietyllä lisällä tai selvittämällä oman ja vieraan pääoman keskimääräiset kustannukset.

On sanomattakin selvää, ettei yritys saa pääomaa käyttöönsä ilmaiseksi. Vieraasta pääomasta on maksettava korkoa ja omasta pääomasta on maksettava kohtuullisen ajan sisällä osinkoja tai muuta korvausta. Tämän lisäksi pääoman tuotosta joudutaan maksamaan vielä verot. Investointilaskelmissa käytettävä korkokanta voidaan täten siis nähdä kustannuksen, joka pääoman käytöstä on maksettava. Tämä kustannus on katettava pääoman tuotolla.

Usein investointilaskelmissa sovelletaan korkokantaa, joka vastaa yrityksen investointien keskimääräistä tuottoa. Näin ollen laskentakorkokanta nähdään tuottovaatimuksena, joka toteutettavien investointien tulee täyttää. Laskentakorkokantaa käytetään siis investointilaskelmissa ilmaisemaan investointeihin tarvittavan pääoman kustannuksia, mutta myös investoinneille asetettuja tuottovaatimuksia. Tätä menetelmää apuna käyttäen saadaan myös eri ajankohtina tapahtuvat suoritukset vertailukelpoisiksi. Tänään saatu euro on vuoden päästä saatua euroa arvokkaampi. (Heikki Salmelan opintomateriaali)

7.2 Investointilaskelmat

Investointilaskelman tarkoituksena on esittää kunkin investointivaihtoehdon menot, tulot sekä pääoman tarve. Tässä laskelmassa on noudatettava aiheuttamisperiaatetta, jolloin investointivaihtoehdolle kohdistetaan vain ne menot ja tulot, jotka sen toteuttaminen saa aikaan. Vertailtaessa eri vaihtoehtoja keskenään, on kaikissa käytettävä yhdenmukaisia laskentaperiaatteita.

Laskelmien turhan paisuttelun estämiseksi niistä voidaan jättää pois ne erät, jotka ovat jokaisessa vaihtoehdossa samanlaiset. Esimerkiksi tulot voidaan jättää tarkastelun ulkopuolelle, sillä niiden oletetaan pysyvän joka vaihtoehdolla samana.

Se, mitä laskelmamenetelmiä vaihtoehtojen vertailuun käytetään, riippuu useasta tekijästä. Tällaisia tekijöitä ovat päätöksentekotilanne, ratkaisun vaikuttavuus sekä investoinnin aikaulottuvuus. Näiden laskelmamenetelmien soveltamisen työläydessä on eroja, mutta myös samaa menetelmää voidaan soveltaa eri tavoin. On olemassa lukuisia eri laskelmamenetelmiä, mutta esittelen tässä niistä vain kolme tavallisinta: Nykyarvomenetelmän, annuiteettimenetelmän sekä sisäisen korkokannan menetelmän. (Heikki Salmelan opintomateriaali)

7.2.1 Nykyarvomenetelmä

Nykyarvomenetelmän ajatuksena on diskontata investoinnin tulevat tuotot nykyhetkeen valittua laskentakorkokantaa käyttämällä. Menetelmällä lasketaan siis tuottojen nykyarvojen summa. Investointi on kannattava, jos saatu arvo on hankintakustannusta suurempi. (Heikki Salmelan opintomateriaali)

7.2.2 Annuiteettimenetelmä

Annuiteettimenetelmässä hankinta jaetaan yhtä suuriksi vuotuisiksi menoeriksi, jotka sisältävät pääoman sekä koron. Investointi katsotaan kannattavaksi jos vuotuiset tuotot jäävät vuotuisia pääomakustannuksia, annuiteetteja, suuremmiksi. (Heikki Salmelan opintomateriaali)

7.2.3 Sisäisen korkokannan menetelmä

Sisäinen korkokanta tarkoittaa sitä korkokantaa, jolla laskettuna investoinnin nettonykyarvo jää nollassi. Tämä tarkoittaa sitä, että nettotulojen nykyarvojen summa on yhtä suuri kuin perusinvestointi. Investointi on kannattava, jos sisäinen korkokanta on vähintään tuottovaatimukseksi asetetun korkokannan suuruinen. Jos investointivaihtoehtoja on useita, kannattaa valita se, jolla on suurin sisäinen korkokanta. (Heikki Salmelan opintomateriaali)

7.3 Esimerkkilaskelmat

Vuoden 2009 palkkatilastokatsauksessa sanotaan, että työntekijän yritykselle aiheuttamista kustannuksista jopa 70 prosenttia koostuu palkan sivukuluista, kuten lomapalkkoista sekä sosiaalimaksuista. Tästä saadaan käyttöön kerroin 1,7. Kun kertoimella kerrotaan työntekijän keskituntiansio, saadaan selville todellinen yritykselle koitua tuntikustannus. Tiivituotteella työntekijän kta on noin 13€/h, sekä kuukaudessa 22 työpäivää. Tällä periaatteella on taulukossa 1. selvennetty kahdesta työntekijästä yritykselle aiheutuvat menot vuoden ajalta. (www.ek.fi)

Kustannukset yritykselle	Kta	Kerroin	Työtunnin hinta yritykselle
	13€/h	1,7	22,1
Päiväpalkka	176,8		
Kk palkka	3889,6		
Vuosipalkka	46675,2		
2 työntekijää yht.	93350,4		

Taulukko 1, kahden työntekijän aiheuttamat kustannukset

Käytän näissä laskelmissa kahta esittelemääni esimerkkikonetta sekä niiden nettohintoja. Nämä koneet ovat Cyklop GL1000 (48000€) ja Octomeca OMC-H3000 (118000€). Kaikille laskelmille yhteiset ominaisuudet ovat kymmenen prosentin laskentakorkokanta sekä kymmenen vuoden pitoaika.

Ensin arvioin kannattavuutta nykyarvomenetelmää käyttäen. Kuten oheisesta taulukko 2:sta ilmenee, kymmenen vuoden aikana kahden työntekijän työvoimakus-

tannuksina säästetyt vuotuiset nettotuotot ovat noin 574000 euroa. Näin ollen molemmat investoinnit ovat hyvin kannattavia, sillä kumman tahansa esimerkkikoneen hinta kattaa vain murto-osan nettotuottojen summasta.

n/1	Vuotuinen netto- tuotto	Diskonntaustekijä 10%	NNA
1	93350	0,909	84855,15
2	93350	0,8264	77144,44
3	93350	0,7513	70133,86
4	93350	0,683	63758,05
5	93350	0,6209	57961,02
6	93350	0,5644	52686,74
7	93350	0,5131	47897,89
8	93350	0,4665	43547,78
9	93350	0,4241	39589,74
10	93350	0,3855	35986,43
		∑ NA =	573561,1

Taulukko 2, nykyarvojen summa.

Annuiteettimenetelmää käytettäessä katsotaan taulukosta (Liite 6) oikea annuiteettitekijä ja kerrotaan sillä investointikustannus. Näin saadaan selville vuotuinen lyhennys sekä korko. Seuraavaksi tämä arvo vähennetään saaduista tuloista. Jos arvo jää plussan puolelle, on investointi kannattava. Tämäkin menetelmä osoittaa molemmat investoinnit todella kannattaviksi, kuten taulukosta 3 voi nähdä.

Kone	n/i	Hinta	Annuiteettitekijä	Vuosittainen lyh. + Korko	Nettotulot	Jäävä voitto
GL1000	10	48000	0,1628	7814,4	93350	85535,6
OMC- H1000	10	118000	0,1628	19210,4	93350	74139,6

Taulukko 3, annuiteettimenetelmällä saatu tulos

Edelliset investointilaskelmat ovat ehkä hieman huonoja esimerkkejä, koska pakkausprosessin automatisointi vaatii paljon muutakin kuin pelkän pakkauskoneen. Siksi esitänkin lopuksi sisäisen korkokannan menetelmää käyttäen, kuinka arvokkaan kokonaisinvestoinnin tekeminen olisi vielä kannattavaa. Sisäisen korkokannan menetelmän kannattavuus ja tuottotavoite ovat vapaasti yrityksen johdon

määriteltävissä, mutta hyvä arvo on tavallisesti noin 10-15%. Tällöin sisäinen korkokanta jää yleisen korkotason yläpuolelle, jolloin yritys jää voitolle.

Lasku tapahtuu kaikessa yksinkertaisuudessaan suhteuttamalla arvioidun investoinnin hintaa vuotuisiin nettotuloihin. Oletetaan sijoituksen arvoksi esimerkiksi 600000 euroa.

$$\frac{600000}{93550} = 6,41$$

Nyt kun etsitään jaksollisten maksujen nykyarvotekijän taulukosta (Liite 6) kymmenen vuoden kohdalta arvoa 6,41, huomataan että sisäinen korkokanta olisi noin yhdeksän prosenttia. Näin voidaan todeta, että pakkausprosessin automatisointiin voitaisiin käyttää noin 600000 euroa, jos sillä pystyttäisiin täysin korvaamaan kahden henkilön työpanos.

8 RATKAISUMALLIT

8.1 Ikkunansiirtomenetelmän valinta

Toimintaperiaatteensa puolesta vihivaunu olisi varsin hyvä vaihtoehto. Se pystyisi itsenäisesti siirtämään valmiit lavat käärintäkoneelle ja siitä edelleen välivarastoon. Lisäksi vihivaunun käyttö ei verottaisi hallin lattiatilaa lainkaan, jolloin se olisi avoin myös muulle sisäiselle liikenteelle. Pakkaamossa ikkunalavoja kuitenkin liikutellaan kohtalaisen lyhyitä matkoja kerrallaan ahtaiden tilojen vuoksi. Tämä tilan puute asettaa omat rajoituksensa siirtomenetelmän valinnalle. Vihivaunu vaatii riittävästi tilaa mahtuakseen kääntymään ja liikkumaan järkevästi reittejään pitkin. Varsinkin nykymuotoisessa uupelovarastossa vihivaunujärjestelmän käyttö olisi jopa mahdotonta. Liian ahdas toimintaympäristö ei siis mielestäni mahdollista vihivaunujärjestelmän käyttöä, joten se on pudotettava tässä vaiheessa pois laskuista.

Jäljelle jäävät vaihtoehdot ovat siis kiinteät kuljettimet. Myös niillä on omat haittapuolensa. Yksi tärkeimmistä huomioitavista seikoista on erittäin hyvän etukäteissuunnittelun tekeminen. Kerran rakennetun kuljettimen muuttaminen tai siirtäminen on nimittäin hankala toteuttaa ja muutostyön aiheuttamat kustannukset ovat korkeat. Ei pidä myöskään unohtaa, että lattiatasoon asennettuna kuljetin vie suhteellisen paljon tilaa.

Kiinteä kuljetinjärjestelmä on kuitenkin oiva valinta silloin, kun liikutellaan suuria määriä materiaalia jatkuvasti kahden vakiopisteen välillä. Tällä oletuksella juurikin kiinteä kuljetinjärjestelmä olisi hyvin perusteltu ratkaisu Tiivituotteen pakkaamon tarpeisiin, sillä siellä on jatkuva yhdensuuntainen materiaalivirta. Loppukokoonpanosta paketoinnin kautta ulos tai loppukokoonpanosta uupelovaraston ja paketoinnin kautta ulos.

Esittelemistäni kuljetintyypeistä hihna- lamelli-, sekä ketjukuljettimet ovat mielestäni tähän tarkoitukseen soveltumattomia. Suurin syy hihna- ja lamellikuljettimen tyrmäämiseen on niiden kykenemättömyys kuljettimen päällä tapahtuvaan varas-

tointiin. Ketjukuljetin puolestaan on verraton keksintö kuormalavojen siirroissa ja se soveltuu myös varastointiin. Ketju ei vain luista puisen kuormalavan alla yhtä hyvin kuin rullakuljettimen sileät rullat. Näin ollen karhea ketju syö kuormalavaa varastointikohdassa ja saa aikaan paljon roskaa.

Siirtomenetelmänä tulisi siis esittelemistäni vaihtoehtoista toimimaan rullakuljetin. Vankin peruste tälle valinnalle on sen kyky varastoida tavaraa vedonpoistolla tai ilman sitä. Muita rullakuljetinta puoltavia ominaisuuksia ovat sen fyysinen kestävyys sekä kyky kantaa raskaita kuormia. Toki kuljetinjärjestelmässä on kohtia, joissa muidenkin kuljetintyyppien käyttö olisi mahdollista, mutta erilaisia kuljettimia ei kannata alkaa sekoittamaan, koska se lisää vain kustannuksia.

8.1.1 Kuljettimien sijoittaminen

Paras ja optimaalisin vaihtoehto pakkaamon layoutin toteuttamiseksi on esitetty liitteessä 2. Tämä layout on suunniteltu sillä oletuksella, että kaikki valmistuvat lavat pystyttäisiin pakkaamaan yhdellä ja samalla pakkauskoneella. Tällöin suuretkaan lavat eivät vaatisi mitään erityistoimia, kuten käsityönä tapahtuvaa paketoimintia. Linjalta suoraan täyttyvät lavat kulkisivat kuvaan vihreällä merkittyä reittiä 1 pitkin pakkauskoneen kautta ulos hallista. Lavan jäädessä uupeloksi, kulkisi se punaisella merkittyä reittiä 2, ja jäisi kuljettimen varastoivalle pätkälle odottamaan lavalta puuttuvia tuotteita. Tällainen layout vaatisi kuitenkin esimerkiksi jonkinlaisen kattokuljettimen, jonka avulla uupeloikkunat voitaisiin helposti toimittaa kuljetinjärjestelmän yli uupelovarastoalueelle.

Toinen layout-esimerkki löytyy liitteestä 3. Tämä on periaatteeltaan juuri sama kuin edellinenkin, mutta siinä on otettu huomioon ikkunalavat, joita ei suuren kokonsa puolesta ole mahdollista paketaa samalla koneella muiden lavojen kanssa. Ylikokoiset ikkunat johdettaisiin lähettämön toiselle ovelle, jossa ne voitaisiin sitten paketaa esimerkiksi käsin, ja siirtää sen jälkeen trukilla loppuvarastoon. Ylikokoisten lavojen reittiä kuvassa esittää harmaalla merkitty kaistale.

Molemmat vaihtoehdot sisältävät saman hyvän ominaisuuden. Uupelovarasto tulisi sijaitsemaa varastoivan kuljettimen päällä. Näin varastoivalle osuudelle mahtuvien lavojen määrä olisi rajallinen. Tämä rajallisuus puolestaan pitäisi huolen siitä, ettei uupelolavojen määrä pääse kasvamaan lähellekään niin suureksi kuin se tällä hetkellä pahimmillaan on.

8.2 Pakkausmenetelmän valinta

Lopullisen konetyypin valintaan vaikuttavat ratkaisevat tekijät ovat koneen vaatima tilantarve, sen aiheuttamat kustannukset sekä se, että kuinka suuri osa valmistuvista laivoista on kokonsa puolesta mahdollista koneella kääriä. Muita valinnan yhteydessä huomioitavia seikkoja ovat esimerkiksi koneen käärintäkapasiteetti, jonka merkitys korostuu kuitenkin vasta kun tehtaan tuotantomäärää aletaan jossain vaiheessa lisätä. Huomion arvoisia ovat myös lisävarusteet, kuten automaattinen kalvorullan vaihto. Näillä voidaan oleellisesti vaikuttaa automaattisen koneen itsenäisyyteen.

Eri menetelmiä ja koneita puntaroituani päädyin siihen tulokseen, että tässä työssä esiteltujen konetyyppien joukossa on kaksi varteenotettavaa vaihtoehtoa. Käärintärobotti ei kuitenkaan tule kysymykseen sen puoliautomaattisuuden vuoksi. Käärintärobotin hyvä puoli on se, ettei käärittävälle lavalle ole koon puolesta olemassa juurikaan rajoituksia. Tämä selittyy sillä, että robotin maston korkeus voi yltää jopa yli kolmeen metriin saakka.

Kutistekalvopakkausconen taas sulkee pois sen pieni koko. Kysyin näitä koneita eräältä niitä toimittavalta yritykseltä, ja vastauksessa sanottiin suurimman vakioconen leveyden riittävän vain noin 2100mm leveiden kappaleiden paketointiin. Tämä muodostuu siis ratkaisevaksi ongelmaksi koska tästä suurempia ikkunoita valmistetaan varsin huomattava määrä. Tietenkin on olemassa mahdollisuus, että riittävän suuri kone rakennettaisiin erillisestä tilauksesta. Tässä tapauksessa syntyy kuitenkin uusi ongelma: Yksittäispakkauksen tulee tapahtua ennen revausta, joten mahdollisten uupeloikkunoiden paketointi ja saattaminen oikealle lavalle tulisi aiheuttamaan hankaluuksia.

Ensimmäinen kahdesta parhaasta vaihtoehdosta on automaattinen pyöriväpöytäinen käärintäkone. Tällä hetkellä Tiivituotteen käytössä oleva käärintäkone toimii täsmälleen samalla periaatteella kuin tämä täysautomaattinen malli. Tämän vuoksi kyseinen automaattinen malli olisikin soveltavuudeltaan erinomainen pakkaamon automatisointiin. Esimerkiksi koneen tilantarve ei tulisi merkittävästi kasvamaan nykytilanteeseen verrattuna. Näihin automaattisiin koneisiin on saatavilla lukuisia lisävarusteita. Oikeastaan vain raha ja mielikuvitus ovat rajoitteina.

Toinen vaihtoehto on jäljelle jäävä kampikäärintäkone. Tämä kone vie hieman pyöriväpöytäistä konetta enemmän tilaa sen runkokehikon vuoksi, mutta muuten tämä on varsin hyvä ratkaisu. Koneet on usein mm. ympäröity suojaverkoilla, kuljetinaukot on varustettu turvaloverhoilla sekä siitä löytyy mahdollisuus kuljetinjärjestelmän kanssa käytettävien kättelysignaalien käyttöön. Molemmat automaattiset konetyypit on lisäksi varustettu integroiduilla kuljettimilla, joten ne sopivat loistavasti automaattisen kuljetinjärjestelmän osaksi.

Työssä esimerkkeinä käytetyistä koneista kumpikaan ei sellaisenaan ole Tiivituotteen tarkoituksiin soveltuva. Cyklop GL1000 on standardikokoinen ja tarkoitettu liian pienten lavojen käärintään. Octomeca OMC-H3000 puolestaan on jollekin asiakkaalle erikseen suunniteltu ratkaisu ja kooltaan liian suuri Tiivituotteen toimitiloihin.

Ihanteellinen tilanne olisi sellainen, että kaikki valmistettavat lavat pystyttäisiin käärimään koneellisesti. Jos se ei kuitenkaan ole mahdollista, koneen valintaa silmällä pitäen on otettava selville se lavamitan raja-arvo, jonka ylimenevä osa on mahdollista tai järkevää kääriä käsin. Kyseisen mitan selvittyä on mahdollista ottaa yhteyttä yrityksiin, kuten Octomeca Oy, jotka valmistavat tilauksesta asiakkaan toiveiden mukaisia koneita. Näin saadaan koneen valmistajalta suoraan tarkka tieto siitä, mahtuuko juuri ikkunalavojen käärintään tarkoitettu kone pakkaamoon siten, että kuljetinjärjestelmäkin pystyttäisiin rakentamaan järkevästi.

8.3 Välivaraston toteutus

Lopputuotteelle tarkoitettu välivarasto voitaisiin toteuttaa useallakin eri tavalla. Tässä työssä esittelen kaksi toimintaperiaatteeltaan yksinkertaista ja helposti toteutettavissa olevaa versiota.

Ensimmäinen vaihtoehto on liitteessä 4 kuvattu malli. Valmiit lavat tulevat ovesta ulos rullakuljetinta pitkin. Lava tulee ulos kuljetinta pitkin ja pysähtyy sillä sijaitsevalle kääntöpöydälle 1, joka kääntää lavan kulkusuunnan linjan 1 suuntaiseksi. Tämän jälkeen lava siirtyy linjaa pitkin pysähtyen sen päässä olevaa stopparia vasten. Kun linja 1 tulee täyteen, astuu anturointi mukaan kuvaan. Seuraavat lavat käännetään vasta kääntöpöydällä 2 ja ohjataan linjalle 2. Linjojen täyttymisestä tulee myös mennä tietoa suoraan trukinkuljettajalle. Tarvittaessa linjoja voidaan asentaa rinnakkain useampiakin. Kustannuksiltaan tämä välivarastomalli on toista vaihtoehtoa arvokkaampi kääntöpöytien ansiosta.

Toinen tapa toteuttaa välivarasto on paljon yksinkertaisempi. Liitteen 5 mukaisesti se tulisi koostumaan vain pienen lenkin tekevästä rullakuljettimesta, jonka päässä on stoppari. Myös tähän ratkaisuun tulisi samanlainen anturointi, joka ilmoittaa välivaraston täyttymisestä trukinkuljettajalle.

Pelkän kuljetinjärjestelmän lisäksi välivarasto vaatii katon päänsä päälle. Luonnollisesti järkevintä on säilyttää kyseinen tila kylmävarastona, koska sitä ei ole tarkoitettu valmiin tavaran pidempiaikaiseen säilytykseen. Varsinkin kun ikkunat sijoitetaan joka tapauksessa lopulta pihamaalle odottamaan toimitustaan asiakkaalle. Kylmävaraston ansiosta aikojen saatossa säästetään huomattavia summia kevyempien rakenteiden sekä olemattomien lämmityskustannusten muodossa.

Katetun osan toteutuksessa ja rakenteessa on myös otettava huomioon esimerkiksi kuljettimiin kohdistuvat luonnonvoimat sekä niistä aiheutuvien haittojen minimoiminen. Tällaisia haittoja ovat mm. lämpötilanvaihtelut, ilmankosteus sekä kondensio. Teräsrakenteisten kuljettimien suojaaminen onnistuu helposti maalaamalla

ja rasvaamalla, mutta koneiden laakerikohtien, sähkölaitteiden ja liikkuvien osien suojaus voi tuoda haasteita varsinkin avokatoksessa.

9 POHDINTA

Työn tavoitteena oli kartoittaa ratkaisumalleja pakkausprosessin automatisoimiseksi sekä lopputuotteen välivarastoinemiseksi. Työssä esitellään erilaisia materiaalien siirtoon käytettäviä kuljettimia sekä paketointiin käytettäviä koneita. Eri vaihtoehtoja vertailemalla oli tarkoituksena löytää pakkaamon automatisointiin sopivia ratkaisuja.

Ehkä suurin ongelma tässä suunnittelu- ja kartoitustyössä oli tiedossa oleva tilanpuute. En osaa sanoa varmasti, mahtuuko suunnittelemani kokonaisuus sellaiseenaan pakkaamon tiloihin. Lopputulos riippunee paljolti mahdollisesti hankittavan pakkauskoneen ulkoisesta koosta. Pakkauskoneen koko taas ratkaisee, pystytäänkö lavojen siirtoon ajateltua kuljetinjärjestelmää toteuttamaan siinä muodossa kuin tässä työssä olen esitellyt. Huomion arvoinen seikka työtä koskien oli myös Inwido-konsernin linjaus, jonka mukaan hallitilaa ei saa kasvattaa mutta koneisiin voidaan kuitenkin investoida.

Kun muutosprosesseja tehdään valmiiseen tuotantoon sekä valmiisiin tiloihin, asettaa se aina suunnittelulle omat haasteensa. Pahimmillaan muutostöitä ei voida toteuttaa ilman tuotantotilan rakenteellisia muutoksia.

Katson kuitenkin onnistuneeni tämän tutkimustyön kanssa, sillä löysin koneita ja laitteita joita käyttämällä toimivan kokonaisuuden rakentaminen olisi mahdollista. Työn tekeminen oli mielenkiintoista ja opettavaista, koska tätä tehdessä sai käytännön tasolla nähdä, millaista esimerkiksi tuotantoinsinöörin työ voi olla.

LÄHTEET

Baltic Packaging Systems Goup. Cyklop GL1000. Www-dokumentti. Saatavissa: [www.bps-baltic.com/uploads/images/GL1000%20\(2\).jpg](http://www.bps-baltic.com/uploads/images/GL1000%20(2).jpg). Luettu 23.2.2010.

C&H System. Www-dokumentti. Saatavissa: www.chsystem.dk/data/images/news/atab%20agv.jpg. Luettu 23.2.2010.

Conveyor Metal Works. Chain conveyor. Www-dokumentti. Saatavissa: www.conveyormetalworks.com/pictures/LOW%20PROFILE%20CHAIN%20CONVEYOR%20DRIVE%20END.JPG. Luettu 30.2.2010.

EAB Finland. EAB Push Back. Www-dokumentti. Saatavissa www.eab.fi/templates/info.cfm?SidorID=562. Luettu 23.2.2010.

Elinkeinoelämän keskusliitto. Palkkatilasto katsaus, 2009. Www-dokumentti. Saatavissa: www.ek.fi/www/fi/tutkimukset_julkaisut/2010/5_touko/PalkkatilastoKatsaus_2009.pdf. Luettu 31.5.2010.

Gilmore- Kramer Company. Belt conveyor. Www-dokumentti. Saatavissa: http://www.gilmorekramer.com/more_info/model_tr_horizontal_trough_bed_conveyor/images/tr_conveyor_full.jpg. Luettu 18.2.2010.

Hakola, J. 2001. Joustavat vihivaunujärjestelmät. Teknillinen korkeakoulu, kone-tekniikan osasto. Www-dokumentti. Saatavissa: users.tkk.fi/jphakola/kptseminaari/fms.html#luku4.2.2. Luettu 11.3.2010.

Heikki Salmelan opintomateriaali

Hokkanen, S.; Karhunen, J. & Luukkainen, M. Johdatus logistiseen ajatteluun. 2002. Jyväskylän, Kopijyvä Oy

Karhunen, J.; Pouri, R. & Santala, J. 2004. Kuljetukset ja varastointi – järjestelmät, kalusto ja toimintaperiaatteet. WS Bookwell Oy. Suomen Logistiikkayhdistys ry.

Keyway Oy. Rulla. Www-dokumentti. Saatavissa: www.keyway.fi/kuvat-rullarata/rulla-20-iso.jpg. Luettu 27.2.2010.

Käki, T. (toim.). 2008. Taidolla tuottavuuteen – työkaluja tuottavuuden kehittämiseen. Tampere, Tampereen yliopistopaino Oy 2008

Kördel, L. 2001. Automaatiotekniikka 2000. Automaatio IS-PRINT, Iisalmi 2001

Laatukeskus Excellence Finland. Osaamisen ja toiminnan jatkuva parantaminen. Www-dokumentti. Saatavissa: www.laatukeskus.fi/default.asp?docId=39373. Luettu 30.3.2010.

Mac Due. Kutistekalvopakkaus kone. Www-dokumentti. Saatavissa: www.macdue.com/popupDettab67.html?cod=57. Luettu 23.2.2010.

Marja- Liisa Kaakon opintomateriaali

Mercamer Oy. Käärintärobotti. Www-dokumentti. Saatavissa: www.mercamer.fi/pakkaus koneet/kiristekaarintakoneet/mercaroll_robot. Luettu 16.3.2010.

Mtv3. Matkalaukkukuljetin. Www-dokumentti. Saatavissa: img.mtv3.fi/mn_kuvat/mtv3/uutiset/kotimaa/muuta_sekalaista/537479.jpg. Luettu 23.2.2010.

Octomeca Oy. Kampikäärintäkone. Www-dokumentti. Saatavissa: www.octomeca.fi/kampikaarintakoneet.html. Luettu 24.3.2010.

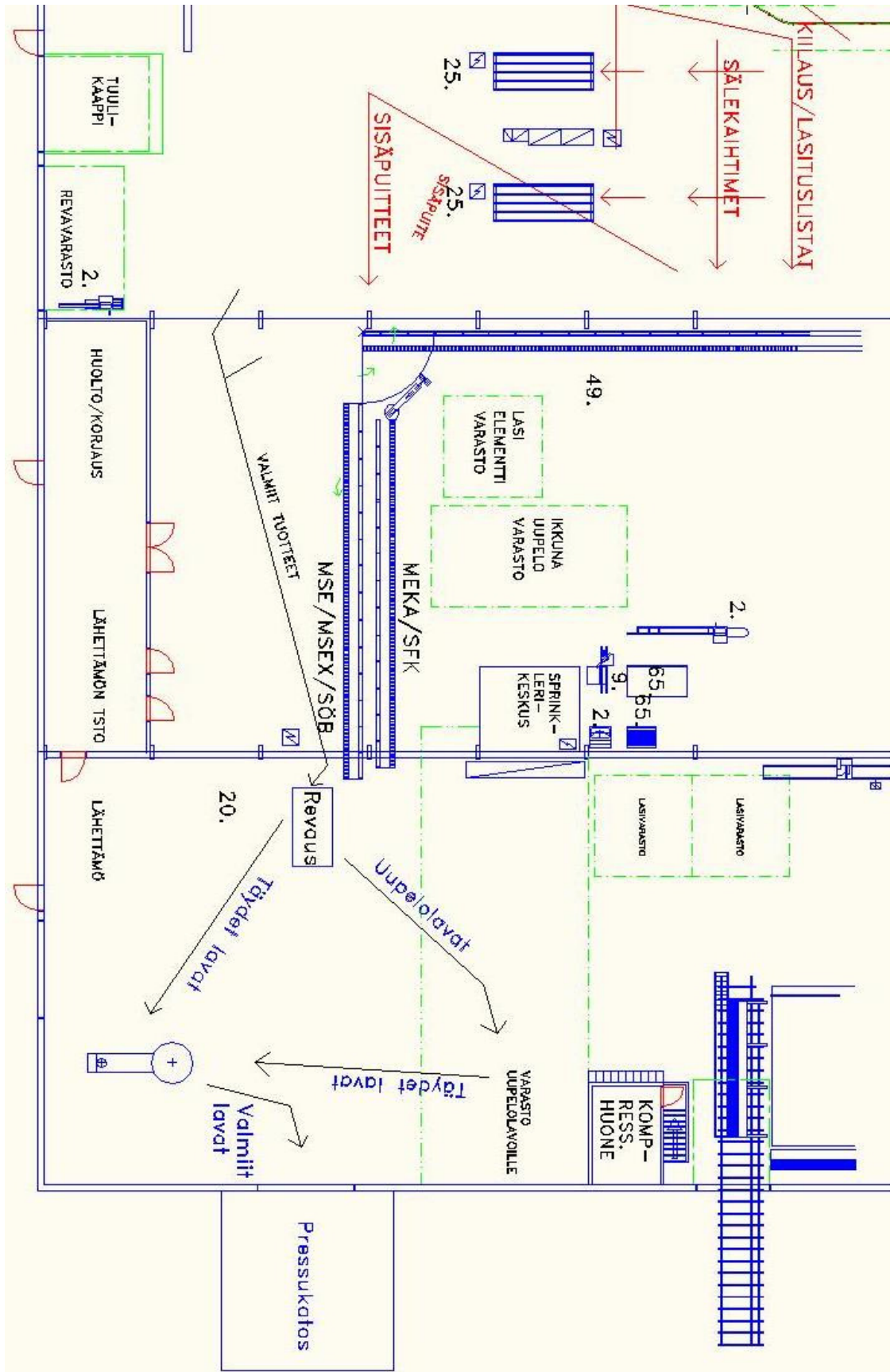
Peterson, M. History of Conveyor Belts. Ezine Articles Submission. Www-dokumentti. Saatavissa: www.ezinearticles.com/?History-of-Conveyor-Belts&id=353910. Luettu 25.3.2010.

Sakki, J. 2001. Tilaus-toimitusketjun hallinta, Logistinen b to b –prosessi. Viides uudistettu painos. Espoo, Jouni Sakki Oy.

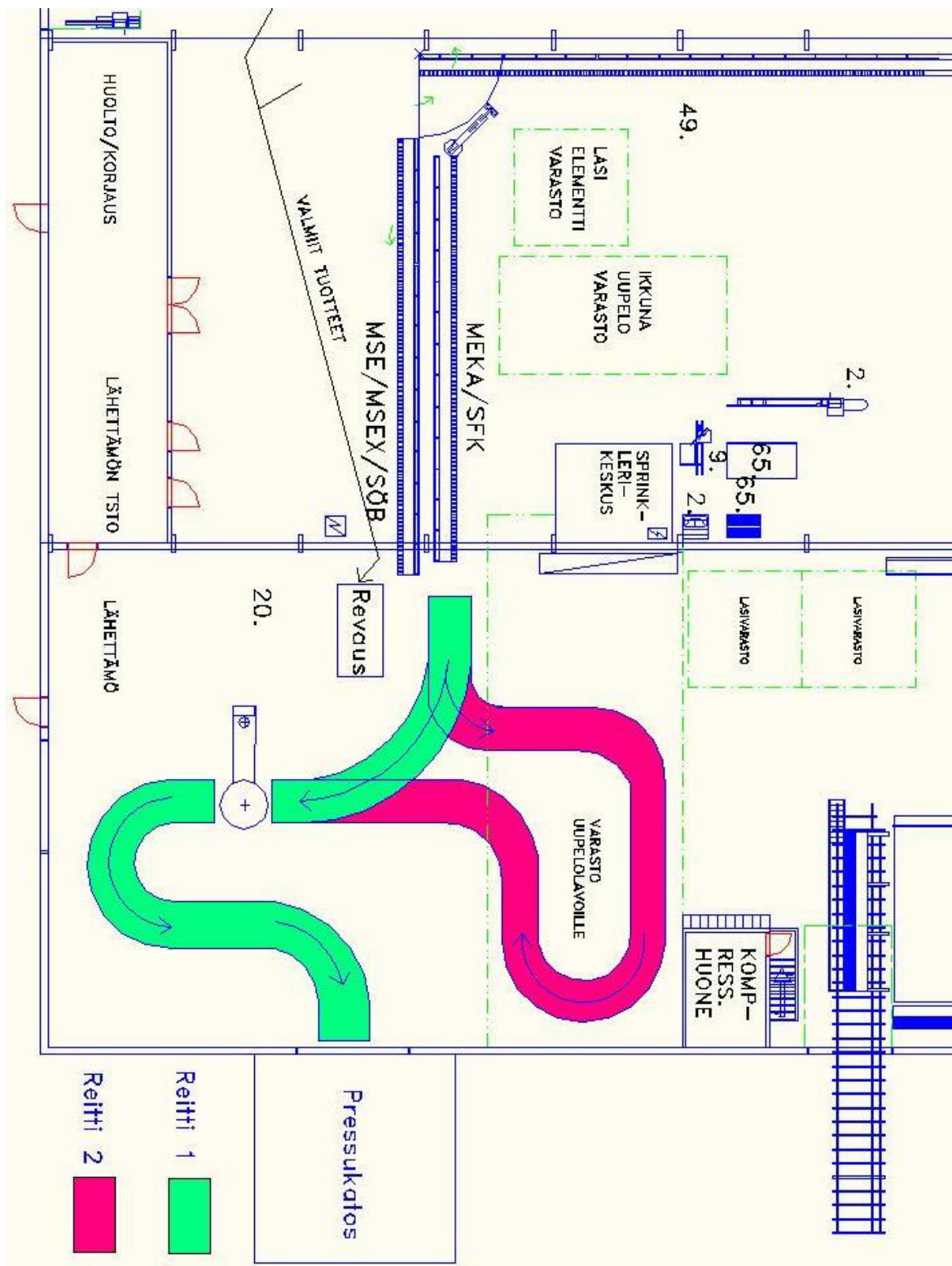
Suomen kuljetusopas. Tavarankäsittelylaitteet. Www-dokumentti. Saatavissa: www.kuljetusopas.com/varastointi/kasittelylaitteet/. Luettu 11.3.2010.

Suomen Metalliteollisuuden Keskusliitto. 1983. MET TEKNINEN TIEDOTUS 28/83 Yleisimmät kappaletavarakuljettimet. Metalliteollisuuden Kustannus OY.

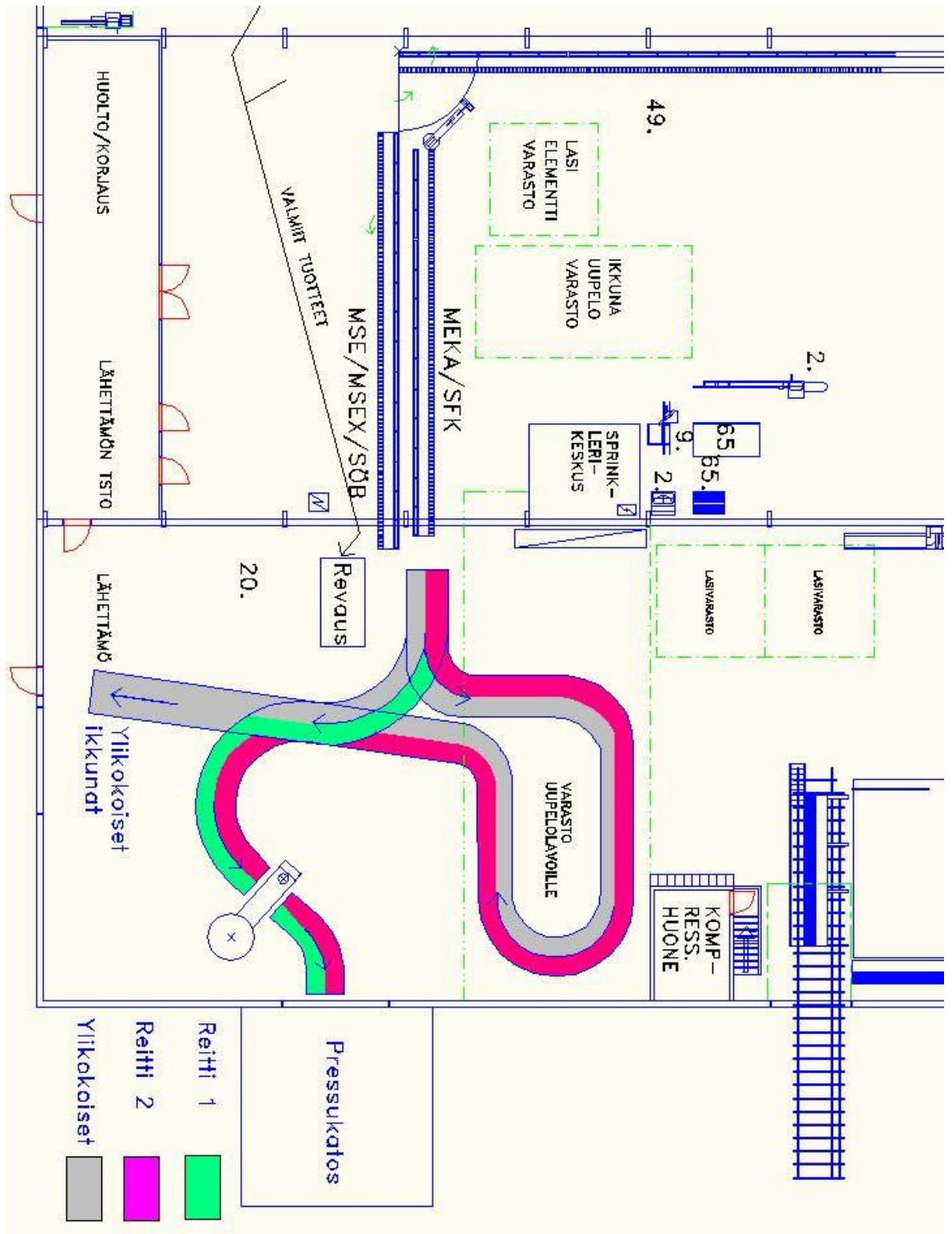
Liite1. Alkulayout



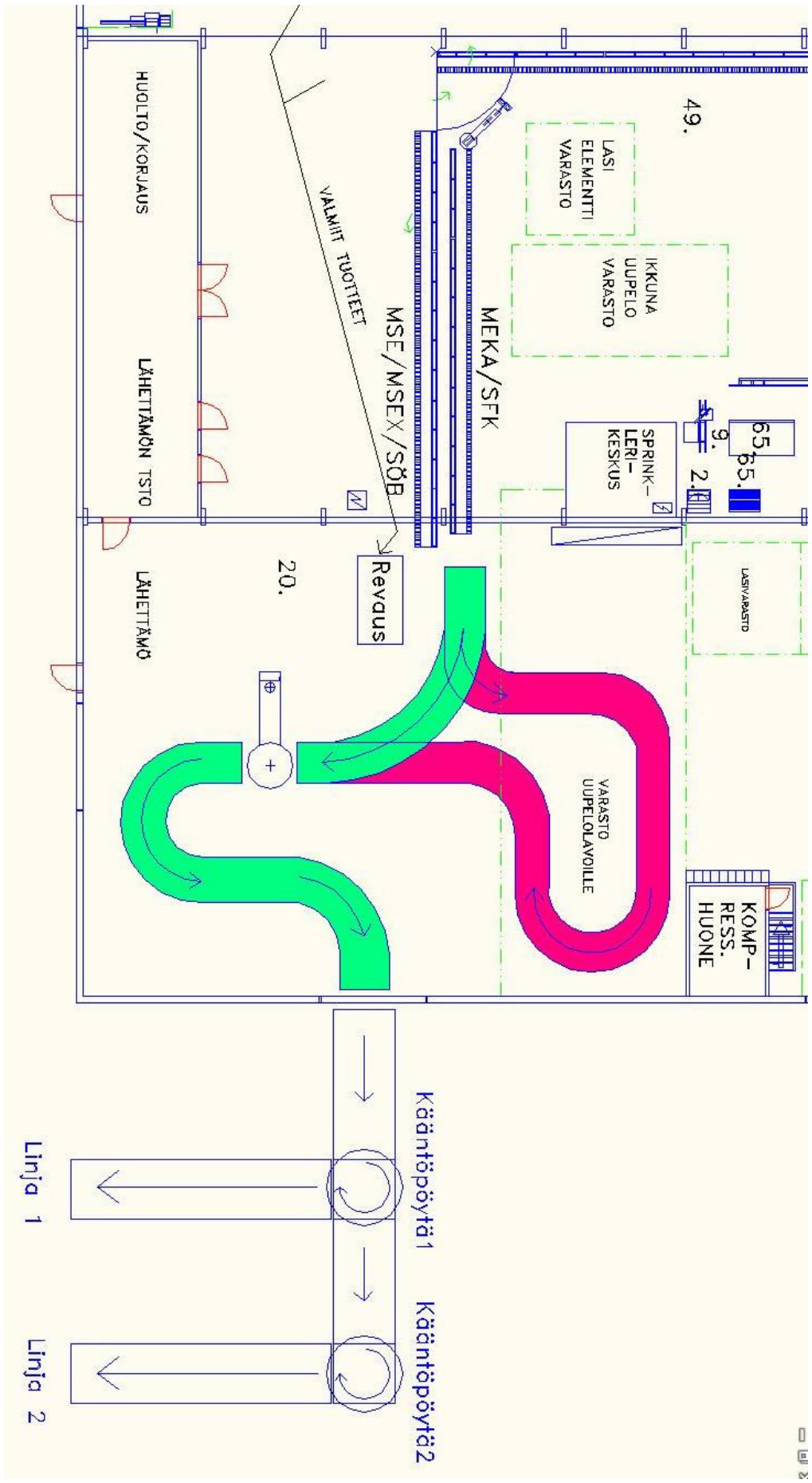
Liite 2. Rullakuljettimen sijoittaminen tapa 1



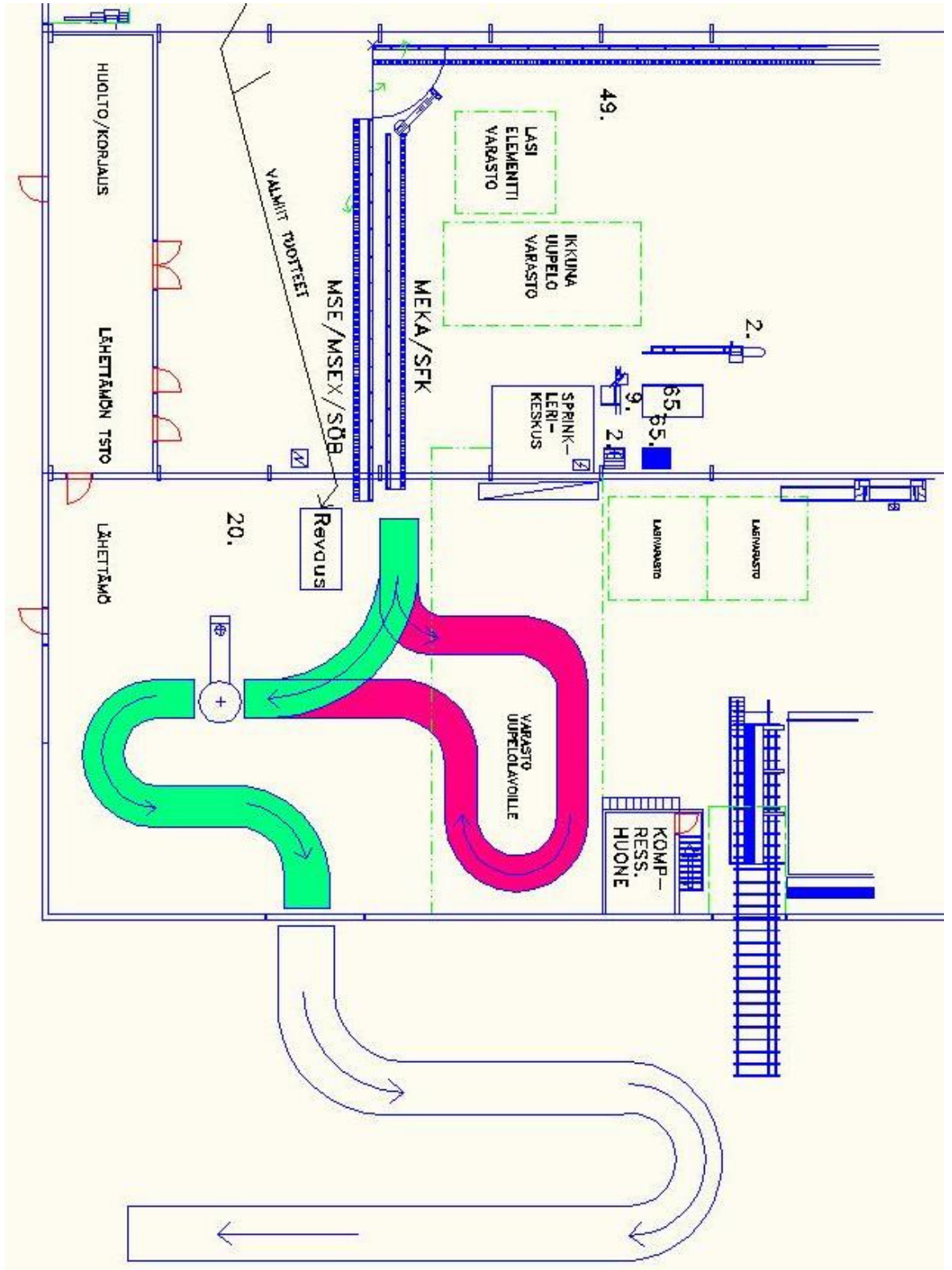
Liite 3. Rullakuljettimen sijoittaminen tapa 2



Liite 4. Välivarasto 1



Liite 5. Välivarasto 2



Liite 6. Laskelmissa käytetyt taulukot

Diskonttaustekijän taulukko

1 EURON NYKYARVO

(maksujen oletetaan tapahtuvan kulloinkin kysymyksessä olevan vuoden lopussa)

$$\text{Kaava: } \frac{1}{(1+i)^n}$$

n/i	5 %	6 %	7 %	8 %	10 %	12 %	15 %	20 %
1	0,9524	0,9434	0,9346	0,9259	0,9091	0,8929	0,8696	0,8333
2	0,9070	0,8900	0,8734	0,8573	0,8264	0,7972	0,7561	0,6944
3	0,8638	0,8396	0,8163	0,7938	0,7513	0,7118	0,6573	0,5787
4	0,8227	0,7921	0,7629	0,7350	0,6830	0,6355	0,5718	0,4823
5	0,7835	0,7473	0,7130	0,6806	0,6209	0,5674	0,4972	0,4019
6	0,7462	0,7050	0,6663	0,6302	0,5645	0,5066	0,4323	0,3349
7	0,7107	0,6651	0,6228	0,5835	0,5131	0,4523	0,3759	0,2791
8	0,6768	0,6274	0,5820	0,5403	0,4665	0,4039	0,3269	0,2326
9	0,6446	0,5919	0,5439	0,5002	0,4241	0,3606	0,2843	0,1938
10	0,6139	0,5584	0,5083	0,4632	0,3855	0,3220	0,2472	0,1615
11	0,5847	0,5268	0,4750	0,4289	0,3505	0,2873	0,2149	0,1346
12	0,5568	0,4970	0,4440	0,3971	0,3186	0,2567	0,1869	0,1122
13	0,5303	0,4688	0,4150	0,3677	0,2897	0,2292	0,1625	0,0935
14	0,5051	0,4423	0,3878	0,3405	0,2633	0,2046	0,1413	0,0779
15	0,4810	0,4173	0,3624	0,3152	0,2394	0,1827	0,1229	0,0649
20	0,3769	0,3118	0,2584	0,2145	0,1486	0,1037	0,0611	0,0261
30	0,2314	0,1741	0,1314	0,0994	0,0573	0,0334	0,0151	0,0042
40	0,1420	0,0972	0,0668	0,0460	0,0221	0,0107	0,0037	0,0007
50	0,0872	0,0543	0,0339	0,0213	0,0085	0,0035	0,0009	0,0001

Jaksollisten maksujen nykyarvotekijän taulukko

JAKSOLLISTEN SUORITUSTEN NYKYARVO

(1 euron suuruisen jaksollisten suoritus oletetaan tapahtuvan kulloinkin kysymyksessä olevan vuoden lopussa)

$$\text{Kaava: } \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$$

n/i	5 %	6 %	7 %	8 %	10 %	12 %	15 %	20 %
1	0,952	0,943	0,935	0,926	0,909	0,893	0,870	0,833
2	1,859	1,833	1,808	1,783	1,736	1,690	1,626	1,528
3	2,723	2,673	2,624	2,577	2,487	2,402	2,283	2,106
4	3,546	3,465	3,387	3,312	3,170	3,037	2,855	2,589
5	4,329	4,212	4,100	3,993	3,791	3,605	3,352	2,991
6	5,076	4,917	4,767	4,623	4,355	4,111	3,785	3,326
7	5,786	5,582	5,389	5,206	4,868	4,564	4,160	3,605
8	6,463	6,210	5,971	5,747	5,335	4,968	4,487	3,837
9	7,108	6,802	6,515	6,247	5,759	5,326	4,772	4,031
10	7,722	7,360	7,024	6,710	6,144	5,650	5,019	4,193
11	8,306	7,887	7,499	7,139	6,495	5,938	5,234	4,327
12	8,863	8,384	7,943	7,536	6,814	6,194	5,421	4,439
13	9,394	8,853	8,358	7,904	7,103	6,424	5,583	4,533
14	9,899	9,295	8,745	8,244	7,367	6,628	5,724	4,611
15	10,380	9,712	9,108	8,599	7,606	6,811	5,847	4,676
20	12,462	11,470	10,594	9,818	8,514	7,469	6,259	4,870
30	15,372	13,765	12,409	11,258	9,427	8,055	6,566	4,980
40	17,159	15,046	13,332	11,925	9,779	8,244	6,642	4,997
50	18,256	15,762	13,801	12,233	9,915	8,304	6,660	5,000

Annuiteettitekijän taulukko

ANNUITEETTITEKIJÄ

(Nykyarvoltaan 1 euron suuruisen suoritus muunnettuna vuosittaisiksi maksuiksi)

$$\text{Kaava: } \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

n/i	5 %	6 %	7 %	8 %	10 %	12 %	15 %	20 %
1	1,0500	1,0600	1,0700	1,0800	1,1000	1,1200	1,1500	1,2000
2	0,5376	0,5454	0,5531	0,5608	0,5762	0,5917	0,6151	0,6546
3	0,3672	0,3741	0,3811	0,3880	0,4021	0,4164	0,4380	0,4747
4	0,2820	0,2886	0,2952	0,3019	0,3155	0,3292	0,3503	0,3863
5	0,2310	0,2374	0,2439	0,2505	0,2638	0,2774	0,2983	0,3344
6	0,1970	0,2034	0,2098	0,2163	0,2296	0,2432	0,2642	0,3007
7	0,1728	0,1791	0,1856	0,1921	0,2054	0,2191	0,2404	0,2774
8	0,1547	0,1610	0,1675	0,1740	0,1874	0,2013	0,2213	0,2606
9	0,1407	0,1470	0,1535	0,1601	0,1736	0,1877	0,2096	0,2481
10	0,1295	0,1359	0,1424	0,1490	0,1628	0,1770	0,1993	0,2385
11	0,1204	0,1268	0,1334	0,1401	0,1540	0,1648	0,1911	0,2311
12	0,1128	0,1193	0,1259	0,1327	0,1468	0,1614	0,1845	0,2253
13	0,1065	0,1130	0,1197	0,1265	0,1408	0,1557	0,1791	0,2206
14	0,1010	0,1076	0,1143	0,1213	0,1358	0,1509	0,1747	0,2169
15	0,0963	0,1030	0,1098	0,1168	0,1315	0,1468	0,1710	0,2139
20	0,0802	0,0872	0,0944	0,1019	0,1175	0,1339	0,1598	0,2054
30	0,0651	0,0727	0,0806	0,0888	0,1061	0,1241	0,1523	0,2009
40	0,0583	0,0665	0,0750	0,0838	0,1023	0,1213	0,1506	0,2001
50	0,0548	0,0634	0,0724	0,0817	0,1009	0,1204	0,1501	0,2000