

Kalle Seppälä

Kelapakkauslinjan kapasiteettityökalun kehittäminen

Opinnäytetyö

Kevät 2017

SeAMK Tekniikka

Konetekniikan tutkinto-ohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan koulutusyksikkö

Tutkinto-ohjelma: Konetekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Kone- ja tuotantotekniikka

Tekijä: Kalle Seppälä

Työn nimi: Kelapakkauslinjan kapasiteettityökalun kehittäminen

Ohjaaja: Jukka Pajula

Vuosi: 2017

Sivumäärä: 49

Liitteiden lukumäärä: 0

Tämän työn tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa Pesmel Oy:lle uusi kapasiteetinlaskentatyökalu. Tarkoituksena oli toteuttaa Excel-pohjainen työkalu, jossa olisi kaikki tarvittava tieto, jotta sillä pystyy laskemaan metallikelan pakkauslinjan kapasiteetin. Työssä käytettiin hyväksi vanhoja laskentalomakkeita, jotka on tehty konekohtaisiksi. Samalla ne päivitettiin tähän päivään.

Työ aloitettiin tutustumalla kapasiteetilaskennan teoriaan. Aihe oli niin yksityiskohtainen, että siitä oli vaikeaa löytää teoriakirjallisuutta. Työn tässä vaiheessa selvitettiin, minkä takia metallikeloja on pakattava sekä että mitä asioita liittyy varastointiin ja kuljetukseen. Työssä myös käytiin läpi Pesmelin metallikelan pakkausprosessin sekä siihen tarvittavat laitteet. Samassa yhteydessä avattiin keinoja kapasiteetin laskemiseen. Kapasiteetti on kyettävä laskemaan ja arvioimaan mahdollisimman tarkasti, jotta tiedetään, mitä voidaan asiakkaalle tarjota. Tutkimuksen jälkeen alettiin kokoamaan uutta kapasiteetinlaskentatyökalua. Sen tekeminen aloitettiin läpikäymällä vanhoja laskentalomakkeita ja kokeilemalla niitä eri tavoin. Samalla selvitettiin, mitä mikäkin pakkauslinjan kone tekee ja miten niihin liittyvät kaavat toimivat. Sen jälkeen uuteen laskentapohjaan alettiin lisäämään laskentalomakkeita kone kerrallaan. Kaikki kaavat ja viittaukset piti käydä läpi, sillä kopioinnin jälkeen viitatut solut eivät enää päteneet ja ne piti hakea uudestaan. Tämän työn jälkeen koottiin työsivu, jossa on koottuna kaikki koneet sekä siirtovaunut.

Kapasiteetinlaskentatyökalun kokoamisen jälkeen sitä päästiin pian kokeilemaan oikeassa tilanteessa. Työkalu toimi pääsääntöisesti hyvin ja luotettavasti. Siihen tehtiin pieniä muutoksia paremman käytettävyyden saavuttamiseksi. Voidaan todeta, että työn tavoitteet saavutettiin.

Avainsanat: kapasiteetti, metallikela, pakkaus, tuotannonsuunnittelu

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Mechanical Engineering

Specialisation: Mechanical and Production Engineering

Author: Kalle Seppälä

Title of thesis: Development of Metal Coil Capacity Calculation Tool

Supervisor: Jukka Pajula

Year: 2017

Number of pages: 49

Number of appendices: 0

The aim of the work was to plan and execute a new capacity-planning tool for Pesmel Oy. Pesmel Oy is a Finnish company which designs and produces conveying, packing and storing solutions for paper and metal industry. The goal was to make an Excel-based tool, which would have every feature necessary to calculate a capacity for a metal coil packing line. Previous calculation forms, which were made for each machine used in the coil packing line, were used. These forms were also updated.

The first step with the work was to study theory on capacity calculations. The subject was so specific that it was difficult to find information about it. The thesis gave reasons to why there would be a need to pack metal coils, and what kind of problems they would have during transportation and storage. Pesmel's process of metal coil packing and machines needed were also presented. The means to calculate the capacity of packing line were explained. It is necessary to have the knowledge to calculate the capacity as precisely as possible in order to know what kind of performance can be offered to customers. The assembly of the new tool for capacity calculation was started after the research. The work was started by studying previous calculation forms and by testing them. The function of every machine in the packing line, and all the formulas for the machines were studied. Then forms were added to the new calculation tool one by one. There was a need to go through every formula and reference, because after copying them, the references in cells would not be valid any more. After the worksheet was designed and assembled, information on every machine and carriage could be found there.

After assembling the calculation tool, it could be tested in a real situation. On the whole, the tool worked well and it was reliable. After the test some small changes were done to achieve a better usability. After all, it can be stated that the aim of the work was achieved.

Keywords: capacity, metal coil, packing, production planning

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	1
Thesis abstract.....	2
SISÄLTÖ.....	3
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluettelo.....	5
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	6
1 JOHDANTO.....	7
1.1 Työn tausta.....	7
1.2 Työn tavoite.....	8
1.3 Työn rakenne.....	8
1.4 Yritysesittely.....	9
2 KAPASITEETTI.....	12
2.1 Kapasiteetin periaate.....	12
2.2 Kapasiteetin määritelmät.....	13
2.3 Suurtuotannon edut ja haitat.....	16
2.3.1 Suurtuotannon edut.....	16
2.3.2 Suurtuotannon haitat.....	17
2.4 Kapasiteetin karkeasuunnittelu.....	17
2.5 Kapasiteetin laskeminen ja suunnittelu.....	19
2.5.1 Arvioi kapasiteettivaatimus.....	20
2.5.2 Tunnista kapasiteettiero.....	21
2.5.3 Kehitä vaihtoehtoisia suunnitelmia.....	21
2.5.4 Tutki vaihtoehtoiset suunnitelmat.....	21
3 METALLIKELAN PAKKAUS.....	23
3.1 Pakkauksen tarve ja metallikelan pakkaus.....	23
3.2 Pakkauksen ympäristönäkökulma.....	25
3.3 Kelan eteneminen pakkauslinjalla.....	27
3.4 Pakkauslinja.....	29
3.4.1 Manuaaliasema 1.....	30
3.4.2 Silmästäkäärintä.....	31
3.4.3 Bodykäärintä.....	32

3.4.4	Manuaaliasema 2.....	33
3.4.5	Silmästävanteutus.....	34
3.4.6	Kehävanteutus	35
3.4.7	Etiketöinti	36
3.4.8	Siirtovaunu ja kelapukki	37
4	KAPASITEETILASKENTALOMAKKEEN KOKOAMINEN	38
4.1	Laskentapohjien kerääminen	38
4.2	Laskentapohjien läpikäynti ja korjaus.....	39
4.3	Työsivun kokoaminen	40
4.4	Laskentapohjan ulkoasun ja käytettävyyden kehittäminen.....	42
4.5	Laskentapohjan testaus	43
5	TULOKSET	46
6	POHDINTA	47
	LÄHTEET	48

Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuvio 1. Suurtuotannon edut ja haitat (Krajewski 2013, 225).	16
Kuvio 2. Pakkauksien uhat (Reijo Rautaluoman Säätiö).	23
Kuvio 3. Yksittäinen sykli.	27
Kuvio 4. Epäoptimaalinen pakkauslinjan sykli.	27
Kuvio 5. Optimaalinen sykli.	28
Kuvio 6. Pakkauslinja (Pesmel 2017).	29
Kuvio 7. Manuaaliasema 1 ja metallikela aseman jälkeen (Pesmel 2017).	30
Kuvio 8. Silmästäkäärin ja metallikela aseman jälkeen (Pesmel 2017).	31
Kuvio 9. Bodykäärin ja metallikela aseman jälkeen (Pesmel 2017).	32
Kuvio 10. Manuaaliasema 2 ja metallikela kunkin suojamateriaalin lisäyksen jälkeen (Pesmel 2017).	33
Kuvio 11. Silmästävanteutus ja metallikela aseman jälkeen (Pesmel 2017).	34
Kuvio 12. Kehävanteutus ja metallikela aseman jälkeen (Pesmel 2017).	35
Kuvio 13. Merkintä ja metallikela aseman jälkeen (Pesmel 2017).	36
Kuvio 14. Siirtovaunu ja kelapukki (Pesmel 2017).	37
Kuvio 15. Työsivu 1 (Pesmel 2017).	40
Kuvio 16. Työsivu 2 (Pesmel 2017).	41
Kuvio 17. Vaunusekvenssien hahmotelma.	44

Käytetyt termit ja lyhenteet

Kapasiteetti	Linjan korkein mahdollinen tuotantomäärä tietyssä ajassa
Kelapukki	Metallikelan teline, johon kela voidaan jättää siirtovaunujen välillä
Metallikela	Metalliteollisuudessa raaka-ainetta toimitetaan asiakkaalle usein kelalle rullattuna
Layout	Tehtaan laitteiden pohjakuva
Pullonkaulakone	Linjaston hitain kone, joka laskee koko linjaston kapasiteettia

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Pesmelillä tavoitteena on palvella asiakasta kokonaisvaltaisesti, myynnistä suunnitteluun ja valmistukseen asti. Jotta asiakkaalle saadaan mitä asiakas tarvitsee, myynnin pohjatyöt on tehtävä huolellisesti. Tarpeena on suunnitella pakkauslinjasto, joka kohtaa asiakkaan tarpeet. Asiakkaalta hankitaan tieto halutuista työvaiheista ja materiaaleista sekä linjan haluttu kapasiteetti. Koneet ja niiden varustelu merkataan laskentalomakkeeseen. Koneiden varustelu, tuotetiedot, käytettävät pakkausmateriaalit ja muut muutettavat parametrit vaikuttavat koneen tahtiin ja tätä kautta kapasiteettiin.

Kun ollaan saatu selville konekohtaiset kapasiteetit - tiedetään, mikä kone on kaikista hitain ja se on määräävä linjan maksimikapasiteettia ajatellen. Vaunujen määrää nostamalla voidaan linjan maksimikapasiteettia nostaa, kunnes saavutetaan koneiden maksimiläpimenoaika. Ongelmana on se, että siirtovaunujen määrän noustessa, nousee myös pakkauslinjan hinta. Kapasiteettia laskettaessa suunnitellaan asiakkaalle tarjousta ja tietenkin tarjouksen on oltava kilpailukykyinen. Äärimmäisessä tapauksessa yksi ylimääräinen siirtovaunu saattaa tehdä tarjotusta pakkauslinjasta juuri sen verran kalliimman, että asiakas valitsee kilpailijan linjan. Tämän takia laskentatyökalun on oltava mahdollisimman tarkka, looginen ja helppokäyttöinen.

Helppokäyttöisyys rohkaisee kokeilemaan erilaisia ratkaisuja ja kokeilemalla saadaan tässä tapauksessa aikaan muitakin ratkaisuja kuin yksi siirtovaunu jokaisen koneen välille. Pakkauslinjoihin on mahdollista suunnitella sekvenssejä, joissa yksi siirtovaunu palvelee useampaa konetta tahditettuna. Näin saadaan siirtovaunujen hyötyastetta nostettua niin korkeaksi kuin mitä varsinaiset pakkauskonet antavat myöden. Paras vaihtoehto siirtovaunujen liikkeelle ja määrälle syntyy kokeilemalla useita eri vaihtoehtoja. Ajan myötä kokeneelle suunnittelijalle kehittyy myös silmä, jolla hän näkee jo ennakkoon, mikä on todennäköisesti paras vaihtoehto.

1.2 Työn tavoite

Kapasiteetilaskentaa on Pesmelillä tehty pitkän aikaa. Laskentaan on kehitetty laskentapohjia sitä mukaa, kun koneita on suunniteltu ja kehitelty eteenpäin. Laskentapohjissa on valmiiksi joka kentässä arvot, joita voidaan pitää yleisinä tai suositeltavina. Tarvittaessa käyttäjä voi muuttaa parametreja, jotka ovat pohjan oletusarvoista poikkeavia. Nämä parametrit ovat juuri niitä tietoja, joita asiakkaalta on selvitettävä, ennen kuin tarjousta voidaan antaa.

Tähän mennessä joka koneelle sekä siirtovaunuille on ollut eri laskentapohja. Tämän työn tavoitteena on yhdistää kaikki laskentapohjat samaan Excel-tiedostoon ja näin saada aikaan helpompi ja virtaviivaisempi työprosessi. Kaikki tiedot tulevat samaan tiedostoon, joten enää ei ole tarvetta avata useita eri tiedostoja, jotta saadaan laskettua linjan kapasiteetti. Myös tarjouksen dokumentointi on helpompaa, kun laskentaperusteet selviävät yhdestä tiedostosta.

Tarkoituksena on mahdollisuuksien mukaan edelleen jatkokehittää työkalua lisäämällä siihen uusia ominaisuuksia. Yhteinen laskentapohja antaa mahdollisuuden lisätä pohjaan arvioita pakkauslinjan sähkön tai paineilman kulutuksesta. Mahdollista on myös laskea metritavaran, esimerkiksi vanteen, kulutusta, ja pitkälle vietyinä voidaan määrällisesti arvioida asiakkaan varastointitarvetta.

1.3 Työn rakenne

Ensimmäisessä luvussa on työn johdanto. Siinä kerrotaan työn tausta ja tavoitteet sekä käydään läpi työn rakenne. Yritysesittelyssä avataan Pesmelin toimialaa ja nykytilannetta sekä kerrotaan avainkohdat yrityksen historiasta.

Toisessa luvussa selvitetään teoriaa liittyen kapasiteettiin. Siinä käydään läpi keskeiset termit ja avataan hieman kutakin. Lisäksi siitä selviää, minkä takia kapasiteetin laskenta on tarpeellista ja miten sitä tehdään.

Kolmannessa luvussa selvitetään miksi metallikeloja pakataan syventymällä pakkaamisen tarpeeseen ja yksityiskohtiin. Lisäksi siitä löytyy esitelmä Pesmelin kelauslinjasta ja käydään läpi sen toiminta sekä esitellään periaate kelan ja siirtovaunujen liikkeelle pakkauslinjassa.

Neljänten lukuun on kerätty selostus työstä, joka on tehty kootessa Excelillä kapasiteetin laskentapohjaa. Siitä selviää, mitä muutoksia on tehty vanhoille laskentapohjille, jotta ne on saatu toimimaan, mitä on tehty ulkoasulle sekä miten valmista työkalua on testattu.

1.4 Yritysesittely

Pesmel suunnittelee ja valmistaa ratkaisuja metalli- ja paperiteollisuuteen, tuotteiden käsittelyyn, pakkaukseen ja säilytykseen. Pesmelin pääkonttori sijaitsee Kauhajoella, lisäksi Suomessa toimipaikkoja on Seinäjoella, Helsingissä ja Tampereella. Työntekijöitä Pesmelissä on n.160, joista 100 Suomessa. Suomen ulkopuolella konttoreita on Virossa, Yhdysvalloissa, Intiassa, Hong Kongissa ja Taiwanissa. (Pesmel, [Viitattu 7.2.2017].)

Pesmelin toiminta on nykyään vahvasti kansainvälistä, 90% suunnitelluista järjestelmistä toimitetaan ulkomaille. Viime vuosina päämarkkina-alueeksi on muodostunut Aasia, muita Pesmelin vahvoja alueita ovat Eurooppa ja Pohjois-Amerikka. Pesmelin asiakkaina ovat maailman isoimmat teräs-, alumiini- ja paperitehtaat sekä jatkojalostajat. Yrityksen liikevaihto vuonna 2015 oli 34,1 miljoonaa euroa. Pesmelin prosessit on sertifioitu ISO9001-laatustandardin mukaisesti. (Finder, [Viitattu 7.2.2017].)

Pesmel Oy perustettiin vuonna 1978 Hannu Mäki-Rahkolan ja Pekka Rahkolan toimesta. Lähes alusta alkaen mukana olivat myös molempien veljet, Jari Mäki-Rahkola sekä Pauli Rahkola. Aluksi yhtiön toimialaksi määriteltiin metalli- ja sähköalan tuotteiden suunnittelu, valmistus, asennus, maahantuonti sekä tukku- ja vähittäiskauppa. Pian omistus siirtyi kokonaan Mäki-Rahkolan veljesten haltuun. Varsinaista

konepajatoimintaa Pesmelillä on vuodesta 1981 lähtien, kun yritys vuokrasi toimitilaa Kauhajoelta. Nopeasti konepajapuoli laajeni ja automaatiota sekä sähköä tuli töihin enemmän mukaan. (Seppälä 2008, 10-14.)

Vuonna 1980 Pesmel alkoi edustamaan ruotsalaisen Tellus Maskin Ab:n tuotteita Suomessa. Tuotteet olivat kuljettimia, ja Pesmel hoiti niiden markkinoinnin ja asennuksen. Nopeasti Tellus kiinnostui Pesmelistä ja hankki siitä enemmistöosakkuuden. Kauhajoella työt jatkuivat vanhaan tapaan. 1984 Telluksen johto vaihtui, minkä seurauksena tuotteiden hinnat nousivat ja myynti laski. Samaan aikaan Pesmel teki tarjouksia Neuvostoliittoon. Telluksen ongelmallinen tilanne johti siihen, että Tellus joutui vuonna 1985 myymään omistamansa osakkeet rakennus- ja insinööritoimisto Teräsbetoni Oy:lle. Yrityskauppa antoi Pesmelille resursseja toimia Neuvostoliitossa. (Seppälä 2008, 14-19.)

Pesmel kasvoi tasaisesti koko 80-luvun, yhtiö teki moninaisia automatiikkaa ja kuljettimia vaativia järjestelmiä Suomessa ja naapurimaissa. Vuosikymmenen vaihteessa Suomessa alkoi lama ja se näkyi myös Pesmelissä. Tilaukset olivat niukkoja ja lomautuksia jouduttiin tekemään. Kuitenkin Pesmel onnistui saamaan mittavan tilauksen Suomen Postille, mikä pelasti yrityksen. Lama aiheutti myös muutoksia yrityksen toiminnassa. Sähköurakoinnista luovuttiin heikon kysynnän vuoksi eikä sitä enää laman jälkeen aloitettu uudestaan. Teräsbetoni Oy osti viimeisetkin Pesmelin osakkeet vuonna 1995. Toisaalta Teräsbetonin osakkeet olivat päätyneet pankin haltuun. Vuonna 1996 pankki teki ratkaisunsa ja myi valtaosan Pesmelin osakkeista Mäki-Rahkolan veljeksien omistamalle Eurodatacon Oy:lle. Loput jäljellä olevat osakkeet Eurodatacon osti 1999 minkä jälkeen se omisti 100 % Pesmel Oy:n osakkeista. (Seppälä 2008, 14-30.)

Oma osansa Pesmelin historiassa on myös AWA Oy:llä. AWA syntyi, kun Teräsbetoni Oy vuonna 1990 osti Kone Oy:lta tämän varastoautomaatioliiketoiminnan. AWA jatkoi Koneen automaatio-osastolta siirtyneitä toimituksia ja huoltoja. AWA oli puhtaasti suunnitteluyritys, omaa tuotantoa sillä ei ollut. Pesmel oli koko AWA:n historian osakkaana AWA:ssa, ja vuonna 2008 Pesmel Oy osti kaikki AWA Oy:n osakkeet. Tämä hankinta toi Pesmeliin paljon varastoautomaation ja hyllystöhissien kokemusta. (Seppälä 2008, 36-38.)

Pesmel-konsernin osake-enemmistö (60 %) on nykyään pääomasijoitusyhtiö Helmet Business Mentors Oy:n keräämien sijoittajien sekä Suomen Teollisuussijoitus Oy:n omistuksessa. Hannu ja Jari Mäki-Rahkola ovat edelleen mukana yhtiön toiminnassa vähemmistöosakkaina sekä yhtiön hallituksessa. (Seppälä 2008, 95.)

Nykyään, 2010-luvulla, Pesmel Oy on keskittynyt kahteen liiketoiminta-alueeseen: metalliin ja paperiin. Lisäksi voidaan erikseen laskea myös korkeavarastot, jotka liittyvät läheisesti molempiin liiketoiminta-alueisiin. Pesmelin tavoitteena on pystyä tarjoamaan asiakkaille teknisesti ylivertaisia automaattisia logistiikka-, pakkaus- ja varastojärjestelmiä metalli- ja paperiteollisuuden alalla. Tähän tavoitteeseen päästään keskittymällä tehokkaisiin ja älykkäisiin materiaalivirtoihin, joilla pystytään tarjoamaan asiakkaalle kustannustehokas tuote sen koko elinkaaren ajan. (Kilpinen 2012, 17-20.)

2 KAPASITEETTI

2.1 Kapasiteetin periaate

Kapasiteetti on tuotantokykyä ilmaiseva mittari, joka ilmaisee tuotantoyksikön enimmäissuorituskyvyn määrättyssä aikayksikössä. Mikäli valmistettavien tuotteiden kapasiteettivaatimukset eroavat toisistaan vähän, kapasiteetti voidaan kuvata tuoteyksiköissä. Paperiteollisuudessa kapasiteettiyksikkönä voidaan käyttää tonnia/tunti tai tonnia/päivä. Vastaavasti betonielementtiteollisuudessa kapasiteetti voidaan ilmaista neliömetreinä/päivä. Mikäli taas tuotettavat tuotteet ovat erilaisia ja vaativat erilaisen määrän kapasiteettia, se voidaan kuvata tuotantoresurssin käyttöaikana määrättyinä aikajaksona. Esimerkiksi kokoonpanon kapasiteetti voidaan ilmoittaa määränä 160 tuntia/viikko. (Haverila 2009, 399.)

Yrityksen päättävät elimet ovat vastuullisia siitä, että sen tuotantolinjat on mitoitettu oikein, jotta ne pystyvät vastaamaan nykyiseen ja tulevaan kysyntään. Mikäli kysyntää ei pystytä vastaamaan, yritys menettää tilaisuuden kasvaa ja tuottaa voittoa. Tuotannon säätäminen kapasiteetin laskemiseksi sekä tuotantovajeen paikkaaminen ovat myös tärkeitä tuotannon suunnittelun taitoja. Kapasiteetin lisääminen vaatii laajaa suunnittelutyötä, johon kuuluu yrityksen resursseja ja aikaa. Isojen tuotantolaitoksien suunnitteluun, rakentamiseen ja ylösajoon kuuluu aikaa monta vuotta. (Krajewski 2013, 222.)

Kapasiteetin lisäämispäätös pitää tehdä aina vasta laajan kokonaisarvion jälkeen, jossa käydään läpi koko organisaatio. On tärkeää tiedostaa, mitä tapahtuu ennen ja jälkeen tuotannon. On varmistuttava siitä, että tuotettavalle tuotteelle on kysyntää ja toisaalta että sen valmistamiseen kuluva materiaalia on saatavilla ja sen toimitusketju on kunnossa. Tämän lisäksi, tuotannon jälkeisen prosessoinnin ja varastoinnin sekä edelleen jakeluverkoston on kyettävä käsittelemään kasvava määrä tuotetta. Tämä kaikki on tapahduttava tehokkaasti ja kannattavasti. Kaikkia kapasiteettiin liittyviä muutospäätöksiä tehtäessä on otettava huomioon päätöksen pitkän ajan vaikutukset. Mitä tämä päätös merkitsee niin hyvänä kuin huonona talousaikana? Li-

säksi kapasiteetti on suunniteltava ottaen huomioon tarvittava varokapasiteetti, yrityksen kasvustrategia sekä muutoksen vaikutus asiakassuhteisiin. (Krajewski 2013, 222.)

Pitkän aikajakson kapasiteettisuunnitelmat nojaavat vahvasti yrityksen tuleviin organisaatiotason investointeihin ja kalustoon. Sen takia suunnitelmat vaativat yrityksen johdon osanoton ja hyväksynnän, sillä niitä ei ole helppo peruuttaa. Pitkän aikajakson kapasiteettisuunnitelmat ajoittuvat vähintään kahden vuoden päähän. Rakennusajat ovat usein tätä aikaa pitempiäkin, joten suunnitelmien on yllettävä pidemmälle tulevaisuuteen. (Krajewski 2013, 223.)

Pitkän ajan kapasiteetin arvioiminen on elintärkeä taito onnistuneen liiketoiminnan kannalta. Tuotantolinjan liiallinen kapasiteetti saattaa olla yhtä haitallinen asia kuin liian matala kapasiteetti. Kokonaiset teollisuusalat voivat vaihdella liian korkean ja liian matalan kapasiteetin välillä keskipitkällä aikavälillä. Kun johtoryhmä suunnittelee liikestrategiaa, heidän on otettava kantaa kysymykseen, kuinka paljon varokapasiteettia on oltava, jotta pystytään hallitsemaan muuttujat ja epävarma kysyntä. Pitäisikö investoida kapasiteettiin, joka vastaa toivottuun ja odotettuun kysynnän kasvuun vai odottaa, kunnes kysynnän kasvu on varmaa. Ennen kuin näihin kysymyksiin voidaan vastata, päättävien elimien on kyettävä mittaamaan ja määrittämään tuotantolinjan kapasiteetti. Tämän takia asiaa on lähestyttävä systemaattisesti, jotta voidaan vastata näihin ja samanlaisiin kysymyksiin ja kehittää kapasiteettistrategia vastaamaan kulloinkin käsillä olevaa tilannetta. (Krajewski 2013, 223.)

2.2 Kapasiteetin määritelmät

Kapasiteetti voidaan määrittää monin eri tavoin, riippuen siitä, mitä tuotetaan ja mitä halutaan mitata. Kivijalkakauppa mittaa kapasiteettia laskemalla, paljonko saadaan tuottoa kaupan lattiapinta-alaa kohti, lentoyhtiö mittaa kapasiteettia kertomalla matkustajamäärän lentokilometreillä ja konepaja mittaa kapasiteettia laskemalla saatavilla olevia konetunteja. (Krajewski 2013, 223)

Kuitenkin yleistämällä kapasiteettia voidaan mitata kahdella eri tavalla: voidaan mitata tuotantoa(output) tai syöttöä(input). Tuotannon mittaus on yleinen tapa teollisuudessa, jossa massatuotetaan jotain. Voidaan esimerkiksi laskea, kuinka monta autoa tai kuinka monta tonnia terästä saadaan tuotettua yhden päivän aikana. Mitä useampia ja erilaisempia tuotteita tehtaalla on tuotannossa, sitä huonompi mittari tuotanto on. Silloin kannattaa harkita toista mittaria, syöttöä. Syötön mittaaminen on mielekästä silloin, kun tuotetaan paljon erilaisia ja asiakkaan määrittelemiä tuotteita. Tällöin voidaan laskea esimerkiksi, kuinka paljon työtunteja on tehtävä, jotta saadaan tyydytettyä kysyntä. Näissä laskentatavoissa ongelmallista on se, että ne eivät ole keskenään yhteensopivia, ne mittaavat eri asiaa. (Krajewski 2013, 223.)

Käyttöaste on termi, joka on läheisesti tekemisissä kapasiteetin kanssa. Käyttöaste tarkoittaa astetta, jolla laitetta, tilaa tai työvoimaa käytetään ja se määritellään keskimääräisenä tuotantona suhteessa maksimikapasiteettiin ja se ilmaistaan prosentina. Tässä laskentamuodossa tuotanto ja maksimikapasiteetti on ilmaistava samassa mittamuodossa, esimerkiksi kpl/h. Käyttöaste ilmaisee, kuinka paljon kapasiteettia on lisättävä tai poistettava, jotta päästään ihannekapasiteettiin. Maksimikapasiteetti tarkoittaa korkeinta tuotannon tasoa, joka on mahdollista ylläpitää pitkiäkin aikoja käyttäen hyväksi normaaleja työaikoja ja nykyistä kalustoa. Joissain tapauksissa se tarkoittaa yksivuorotyötä, toisissa jatkuvaa kolmivuorotyötä. Laskennan perusteet ovat aina tapauskohtaiset. (Krajewski 2013, 224.)

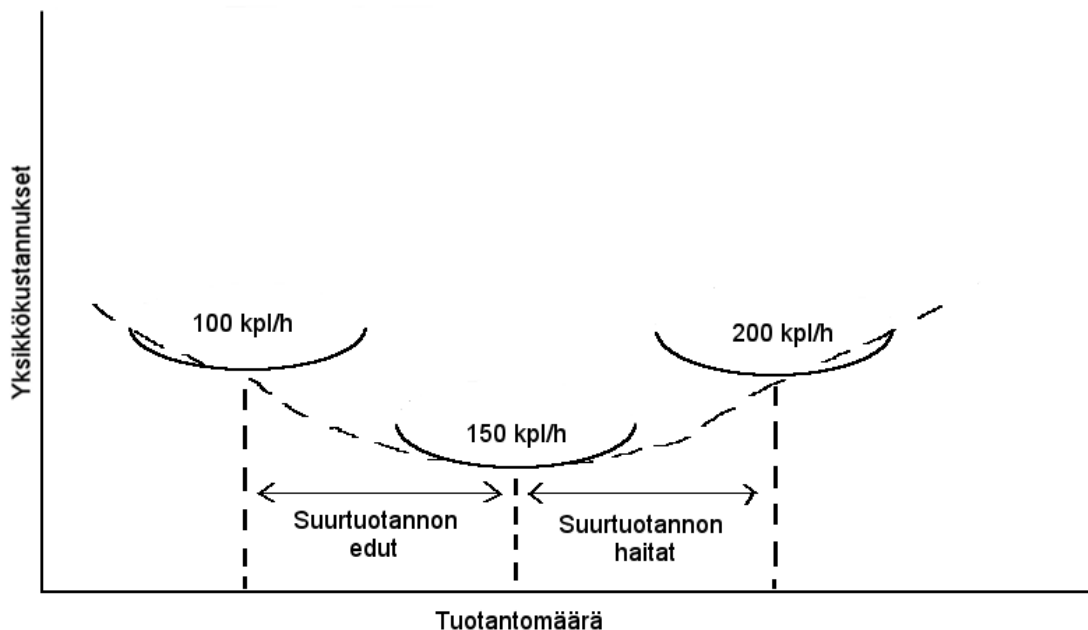
$$\text{Käyttöaste} = \frac{\text{Keskimääräinen tuotto}}{\text{Maksimikapasiteetti}} \times 100\% \quad (1)$$

Tuotantoa voidaan väliaikaisesti ylläpitää yli maksimikapasiteetin tarvittavilla menetelmillä; ylityöt, lisävuorot, väliaikaisesti viivästetyt huollot, ylimiehitys ja alihankinta. Nämä keinot auttavat selättämään tuotantohuiput, mutta niitä ei ole mahdollista käyttää koko ajan. Viikon ajan on mahdollista teettää ylitöitä, useampaa kuukautta ei. Työntekijät eivät pidä jatkuvista ylitöistä, josta seurauksena on laadun heikkeneminen. Lisäksi ylityöt nostavat yrityksen palkkakuluja heikentäen yrityksen kannattavuutta. Voidaankin todeta, että tuotannon ollessa lähellä maksimia, tai väliaikaisesti yli, lopputuloksena on tyytymättömiä asiakkaita sekä pieni tai olematon tuotto, vaikka myynti on toiminut hyvin. (Krajewski 2013, 224.)

Nettokapasiteetti kertoo todellisen käytettävissä olevan kapasiteetin. Tuotantoa suunniteltaessa on huomioitava, että nettokapasiteetti saattaa olla huomattavasti teoreettista kapasiteettia pienempi. Kapasiteettia vähentävät erilaiset häiriöt, sairastumiset, huollot, konerikot, viallisten tuotteiden valmistus ja puutteellinen materiaali. Näistä häiriöistä johtuen nettokapasiteetti saattaa olla vain 50-90 % teoreettisesta maksimikapasiteetista. (Haverila, 2009, 400.)

Läpäisy aika ilmoittaa kokonaisajan, jonka toimintaketju vaatii. Läpäisyajalla voidaan tapauskohtaisesti tarkoittaa kokonaisläpäisy aikaa tai valmistuksen läpäisy aikaa. Kokonaisläpäisy aika kuvaa aikaa, joka kuluu tilauksen vastaanotosta valmiin tuotteen toimitukseen. Valmistuksen läpäisyajalla taas kuvataan aikaa, joka kuluu valmistuksen aloittamisesta valmiiseen tuotteeseen. Läpäisy aika lasketaan ”kalenteri aikana” ja se ilmoittaa koko toimintaketjun vaatiman kokonaisajan ottamatta kantaa siihen, mitä tuotteelle tehdään läpäisyajan aikana. Läpäisy aika ei siis kuvaa tuottavuutta eikä tuotteen vaatimaa valmistusaikaa. Usein iso osa läpäisyajasta kuluu odottamiseen ja itse valmistusaika saattaa olla vain murto-osa kokonaisajasta. Lyhyellä läpäisyajalla on monia positiivisia vaikutuksia valmistavan yrityksen toimintaan ja kilpailukykyyn. Toiminnan aikajänteen lyhentäminen on nykyään yksi keskeisin tavoite tuotantoa kehitettäessä. (Haverila 2009, 401.)

2.3 Suurtuotannon edut ja haitat



Kuvio 1. Suurtuotannon edut ja haitat (Krajewski 2013, 225).

2.3.1 Suurtuotannon edut

Mittakaavaedulla tarkoitetaan sitä, että tuotteen tai palvelun yksikköhintaa pystytään laskemaan nostamalla sen tuotantomäärää. Yllä oleva kuvio 1 selvittää suurtuotannon etuja ja haittoja. Kuvan esimerkitapauksessa yritys valmistaa tuotetta, jonka optimaaliseksi tuotantomääräksi on selvitetty 150 kappaletta tunnissa. Neljä perustetta selittävät, miksi yksikköhinta laskee kun tuotantomäärä nousee;

- Kiinteiden kulujen suhteellinen osuus laskee. On monia kuluja, joihin tuotantomäärät eivät vaikuta ainakaan lyhyellä aikajänteellä, esimerkiksi vuokratulot, lämmityskulut ja johdon palkkakulut. Myös tuotantolaitteiden arvonalennusta voidaan pitää kiinteänä kuluna. Kun tehtaan keskimääräistä tuottoa, ja samalla käyttöastetta, nostetaan, yksikköhinta laskee, koska kiinteät kulut jakautuvat isommalle määrälle tuotettua tuotetta.
- Investointien maksu helpottuu. Jotta tuotantoa saadaan aikaan, on ensiksi investoitava tiloihin, koneisiin ja työntekijöihin. Tarvittavan investoinnin

määrä ei yksi yhteen korreloi tuotantomääriin, joten on mahdollista saada investointi maksettua tehokkaammin nostamalla tuotantoa.

- Materiaalikulut laskevat. Korkeammat ostomäärät antavat ostavalle yritykselle mahdollisuuden laskea materiaalien ostohintoja. Isot ostomäärät antavat yritykselle paremman neuvotteluasetat ja materiaalin kilpailuttaminen tarjoajien välillä helpottuu. Isosta ostomäärästä saa usein hinnanalennusta.
- Prosessin tehostaminen helpottuu. Korkean volyymin tuotanto antaa yritykselle mahdollisuuden yksikköhinnan alennukseen. Korkeilla tuotantomäärillä monet kulut, kuten asetusajat, laskevat. Yrityksen on mahdollista ostaa tuotteen valmistamista helpottavia tai nopeuttavia moderneja työkoneita ja erikoistyökaluja. Isojen määrien valmistaminen kehittää keskitettyä osaamista kyseisen tuotteen tuottamiseen. Myös varastoartikkeleiden määrää voidaan laskea ja tarvittavat piirrosmuutokset vähenevät. (Krajewski 2013, 224.)

2.3.2 Suurtuotannon haitat

Tuotantolaitos voi kasvaa niin isoksi, että suurtuotannon haittapuolet nousevat esiin: yksikkökustannus nousee, kun tuotantolaitos kasvaa. Suuri tuotantolaitos saattaa johtaa tuotannon monimutkaisuuteen, huonoon keskittymiseen avaintuotteissa ja epätehokkuuteen jotka nostavat tuotteen tai palvelun yksikkökustannuksia. Monimutkainen työntekijärakenne ja kasvava byrokratia voivat etäännyttää yrityksen johdon työntekijöistä ja asiakkaista. Iso organisaatio on vähemmän ketterä ja saattaa menettää joustavuuden, joka on tarpeen, kun vastataan vaihtuvaan kysyntään. Monet yritykset kasvaessa muuttuvat analyyttisemmäksi ja suunnittelevammaksi ja menettävät kyvyn innovoida ja ottaa riskejä. Tämän seurauksena monella alalla pienet yritykset voittavat kilpailussa isot yritykset. (Krajewski 2013, 224-225.)

2.4 Kapasiteetin karkeasuunnittelu

Tuotantolinjan keskimääräisen käyttöasteen ei tulisi nousta pitkäksi ajaksi lähelle 100 prosenttia, vaikkakin silloin tällöin jotkut prosessit saattavat käydä lyhyen ajan

täydellä käyttöasteella. Jos vaadittu tuotanto nousee ajan kuluessa, pitkän ajan kapasiteettia on nostettava vastaavasti, jotta käyttöaste saadaan pidettyä terveellä tasolla. Täysi käyttöaste kertoo tarpeesta nostaa kapasiteettia tai vähentää tilausten määrää, jotta tuottavuus ei laske. Varokapasiteetti on reservissä olevaa kapasiteettia, mitä voidaan tarvittaessa ottaa käyttöön, jotta selvitään nopeista kysyntäpiikeistä tai väliaikaisesta kapasiteetin laskusta. Varokapasiteetti tarkoittaa, kuinka paljon keskimääräinen käyttöaste (kapasiteetin määreissä) on alle täyden 100 prosentin käyttöasteen. (Krajewski 2013, 225.)

$$\text{Varokapasiteetti} = 100(\%) - \text{Keskimääräinen käyttöaste} (\%) \quad (2)$$

Varokapasiteetin oikea määrä on ala- ja yrityskohtainen. Esimerkiksi pääomaintensiivisessä paperiteollisuudessa koneet voivat maksaa satoja miljoonia euroja, joten varokapasiteetti halutaan pitää alle kymmenessä prosentissa. Matkustajalaivojen varokapasiteetti voi olla jopa alle viisi prosenttia. Vähemmän pääomaintensiivisellä hotellialalla käyttöaste on 60-70 prosenttia, mikä tarkoittaa 30-40 prosentin varokapasiteettia. Hotellialalla aletaan kärsiä asiakaspalveluongelmia, kun varokapasiteetti laskee kahdenkymmenen prosentin alle. Isot varokapasiteetit liittyvät usein palvelualoihin, joissa asiakkaat haluavat nopeaa palvelua. Paineet varokapasiteetin minimoimiseen ovat kuitenkin kovat, koska käyttämätön kapasiteetti maksaa rahaa. Varokapasiteetin määrittämiseksi on kuitenkin tehtävä aina ala- ja tapauskohtaiset selvitykset. (Krajewski 2013, 225.)

Toinen kapasiteetin suunnitteluun liittyvä strateginen asia on päätös siitä, milloin kapasiteettitasoja muutetaan ja kuinka paljon. Kapasiteetin kasvattaminen voidaan tehdä vastauksena markkinoilla esiintyvään kysyntään. Tarpeen tullessa kapasiteettia on myös laskettava. Kapasiteetin muutoksen ajoitus ja muutoksen koko ovat suoraan verrannollisia toisiinsa; mikäli kysyntä kasvaa mutta samalla myös aika kasvuaskelien välillä kasvaa, on kasvuaskeleenkin oltava silloin isompi. Laajentumisstrategiaa käytettäessä kapasiteettia pyritään pitämään aina askeleen edellä kasvavaa kysyntää ja minimoimaan kapasiteettivajeen vuoksi menetetyt kaupat. Odotusstrategiaa käytettäessä kasvavaan kysyntään reagoidaan viiveellä. Väliaikainen kapasiteetin puute korvataan tuotantoa nostavalla toiminnalla kuten ylitoilla, vuokratyövoimalla, alihankinnalla sekä koneiden ja laitteiden viivästetyillä huolloilla. (Krajewski 2013, 225.)

Moni tekijä puoltaa laajentumisstrategiaa. Se hyödyntää mittakaavaetua ja nopeampaa oppimisprosessia, mikä helpottaa yritystä vähentämään kustannuksia ja kilpailemaan hinnalla. Yrityksen tehdessä kapasiteetin noston tuotantoa laajentamalla, se lähettää viestin kilpailijoille. Kilpailijat voivat joko hyväksyä markkinaosuu-den menetyksen tai lähteä mukaan tuotannon laajentamiseen silläkin riskillä, että alan markkinat vääristyvät ylituotannosta johtuen. (Krajewski 2013, 226.)

Konservatiivisempi odotusstrategia laajenee pienempinä askelina, kuten uudistamalla vanhoja linjastoja uusien rakentamisen sijaan. Se myös seuraa kysyntää, mikä vähentää liian optimististen ennusteiden perusteella tehtyjen virheinvestointien riskejä. Odotusstrategian riskinä on mahdollinen kykenemättömyys vastata odottamattoman korkeaan kysyntään, jolloin aggressiivisempaa strategiaa käyttävä kilpailija valtaa markkinat. Tätä voidaankin pitää ”turvallisena” kasvustrategiana, jos päätävillä tahoilla ei ole halua tai intohimoa riskin ottamiseen. (Krajewski 2013, 227.)

2.5 Kapasiteetin laskeminen ja suunnittelu

Pitkän aikajakson kapasiteettiselvitys sisältää tyypillisesti arvioita, kannattaako yrityksen lisätä tuotantolinjoja tai varastotilaa vaiko vähentää olemassa olevien määrää. Selvitys voi myös koskea sitä, kuinka monta työpistettä tai työntekijää tuotantolaitoksella on oltava, että haluttuihin tavoitteisiin päästään. Selvityksestä käytössä olevaan tuotantolinjaan aikaa kuluu usein vuosia, joten asiaa pitää lähestyä systemaattisesti. Joka tapaus on omanlaisensa, mutta on olemassa 4-kohtainen ohjelma, jolla päättävä elin saa aikaan luotettavan kapasiteettivaatimuksen. Alla on listattuna tämän ohjelman vaiheet ja sen jälkeen alaluvuissa käsitellään kukin vaihe;

1. Arvioi tulevaisuuden kapasiteettivaatimus.
2. Tunnista nykyisen ja vaaditun kapasiteetin määrällinen ero.
3. Kehitä vaihtoehtoisia suunnitelmia.
4. Tutki vaihtoehtoiset suunnitelmat. (Krajewski 2013, 228.)

2.5.1 Arvioi kapasiteettivaatimus

Tuotannon kapasiteettivaatimus tarkoittaa kapasiteettia, joka on saavutettava, jotta voidaan vastata kysyntään, sopivalla varokapasiteetilla. Työpisteille ja koneille, joiden tiedetään tulevaisuudessa helposti olevan pullonkaulana, kannattaa asettaa korkeampi kapasiteettivaatimus, ehkä myös korkeampi varokapasiteetti. Kuten aikaisemmin on todettu, kapasiteettia voidaan mitata syötön (input) tai tuotannon (output) perusteella. Kummallakin mittaustavalla arvioiden perustat ovat ennustukset kysynnästä, tuottavuudesta, kilpailusta sekä teknologisesti muutoksesta. Kaikki nämä ennusteet on käytävä useamman kerran uudestaan läpi suunnitteluhorisontin aikana, mikä tarkoittaa sarjaa peräkkäisiä ajanjaksoja, joita käytetään suunnitteluun. (Krajewski 2013, 228.)

Kapasiteetin mittaaminen tuotannon perusteella on kahdesta tavasta yksinkertaisempi. Sitä käytetään erityisesti mittaamaan korkean volyymin ja pienen tuotevaihtelun tuotantolinjaa. Ennustettua kysyntään käytetään tulevaisuuden kapasiteettivaatimuksen päättämiseen. Jos kysynnän odotetaan kaksinkertaistuvan tulevaisuudessa, kapasiteettivaatimuksien on myös kaksinkertaistuttava. (Krajewski 2013, 228.)

Kapasiteetin mittaaminen syötön perusteella on tarpeellinen tapa seuraavissa tilanteissa: tuotevaihtelu ja prosessien eroavaisuus on suurta, tuote- tai palveluvalikoima on vaihtumassa, tuottavuusasteiden odotetaan vaihtelevan tai odotetaan prosessin tehostumista oppimisen seurauksena. Näissä tapauksissa on järkevämpää laskea kapasiteettivaatimus käyttämällä mittana syöttöarvoa, kuten työntekijöiden määrää, työpisteitä tai koneita. Kapasiteetti voidaan laskea syötön perusteella seuraavasti:

$$Kapasiteettivaatimus = \frac{\text{Vaaditun määrän valmistamiseen kuluvat työtunnit}}{\text{Yhden kapasiteettiyksikön työtunnit vuoden aikana (sisältää varokapasiteetin)}} \quad (3)$$

Kapasiteettivaatimus ilmaisee laskettavan kapasiteettiyksikön tarvittavan määrän. Kapasiteettiyksikön riippuu laskennasta, se voi olla kone tai työntekijä. (Krajewski 2013, 228-229.)

2.5.2 Tunnista kapasiteettiero

Kapasiteettierolla tarkoitetaan joko positiivista tai negatiivista eroa nykyisen kapasiteetin ja vaaditun kapasiteetin välillä. Mikäli tuotannossa on useita prosesseja tai syöttöjä, kapasiteettieron määrittely saattaa olla ongelmallista. Joidenkin prosessien kapasiteetin nostaminen saattaa nostaa koko tuotannon kokonaiskapasiteettia. Joka tapauksessa, mikäli tuotannon jokin prosessi on muita prosesseja rajoitetumpi, ns. pullonkaula, tuotannon kokonaiskapasiteettia voidaan nostaa vain tätä prosessia kehittämällä. (Krajewski 2013, 230.)

2.5.3 Kehitä vaihtoehtoisia suunnitelmia

Seuraava kapasiteettisuunnittelun vaihe on vaihtoehtoisten suunnitelmien kehittäminen kapasiteettieron kuromiseen. Yksi vaihtoehto on olla tekemättä mitään, mikä vajaan kapasiteetin kohdalla johtaa siihen, että tilauksista menetetään kapasiteetin ylimenevä osa ja ylimääräisen kapasiteetin kohdalla johtaa siihen, että kärsitään liian suuresta kapasiteetista koituvat kustannukset. Muita vaihtoehtoisia suunnitelmia vajaan kapasiteetin kohdalla ovat erilaiset ajoitus- ja mitoitusvalinnat liittyen kapasiteetin nostoon, kuten aikaisemmin läpi käyty laajentumisstrategia ja odotusstrategia. Vajaan kapasiteetin kohdalla voidaan harkita myös laajentumista muulle paikkakunnalle tai lyhytaikaisten vaihtoehtojen hyödyntämistä, kuten ylitöitä, vuokratöitä tai alihankintaa. Ylisuuren kapasiteetin kohdalla vaihtoehtoinen strategia voi tarkoittaa esimerkiksi tehtaiden tai varastojen sulkemista sekä työntekijöiden lomauttamista tai irtisanomista. (Krajewski 2013, 230.)

2.5.4 Tutki vaihtoehtoiset suunnitelmat

Viimeisessä kapasiteettisuunnittelun vaiheessa johtoryhmä tutkii kaikki vaihtoehtoiset suunnitelmat kvalitatiivisesti ja kvantitatiivisesti.

Kvalitatiivisessa tutkimuksessa arvioidaan, kuinka hyvin kukin suunnitelma istuu kapasiteettistrategiaan ja niihin liiketoimintastrategiaan osiin, joita ei ole arvoitu hank-

keen taloudellisessa analyysissä. Tutkimuksessa selvitetään kysynnän, markkina-reaktioiden, lähitulevaisuuden teknologian ja kulujen arvioinnin epävarmuuksia. Joistakin näistä tekijöistä on mahdoton saada varmaa etukäteiskuvaa ja niistä on tehtävä arviointi- ja kokemuspohjainen arvio. Joitakin taas voidaan laskea ja arvioida tarkastikin. Tutkimuksessa on hyvä olla erilaisia skenaarioita. Yksi niistä voi olla pahin mahdollinen skenaario, jossa kysyntä on oletettua pienempää, kilpailu kovempaa ja rakennuskustannukset korkeampia. Toisessa skenaariossa tutkitaan vastaavaa optimistista skenaariota ja kolmannessa jotain näiden välistä, oletettua skenaariota. Näitä erilaisia skenaarioita johtoryhmä peilaa yrityksen liiketoimintaan ja kapasiteettistrategiaan ja saa vaikutelman kunkin skenaarion seurauksista ennen päätöksien tekemistä. (Krajewski 2013, 230-231.)

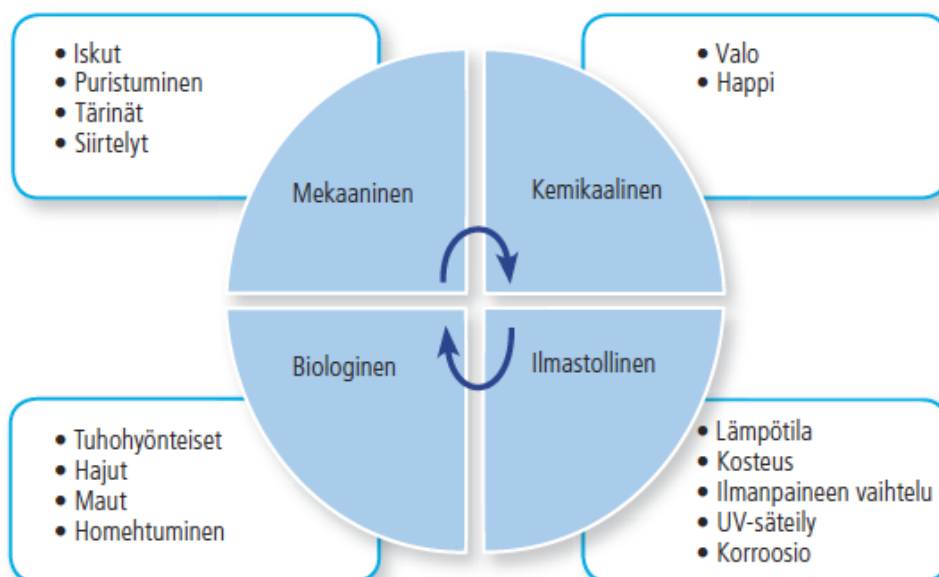
Kvantitatiivisessa tutkimuksessa selvittää kunkin vaihtoehdoisen suunnitelman vaikutusta kassavirtaan sekä vertaillaan niitä. Kassavirta tarkoittaa organisaation sisälle ja ulos menevän rahavirran erotusta tietyllä ajanjaksolla sisältäen tulot ja menot sekä varojen ja velkojen muutokset. (Krajewski 2013, 231.)

3 METALLIKELAN PAKKAUS

3.1 Pakkauksen tarve ja metallikelan pakkaus

Yleisesti pakkauksen tehtävä on suojata pakattavaa tuotetta niin fysikaalisia, kemiallisia, biologisia kuin ilmastollisiakin uhkia vastaan. Leimallista on, että mekaaniset rasitukset pakattuun tuotteeseen kohdistuvat kuljetusten ja käsittelyn aikana. Mekaanisen rasituksen tyyppejä tässä tapauksessa ovat esimerkiksi erilaiset iskut, värinä, kosteus ja pöly. Kemiallista rasitusta tuotteisiin aiheuttavat mm. valo ja happi, biologisia rasituksia taas erilaiset tuhoeläimet sekä ulkopuoliset hajut ja maut. Ilmastolliset tekijät vaikuttavat tuotteeseen esimerkiksi, lämpötilan, kosteuden ja korroosion kautta. (Järvi-Kääriäinen & Ollila 2007, 11.)

Suojaamisen lisäksi pakkauksen tehtävä on informoida kuluttajaa tai asiakasta, siinä saattaa olla tärkeitä tuotetietoja. Lisäksi pakkauksen kunto itsessään kertoo tuotteesta paljon. Se ilmaisee, onko pakkaus asiattomasti avattu tai käsitelty huolimattomasti, jolloin tuote on voinut vahingoittua. Pakkaus myös kertoo, että tuote on aito ja juuri sitä mitä asiakas haluaa. (Järvi-Kääriäinen & Ollila 2007, 11.)



Kuvio 2. Pakkauksien uhat (Reijo Rautaluoman Säätiö).

Metallikelan pakkaaminen valmistusprosessin jälkeen on välttämättömyys, jotta tuote saadaan asiakkaalle moitteettomassa kunnossa. Pakkaus suojaa kelaä kosteudelta ja liialta sekä mekaaniselta rasitukselta käsittelyn, varastoinnin ja kuljetuksen aikana. Metallikelan matka toimittajalta asiakkaalle saattaa olla pitkä ja monimutkainen. Kela saattaa joutua olemaan varastoituna useita vuosia ja osa matkasta se saattaa altistua suolaiselle ja ruostuttavalle meri-ilmalle. Lisäksi sitä käsitellään erilaisilla tavoilla, jotka saattavat vaurioittaa huonosti pakattua kelaä tai sen pakkausta, johtaen lopulta vaurioon. Kaikkiin pakattaviin tuotteisiin kohdistuu uhkia, joita avataan kuviossa 2. (Koivuluoma 2017, 5.)

Kun keskitytään metallikelan kunnolliseen pakkaukseen, erityisen vaikea haaste on suojata kelaä kosteudelta. Pienikin määrä kosteutta voi aiheuttaa kelaan ruosteongelmia pitkän varastoinnin tai kuljetuksen aikana. Perinteisillä manuaalisesti tehtävillä pakkausmenetelmillä kelaä ei saada täysin ilmatiiviiksi, mutta uudenaikaisilla täysiautomaattisilla koneilla se on mahdollista. Keloja suojataan ruostumiselta haihtuvilla korroosionestoaineilla eli VCI -materiaaleilla. Perinteisillä menetelmillä pakattusta metallikelasta korroosionestoaine haihtuu n. kuuden kuukauden aikana. Silmästäkäärity metallikela on ilmatiivis ja korroosionestoaineen haihtuminen alkaa vasta, kun asiakas avaa pakkauksen. (Koivuluoma 2017, 6.)

Teollisuuden välisissä pakkauksissa arvossa pidetään pakattavan tuotteen suojaamisen ja säilyvyyden lisäksi kokonaiskustannuksia, helppoa käsittelyä ja jätteiden määrää. Teollisuudessa käytetään usein suurpakkauksia, kontteja tai säiliökuljetuksia. Monien tuotteiden ja vakiintuneiden kauppasuhteiden kohdalla on mahdollista käyttää uudelleen täytettäviä pakkauksia. Näitä pakkauksia on usein mahdollista saada tyhjinä pakattua sisäkkäin tai taitettua kokoon, mikä vähentää tilantarvetta tyhjänä kuljetettuna tai varastoituna. Tämä vähentää myös logistiikkakustannuksia monin tavoin, mikä säästää rahaa ja luontoa. Uudelleen käytettävillä pakkaustuotteilla on korkeammat laatustandardit, koska niiden on kestävä kiertä useita kertoja ja materiaalin on oltava helposti puhdistettava. Pakkauksen ulkonäöllä taas ei ole yritysten välisessä kaupassa suurta merkitystä, kunhan pakkaus on siisti, toimiva ja informatiivinen. Kuitenkin varsinkin Euroopassa Pesmelin asiakkaat käyttävät esimerkiksi nimikoitua pakkauspaperia jolloin jokainen kela on mainos. (Järvi-Kääriäinen & Ollila 2007, 24.)

3.2 Pakkauksen ympäristönäkökulma

Pakkauksen yksi tärkeimmistä tehtävistä on vähentää tuotehävikkiä. Sen takia tuotteen tuotantoketjua tulisi aina tarkastella kokonaisuutena. Jotta syntyvä jätemäärä sekä vaikutus ympäristöön jäisivät mahdollisimman pieneksi, pakkausta suunniteltaessa tulisi ymmärtää koko toimitusketju tehtaalta asiakkaalle. Eritoten pitäisi kiinnittää huomiota pakkauksen rooliin hävikkiä vähentävänä tekijänä. Käytetystä pakkausmateriaalista tulee lopulta jätettä, mutta se ei ole ongelma, kunhan noudatetaan periaatetta ”niin vähän kuin mahdollista, mutta niin paljon kuin tarpeellista”. Tarve määritetään aina tuotekohtaisesti ja siihen vaikuttavat säilyvyys, jakeluketju ja tuotetta käyttävä kuluttaja. (Järvi-Kääriäinen & Ollila 2007, 275.)

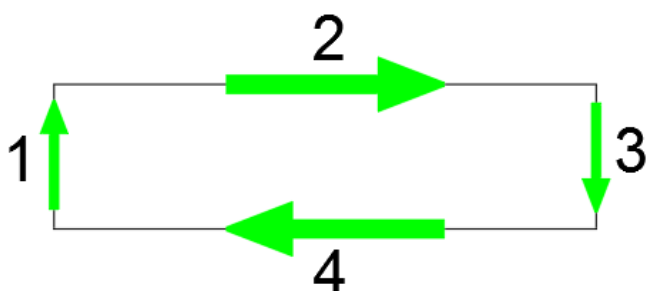
Ympäristö on otettava huomioon suunnitellessa pakkausta, mutta kuten monesti teknisissä kysymyksissä, lopputuloksena saattaa olla ristiriitainen ongelma. Tällaisissa tilanteissa on pyrittävä saavuttamaan tyydyttävä kompromissi. Tuotteesta syntyvä jätemäärä on minimoitava siten, että pakatun tuotteen hävikkiä ei kuitenkaan syntyisi. On myös aktiivisesti etsittävä vaihtoehtoisia materiaaleja ja menetelmiä ympäristörasituksen vähentämiseen. Tuotekohtaisesti voisi miettiä, onko tuote mahdollista pakata palautettavaan, uudelleen täytettävään yksikköön. Lisäksi koko jakelujärjestelmä on tutkittava ja kustannustekijät on selvitettävä ja optimoitava. Myös pakkaus on testattava ja selvitettävä, onko se standardien ja määräysten mukainen. (Järvi-Kääriäinen & Ollila 2007, 275-276.)

Suomessa pakkausjätteestä kierrätetään 40-45 prosenttia ja hyödynnetään 65-70 prosenttia. Nämä luvut ovat eurooppalaista keskitasoa. Kierrätys tarkoittaa sitä, että käytetty materiaali kerätään, puhdistetaan ja prosessoidaan uudeksi raaka-aineksi, jota voidaan taas käyttää uusien tuotteiden valmistukseen. Hyödyntäminen taas pitää sisällään sekä kierrätyksen että materiaalin käytön energian tuottamiseen. Kokonaiskäyttöä tutkittaessa Suomi on omaa luokkaansa silloin kun otetaan mukaan myös ne pakkausmäärät, jotka pestään ja käytetään uudelleen monella tasolla. Vuosittain pakkauksia Suomessa käytetään yli kaksi miljoonaa tonnia, tästä määrästä pakkausjätettä syntyy vain n. 650 000 tonnia eli runsas kolmannes kokonaismäärästä. Tämä tarkoittaa sitä, että vain alle kolmannes päätyy kaatopaikalle tai hävikiksi muutoin. Eurooppalaisia tilastoja kerätessä uudelleenkäyttöä ei huomioida, mikä on valitettavaa. Pakkausjätelainsäädännössä linjataan, että kierrätys

tarkoittaa materiaalin käsittelemistä siten, että siitä tuotetaan uusia, markkinoitavia tuotteita. Käytännössä käytetty, kerätty ja lajiteltu materiaali murskataan ja käsitellään materiaaliakohtaisesti. Tämän jälkeen materiaalia prosessoidaan niin, että se on mahdollista käyttää uudelleen. (Järvi-Kääriäinen & Ollila 2007, 276.)

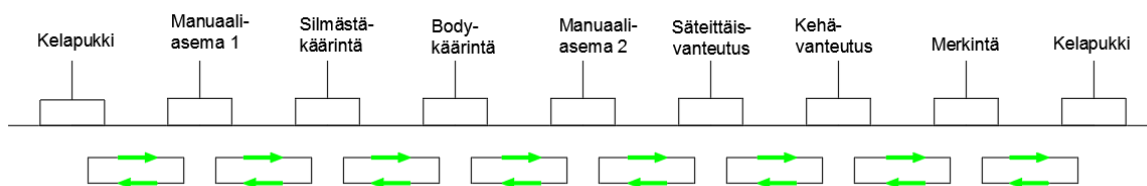
Tässä tapauksessa kiinnostaa erityisesti metallikelan pakkauksessa käytetyt materiaalit eli paperi/aaltopahvi/kartonki, metalli ja muovi. Paperi, aaltopahvi ja kartonki ovat kiitollisia kierrätettäviä, sillä niistä voidaan valmistaa samoja hyödykkeitä. Kerätty materiaali pulperoidaan kuiduksi ja sen jälkeen sitä voidaan käyttää raaka-aineena kartongin valmistamiseen. Kaikkien näiden materiaalien lajittelu on kuitenkin tarpeen, sillä kaikissa eri materiaaleissa käytetään erilaisia kuituja ja lisäaineita. Lähes kaikki materiaali voidaan käyttää kierrätykseen, mutta esimerkiksi märkälujaa aaltopahvi ei siihen sovellu. Metalleista pakkauksiin käytetään pääasiassa terästä ja alumiinia. Molemmat materiaalit ovat helposti kierrätettäviä ja siksi uusioraaka-aineina haluttuja. Muovimateriaalin kierrätykseen liittyvät ongelmat ovat sen pieni määrä, pitkät kuljetusmatkat, eri muovimateriaalien määrä sekä suhteellinen keveys. Lisäksi muovissa saattaa olla pakattujen tuotteiden jäämiä. Myös Suomessa on yrityksiä, jotka kierrättävät muovia. Lisäksi kierrätykseen menevät isojen keskusliikkeiden ja suurkäyttäjien lavakalvot ja muut isot ja puhtaat kertymät. Iso osa Suomessa käytetystä muovista menee kuitenkin polttoon. Muovilla on sama lämpöarvo kuin öljyllä, ja se palaa puhtaammin kuin kivihiili. (Järvi-Kääriäinen & Ollila 2007, 276-278.)

3.3 Kelan eteneminen pakkauslinjalla



Kuvio 3. Yksittäinen sykli.

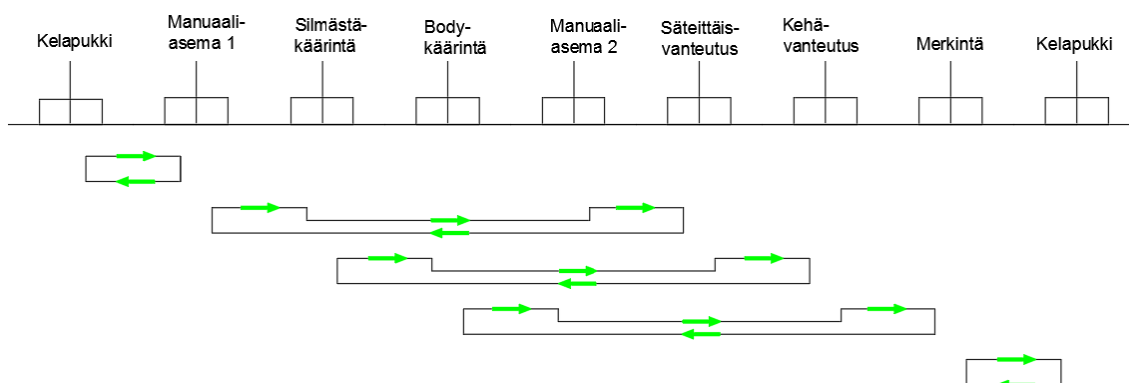
Kela etenee pakkauslinjalla pakkotahtisesti. Siirtovaunut siirtävät keloja yhteen suuntaan ja koneiden välisen liikkeen lähtö tapahtuu pääsääntöisesti samanaikaisesti. Poikkeuksena ovat mahdolliset siirrot, jotka tapahtuvat pitkien työvaiheiden aikana. Yllä olevan kuvion 3 mukaisesti siirtosykli yksittäisellä siirtovaunulla tapahtuu niin, että siirtovaunun ollessa kelan kohdassa kelasatula nousee (1) yläasentoon ja kela nousee kelapukilta tai pyöritysrullilta ja vaunu lähtee liikkeelle. Vaunu kiihdyttää ja saavuttaa sille säädetyn nopeuden (2). Määränpäpukeille tai -rullille vaunu hidastaa, lopulta pysähtyy ja laskee kelan alas (3). Laskun jälkeen siirtovaunu siirtyy seuraavalle koneelle, joka on sille määrätty (4), ja jää odottamaan käskyä nostaa kelasatula.



Kuvio 4. Epäoptimaalinen pakkauslinjan sykli.

Mikäli jokaisen koneen ja kelapukin välillä olisi siirtovaunu, kuten kuviossa 4, siirtovaunujen määrää tai tahtia ei tarvitsisi juuri miettiä. Kuitenkin tällä filosofialla tehty logistiikka olisi kömpelö ja kallias. Vaunut olisivat tilanpuutteen vuoksi lukittuja liikkumaan vain ja ainoastaan silloin, kun vieressäkin olevat vaunut liikkuvat. Lisäksi siirtovaunuja tarvittaisiin tarvittavasta kapasiteetista riippuen nykyiseen järjestelmään

verrattuna kaksin- tai kolminkertainen määrä, mikä nostaa koko pakkauslinjan hintaa merkittävästi.

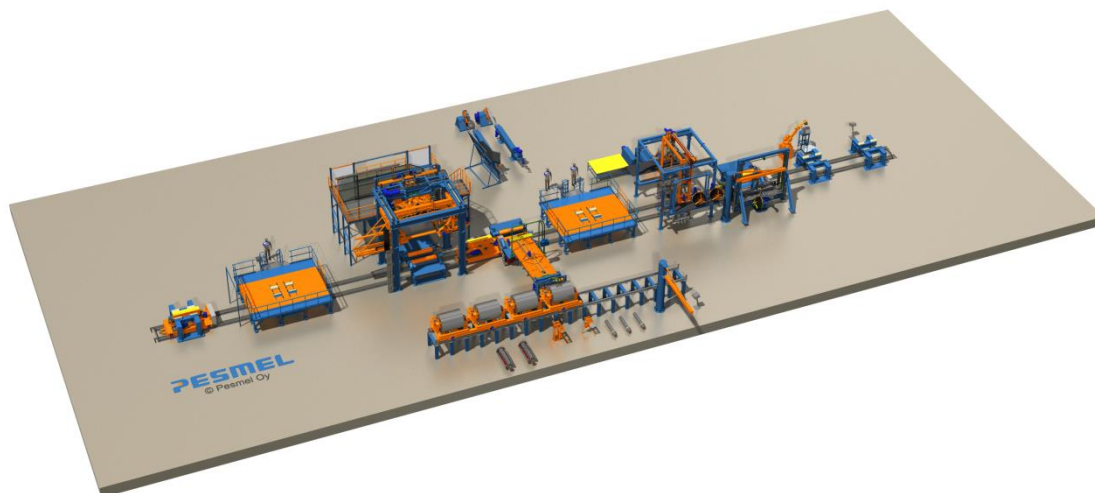


Kuvio 5. Optimaalinen sykli.

Pesmelin konseptissa siirtovaunujen määrä ja työsykli mietitään tarkoituksenmukaisesti ja aina tapauskohtaisesti. Kapasiteetilaskentalomakkeella voidaan laskea, kuinka monta siirtovaunua tarvitaan, jotta päästään haluttuun kapasiteettiin. Usein päädytään tilanteeseen, jossa yksi siirtovaunu palvelee kahta tai kolmea konetta ja vaihtelevaa määrää kelapukkeja, periaate selviää kuviossa 5. Tämä on mahdollista niissä tilanteissa, kun koneen työkierto on nopeampi kuin pakkauslinjan hitaimman työkierron tekevä kone. Näin saadaan vähennettyä ylimääräisiä siirtovaunuja.

Asiakkaiden erilaisista tarpeista johtuvat koneiden ominaisuuksien vaihtelevuus ja erilaiset layoutit luovat tarpeen laskea kapasiteetin joka kerran uudestaan, kun tehdään uutta tarjoutta. Usein siirtovaunujen työsyklin optimointi ja tätä kautta määrän minimointi vaativat luovuutta ja kokemusta aikaisemmista toimivista ratkaisuista. Tässä vaiheessa kannattaa tarkastella ja vertailla vanhoja laskelmia ja miettiä, voisiko niitä soveltaa uudessa työssä.

3.4 Pakkauslinja



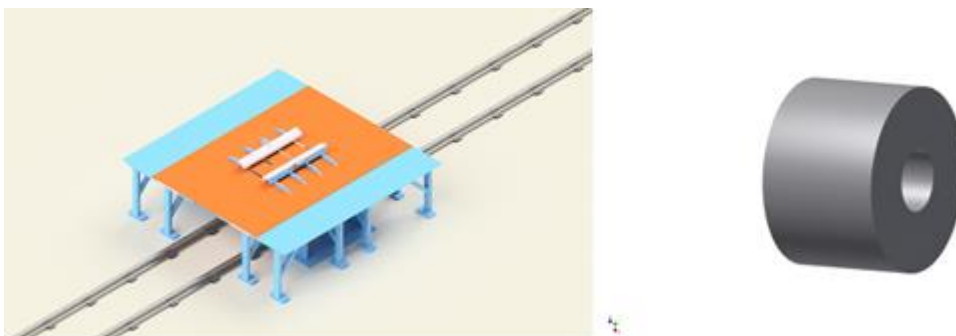
Kuvio 6. Pakkauslinja (Pesmel 2017).

Tässä aluvussa selvitetään Pesmelin kelapakkaukselinjan koneet ja niiden tehtävät. Lisäksi kunkin koneen kohdalla asiaa havainnollistetaan kuvalla kyseisestä koneesta sekä kuvalla kelasta koneen toiminnan jälkeen. Kelapakkaukselinjan kokoonpano ja koneiden järjestys vaihtelevat asiakkaan tarpeen mukaan, mutta alla on esitelty listamuodossa esimerkki tyypillisestä linjasta. Esimerkki-linjasto näkyy kuviossa 6.

Alla olevassa listassa on koneiden ja toimintojen järjestys tyypillisessä pakkauslinjassa. Lisäksi seuraavat aluvut käsittelevät kutakin positiota ja siellä tapahtuvaa toimintaa. Aluvuissa on kuvat sekä laitteista että havainnollistava kuva metallikelasta position jälkeen.

1. Manuaaliasema 1 (tarkastus)
2. Silmästäkäärintä
3. Bodykäärintä
4. Manuaaliasema 2 (manuaalityö)
 - 4.1. Sisäkääre
 - 4.2. Päätysuojat
 - 4.3. Sisäkulmansuoja
 - 4.4. Ulkokulmansuoja
5. Silmästävanteutus
6. Kehävanteutus
7. Etiketöinti

3.4.1 Manuaaliasema 1



Kuvio 7. Manuaaliasema 1 ja metallikela aseman jälkeen (Pesmel 2017).

Manuaaliasema 1 on linjan ensimmäinen toiminnallinen positio. Tällä manuaaliasemalla kela tarkastetaan silmämääräisesti ja varmistetaan siitä, että se on moitteetomassa kunnossa ja valmis pakattavaksi ja lähetettäväksi joko asiakkaalle tai odottamaan seuraavaa prosessia; kela joko pakataan, lähetetään korjattavaksi tai hylätään ja laitetaan sulattoon. Kelassa voi olla esimerkiksi jälkiä huonon käsittelyn jäljiltä tai kelan päädyt saattavat olla epätasaisia, jos kela on kelattu huonosti. Manuaaliasema ja metallikela näkyvät kuviossa 7. (Erkkilä 2013.)

Siirtovaunu tuo kelan kelapukille välivarastosta ja kun kela on pukilla, liikkuva työtaso liikkuu pukin lomitse kelan alle. Tämän jälkeen työntekijöiden on mahdollista liikkua kelan ympärillä ja läheisyydessä. Tarkoituksena on mahdollistaa kelan turvallinen tarkastaminen ilman tuotannon häiriintymistä. Tarkastuksen jälkeen työtaso taas avautuu ja kela lähtee liikkeelle samassa tahdissa kuin muutkin kelat. Aseman ympärillä on suojaverkko ja turvaovet, jotka estävät kulun asemalle, kun kela siirretään. Koska tällä positiolla kelaan ei vielä lisätä mitään, kela lähtee asemalta samanlaisena kuin tullessa. (Erkkilä 2013.)

3.4.2 Silmästäkäärintä



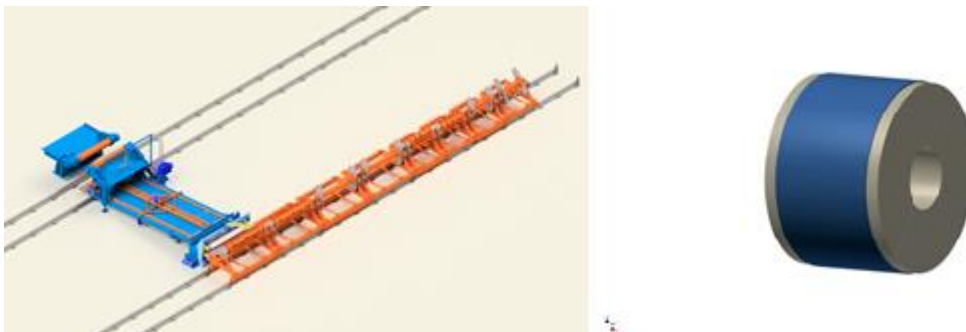
Kuvio 8. Silmästäkäärin ja metallikela aseman jälkeen (Pesmel 2017).

Silmästäkäärintä on pakkauslinjan avainpositio etenkin suojatessa kelaä lialta ja kosteudelta. Laite ja kela näkyvät kuviossa 8. Kelaan voidaan kääriä yhtä tai kahta materiaalia, jotka ovat kreppipaperi ja muovinen kutistekalvo. Molemmat materiaalit kääritään kelalle samaan aikaan. Molemmat materiaalit ovat käärintäjunassa eri vaunuissa niin, että kreppipaperi jää kutistekalvon alle. Kreppipaperin tehtävänä on imeä kelasta kosteutta ja suojata kutistekalvoa metallikelan teräviltä reunoilta. Mahdollinen VCI-aine on imeytettynä kreppipaperiin, sillä aineen pitää olla terästä vasten tehotakseen. Kutistekalvo taas sulkee kelan ulkopuolelta tulevalta kosteudelta. Silmästäkäärintä käärii kelaä säteittäisesti kelan silmän läpi. (Rintatalo 2016.)

Siirtovaunu tuo kelan ensimmäiseltä manuaaliasemalta ja jättää sen silmästäkäärin alapuolella oleville pyöritysrullille. Tämän jälkeen silmästäkäärin avattu kehä laskeutuu sopivalle kohdalle niin, että kehän mennessä kiinni, sulkeutuva osa menee kelan silmän läpi, jolloin muodostuu yhtenäinen ajokehä, jota pitkin käärintäajuna ajaa. Tämän jälkeen juna lähtee liikkeelle yläkehältä ja samalla apulaitteet pitävät materiaalia paikoillaan kelan kyljessä niin kauan, että juna on ehtinyt tehdä kierroksen kelan läpi. Kela pyörii rullilla ja juna jatkaa kulkuaan niin kauan, että koko kela on suojattu molemmilla materiaaleilla, minkä jälkeen kreppipaperi katkaistaan ja kutistekalvolla tehdään vielä muutama kerros. (Rintatalo 2016.)

Asiakkaan halutessa voidaan tässä työvaiheessa lisätä kelan ympärille myös suojat ulkoreunoille mekaanisia rasituksia ja jälkiä vastaan. Nämä mahdolliset suojat tulevat käärintämateriaalien alle ja niiden syöttö tapahtuu samaan aikaan käärintämateriaalien kanssa. (Rintatalo 2016.)

3.4.3 Bodykäärintä



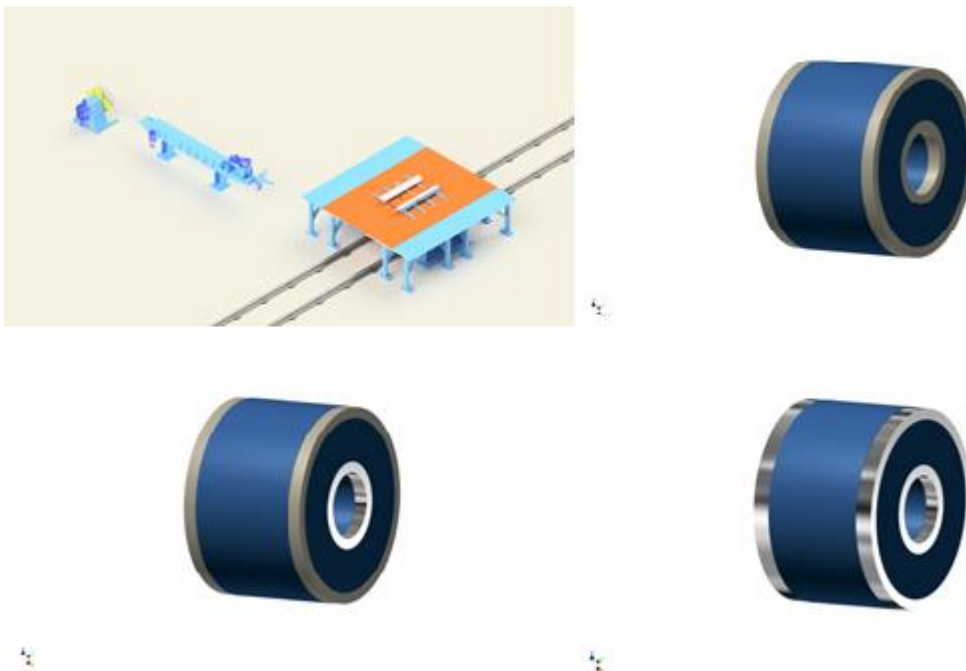
Kuvio 9. Bodykäärin ja metallikela aseman jälkeen (Pesmel 2017).

Bodykäärinnän tehtävänä on kääriä kelan kehän ympärille suojamateriaali mekaanisia uhkia vastaan. Kääremateriaaleina voidaan käyttää paperia, muovia tai terästä. Usein saman kelan käärimässä käytetään useampaa materiaalia, jolloin saavutetaan optimaalinen lopputulos. Laitte ja metallikela näkyvät kuviossa 9. (Koivuluoma 2013.)

Siirtovaunu tuo kelan rullille. Haluttua materiaalia ajetaan syöttöpöydälle ja leikataan oikean mittaiseksi. Materiaalin etupäähän syötetään liimaa samalla kun materiaali syötetään pyöritettävän rullan alle. Materiaali asettuu tiukasti kelan kehälle samalla kun sen loppupäähän syötetään liimaa, joka lukitsee materiaalin paikoilleen ja viimeistelee pakkauksen. (Koivuluoma 2013.)

Kolmen erityyppisen suojamateriaalin lisäksi tarvitaan eri-levyisiä materiaaleja, koska pakattavien kelojen leveys vaihtelee. Tätä varten koneen materiaalikelkoissa on tarvittava valikoima erikokoisia materiaalirullia. Materiaalikelkat ladataan manuaalisesti, mutta materiaalin vaihto syklin yhteydessä on automaattinen. (Koivuluoma 2013.)

3.4.4 Manuaaliasema 2



Kuvio 10. Manuaaliasema 2 ja metallikela kunkin suojamateriaalin lisäyksen jälkeen (Pesmel 2017).

Toisella manuaaliasemalla kelalle tehdään kaikki sille tehtävä manuaalinen työ. Kelaan asetetaan silmän sisäsuoja sekä päätysuojat. Lisäksi kelaan asetetaan ulko- ja sisäreunojen suojat. Varsinainen työtaso ja sen toiminta on vastaava kuin ensimmäisellä manuaaliasemalla. Tällä asemalla on samassa yhteydessä laite, joka valmistaa teräsmateriaalista kantattuja ja mankeloituja ulko- ja sisäreunojen suojia. Sisäsuojia ja päätysuojia voidaan valmistaa linjalla rullamateriaalista. (Erkkilä 2013.)

Kun kela saapuu kelapukille ja työtasot ovat menneet kiinni, työntekijät asettavat suojat kelan päälle. Suojat voidaan valmistaa kelakohtaisesti tai niitä on voitu valmistaa varastoon tarpeeksi kutakin kokoa. Manuaaliasema näkyy kuvassa 10 ylhäällä vasemmalla. Ylhäällä oikealla kelaan on asetettu silmäsuoja ja päätysuoja, alhaalla vasemmalla lisäksi sisempi reunasuoja ja alhaalla oikealla lisäksi ulompi reunasuoja. (Erkkilä 2013c.)

3.4.5 Silmästävanteutus

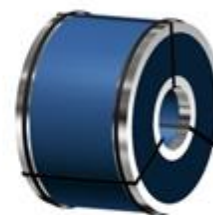


Kuvio 11. Silmästävanteutus ja metallikela aseman jälkeen (Pesmel 2017).

Silmästävanteutus koneen tehtävänä on asettaa kelaan vanteet silmästä kehän kautta takaisin silmään, kiristää ja liittää se itseensä. Vanteiden tarkoituksena on sitoa kela ja pitää materiaali tiiviinä kelana. Vanteita voidaan asettaa kelalle haluttu määrä ja vanteen materiaali voi olla muovi tai teräs. Kone asettaa vanteet kelalle tehdasjärjestelmästä tulevan tiedon perusteella. Laite ja metallikela näkyvät kuviossa 11. (Koivuluoma 2013.)

Siirtovaunu laskee kelan pyöritysrollille, jonka jälkeen kone alkaa suorittamaan työsykliä. Kone laskee pistimet oikealle korkeudelle, kelan silmän tasolle. Vannekouru sulkeutuu ja vanne syötetään kouruun. Kun vanne on kiertänyt koko kourun, vanteutus pää laskeutuu kelan läheisyyteen ja vannetta aletaan kiristämään. Kun ollaan saavutettu optimaalinen jännitys, vanne katkaistaan ja liitetään itseensä. Tämän jälkeen kela pyöritetään rullilla, jonka jälkeen työvaihe toistetaan. Toisto tehdään niin monta kertaa, että haluttu vannemäärä saavutetaan. (Koivuluoma 2013.)

3.4.6 Kehävanteutus

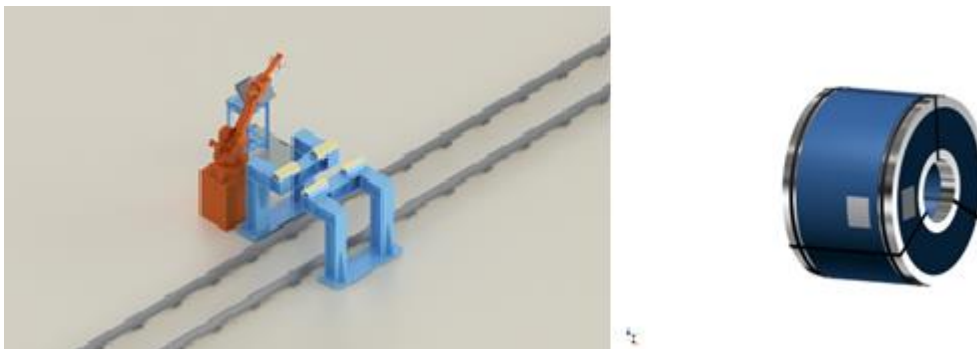


Kuvio 12. Kehävanteutus ja metallikela aseman jälkeen (Pesmel 2017).

Kehävanteutuskoneen tehtävänä on asettaa kelaan vanteet kelan kehälle, kiristää ja liittää se itseensä. Vanteiden tarkoituksena on sitoa kela ja pitää materiaali tiiviinä kelana. Vanteita voidaan asettaa kelalle haluttu määrä ja vanteen materiaali voi olla muovi tai teräs. Laite ja metallikela näkyvät kuviossa 12. (Erkkilä 2014.)

Siirtovaunu laskee kelan pukille, jonka jälkeen kone alkaa suorittamaan työtään. Kone laskee vanteutuspään oikealle korkeudelle suhteessa kelaan. Vannekouru sulkeutuu ja vanne syötetään kouruun. Kun vanne on kiertänyt koko kourun, vanne aletaan kiristämään. Kun ollaan saavutettu optimaalinen jännitys, vanne katkaistaan ja liitetään itseensä. Vannekanavaa ja vanteutuspäätä siirretään eteenpäin tarpeellinen määrä ja tämän jälkeen työvaihe toistetaan. Toisto tehdään niin monta kertaa, että haluttu vannemäärä saavutetaan. (Erkkilä 2014b.)

3.4.7 Etiketöinti

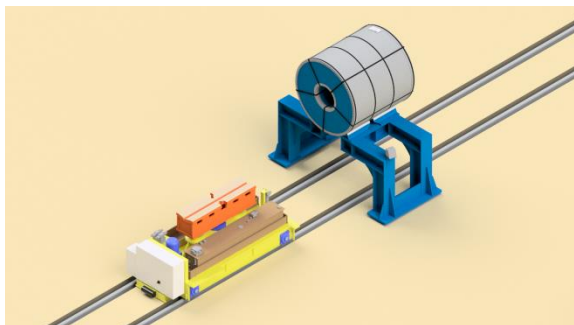


Kuvio 13. Merkintä ja metallikela aseman jälkeen (Pesmel 2017).

Viimeinen pakkauslinjan työvaihe on merkintä. Siinä kelaan asetetaan valmistajan tarrapohjaisia merkintöjä kelan oikeaan kohtaan. Näitä merkintöjä luetaan myöhemmin sekä automaattisilla lukijoilla että manuaalisesti. Merkinnässä käytetään robottia ja siihen sopivaa imukuppityökalua. Laite määrittelee merkinnälle oikean kohdan sen saaman pakkauskoodin perusteella. Tämän työvaiheen jälkeen kela on valmis varastoitavaksi tai lähetettäväksi asiakkaalle. Laite ja metallikela näkyvät kuviossa 13. (Erkkilä 2014a.)

Siirtovaunu laskee kelan pukille. Tulostin tulostaa tarvittavat tarramerkinnot robotille ja robotti nostaa ja asettaa tarrat kelaan. (Erkkilä 2014a.)

3.4.8 Siirtovaunu ja kelapukki



Kuvio 14. Siirtovaunu ja kelapukki (Pesmel 2017).

Keloja linjalla kuljettavat siirtovaunut, jotka on suunniteltu metallirullien siirtoihin ja nostoihin. Siirtovaunuja voidaan käyttää pakkauslinjoissa ja varastointijärjestelmissä. Pakkauslinjoissa siirtovaunut kulkevat työpisteiden välillä automaattisesti. Saapuesaan työpisteelle se ajaa kelan alle ja alkaa nostamaan satulaa. Kun kela on nostettu, satula pysyy yläasennossa ja siirtyy seuraavalle työpisteelle. Työpisteellä siirtovaunu laskee satulan ja siirtyy hakemaan seuraavaa kela. Siirtovaunuja on saatavilla eri kantavuuksina sekä esimerkiksi punnitsevalla tai kääntyvällä satulalla. (Erkkilä 2013a.)

Kelapukit on suunniteltu pitämään ja säilyttämään pakkauslinjassa liikkuvia keloja. Kelat lepäävät rungossa olevien tyynyjen varassa, joiden materiaali valitaan käyttökohteen mukaan. Tyynyn vakiomateriaali on muovi. Kelapukkeja saa erikorkuisina ja erilaisilla kantavuuksilla sekä esimerkiksi neljää suuntaan auki olevana mallina. Siirtovaunu ja kelapukki löytyvät kuviosta 14. (Erkkilä 2013b.)

4 KAPASITEETILASKENTALOMAKKEEN KOKOAMINEN

4.1 Laskentapohjien kerääminen

Kapasiteetilaskentapohjan tekemisen aloitettiin tutkimalla ja kokeilemalla vanhoja pohjia, jotka oli tehty kuhunkin työvaiheeseen menevän ajan laskemiseen. Kun niiden periaatteet ja eri tekijöiden vaikutussuhteet olivat selvinneet, siirrettiin laskentapohjien tiedot sellaisinaan uuteen pohjaan.

Uuden pohjan rakennetta kehitettiin ja mietittiin, ja vaihtoehtoja liittyen Excelin välilehtiin ja tiedon esittämiseen jouduttiin harkitsemaan tarkasti. Ensimmäinen vaihtoehto, joka tuli mieleen, oli se, että kaikki Excelin välilehdet pidetään sellaisinaan ja välilehdet liitetään oikeaan järjestykseen uuteen laskentapohjaan. Tällöin voisi välilehtien lehdyköiden väreillä osoittaa, mitkä välilehdet ovat työvaiheiden kokoavia sivuja, jolloin tarvittavat välilehdet löytyisivät vaivattomammin. Tätä esittämistapaa kokeiltiin Excelissä käytännön tasolla, mutta siitä tuli välilehtien määrän vuoksi hankala käyttää. Mikäli lopullisessa versiossa välilehtiä olisi ollut niin paljon mitä tällä tavalla kokeiltaessa, laskentatyökalun kerääminen yhteen tiedostoon olisi ollut hie- man turhaa, kun tieto ja parametrit olisivat loppujen lopuksi kuitenkin olleet hajallaan.

Seuraavaksi lähes kaikille käytössä oleville eri työvaiheille tehtiin omat välilehdet ja niihin allekkain siirrettiin eri parametreja sisältävät tiedot, jotka olivat aikaisemmin eri välilehdillä. Lopputulos oli tässäkin tapauksessa huono. Yleensä välilehden yläosassa oli otsikoitu tietoa, jonka yhteydessä soluja oli levitetty. Tämä taas vaikeutti lomakkeiden luettavuutta merkittävästi.

Toimivimmaksi ratkaisuksi selvisi tapa, jossa koneet pidettiin omilla välilehdillään, mutta lomakkeet ja laskentapohjat laitettiin vaakatasossa peräkkäin. Näin luettavuus säilyi hyvällä tasolla. Konekohtaiset sivut päätettiin pitää pääosin ennallaan, sillä ne toimivat hyvin eikä ulkoasussa ole vikaa. Ainoastaan solujen koot piti yhdenmukaistaa, jolloin solujen korkeuksista ja leveyksistä tuli peräkkäisiin laskentalomakkeisiin samanlaisia. Tämän muutoksen vaikutus luettavuuteen ja käytettävyyteen on kuitenkin vähäinen.

4.2 Laskentapohjien läpikäynti ja korjaus

Kaikkien laskentapohjien laskentasolut piti käydä läpi, sillä kaavoilla on tapana mennä sekaisin, kun niitä kopioidaan eri Excel-tiedostoon. Tyypillinen tilanne oli se, että soluviittaus oli lukittu, jolloin kaavan kopioinnin jälkeen viittaus oli vielä alkuperäisessä solussa. Nämä lukitut solut olivat yleensä vaikkapa metallirullan tai sen pakkausmateriaalin lähtötietosoluja. Tässä tilanteessa piti etsiä sama solu uudesta pohjasta ja vaihtaa viittaus siihen. Lukitus piti tietenkin säilyttää, jotta viittaus ei muutu, kun kaavaa kopioidaan tai lomaketta muutetaan. Tämä oli käsin tehtävää työtä, jota piti tehdä järjestelmällisesti, jotta kaikki tiedot saatiin tarkastetuksi ja laskentalomake toimii niin kuin pitää.

Työtä tehtäessä, alkuperäistä laskentapohjaa pidettiin koko ajan näkyvässä uuden laskentapohjan vieressä. Näin pystyttiin tarkistamaan soluviittauksia ja seuraamaan, että tehdyt muutokset uuteen pohjaan menivät oikein. Uuden laskentapohjan lähtötiedot säilytettiin samoina kuin vanhan, joten jos kaikkia vanhentuneita viittauksia ei korjattu tai jokin meni vikaan, laskettava lopputulos oli erilainen kuin alkuperäisessä laskentapohjassa. Näin pystyttiin hyvin nopeasti ja luotettavasti tarkistamaan, että virheitä ei tule.

Laskentapohjat käytiin läpi viimeisestä laskentapohjasta ensimmäiseen ja alhaalta ylöspäin. Näin edeten saatiin reaaliaikainen tieto siitä, että kaava on kunnossa. Laskentapohjat on koottu sillä tavalla että mitä alempana laskukaava on, sitä perustavanlaatuisempi lasku on. Eli alemmalla (aikaisemmalla) laskukaavalla on pohjustettu tulevia laskukaavoja. Toki jo ihan alimpiin kaavoihin liittyi viittauksia laskentapohjan käyttäjän täyttämiin lähtötietokenttiin.

Laskentapohjista näki hyvin selvästi, että mitä monimutkaisempia käytetyt koneet ja prosessit ovat, sitä enemmän sille tarvitaan parametreja ja laskukaavoja. Tässä tapauksessa silmästäkäärimen laskentapohja oli isoin ja suuritöisin. Sen sijaan erityisesti silmästävanteutus ja bodyvanteutus olivat nopeampia käydä läpi. Tämä johtuu pohjimmiltaan siitä, että ne ovat työvaiheinkin yksinkertaisempia kuin silmästäkäärin.

4.3 Työsivun kokoaminen

Position Sequence	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Stand	Inspection	Stand	WRA EYE	MAN	WRA BOD	MAN	STR BOD	STR EYE	Labeling	Stand
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Total time(s)		145.00		265.11	150.00	223.22	150.00	163.87	192.66	135.00	
Capacity(coils/h)		24.83		13.58	24.00	16.13	24.00	21.97	18.69	26.67	

1 / 0

Position Sequence	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Stand	Inspection	Stand	WRA EYE	MAN	WRA BOD	MAN	STR EYE	STR BOD	Labeling	Stand
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Total time(s)		145		265.11	150	223.22	150	192.66	163.87	135	
Capacity(coils/h)		24.83		13.58	24.00	16.13	24.00	18.69	21.97	26.67	

1 / 0

Position Sequence	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Stand	Inspection	Stand	WRA EYE	MAN	WRA BOD	MAN	Stand	Up-ender	Roll	STR	Labeling
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Total time(s)		145		265.11	150	223.22	150		180.2	150	187.35	120
Capacity(coils/h)		24.83		13.58	24.00	16.13	24.00		19.98	24.00	19.22	30.00

1 / 0

Position Sequence	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Stand	Inspection	Stand	WRA Axial	MAN	WRA BOD	MAN	Stand	Up-ender	Roll	STR	Labeling
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Total time(s)		145		248.41	150	223.22	150		180.2	150	187.35	120
Capacity(coils/h)		24.83		14.49	24.00	16.13	24.00		19.98	24.00	19.22	30.00

1 / 0

Kuvio 15. Työsivu 1 (Pesmel 2017).

Kun konekohtaiset laskentapohjat oli suuripiirteisesti koottu ja käyty läpi, aloitettiin kokoamaan Exceeliin ”työsivua”. Tämän välilehden on tarkoitus olla se tärkein välilehti, johon kootaan kaikkien koneiden kierron aika ja kapasiteetti. Lisäksi tällä välilehdellä suunnitellaan ja kokeillaan siirtovaunujen työkierto. Siirtovaunujen määrä ja työkierto on aivan ensiarvoisen tärkeä, jotta asiakkaalle voidaan tarjota tehokas ja kilpailukykyinen pakkauslinjasto. Työsivu näkyy kuviossa 15.

Visioissa työsivu oli nopeasti ja helposti käytettävissä oleva työkalu, josta löytyy kaikki tarvittava ilman, että joka kerta pohjaa olisi muokattava. Koska Pesmelin pakkauslinja ei ole aina samanlainen vaan erilainen kunkin asiakkaan tarpeisiin, on kaksi vaihtoehtoa: joko linjalle on tehtävä helposti muokattava pohja, jossa voidaan valita, mitkä koneet ovat käytössä ja missä järjestyksessä tai sitten on pohjalle hahmoteltava kaikki realistiset mahdollisuudet eri linjoista. Yrityksen yhteyshenkilöiden kanssa käydyn keskustelun pohjalta päätettiin, että valitaan yksinkertaisempi ja varmempi eli jälkimmäinen vaihtoehto.

Station	Distance m	Interval m	Pos.										
1	0.000	0.000	1										
2	9.600	9.600	2										
3	14.800	5.200	3										
4	20.300	5.500	4										
5	25.500	5.200	5										
6	31.500	6.000	6										
7	38.300	6.800	7										
8	47.000	8.700	8										
Speed loaded m/s			0.4										
Acceleration loaded m/s ²			0.15										
Acceleration and braking m			1.07										
Acceleration and braking s			5.33										
Speed empty m/s			0.7										
Acceleration empty m/s ²			0.2										
Acceleration and braking m			2.45										
Acceleration and braking s			7.00										
Saddle turn s			20	+stop at turn station						27.00			
Load lifting time s			16										
Load lowering time s			12										

Move	Start station	End station	Load	Distance m	Fast m	Fast s	Drive time s	Lift / Lowering s	Waiting time s	Add. time s	Total s	Carriage	Pos.
1	1	2	1	9.6	8.53	21.33	26.67	28	0.0	3.0	57.67	1	
2	2	3	0	5.2	2.75	3.93	10.93	0	0.0	1.0	11.93	1	
3	3	4	1	5.5	4.43	11.08	16.42	28	0.0	3.0	47.42	1	
4	4	5	0	5.2	2.75	3.93	10.93	0	0.0	2.0	12.93	1	
5	5	6	1	6.0	4.93	12.33	17.67	28	0.0	3.0	48.67	1	
6	6	1	0	31.5	29.05	41.50	48.50	0	0.0	1.0	49.50	1	
7	0	0	0	0.0	0.00	0.00	0.00	0	0.0	0.0	0.00	1	
8	0	0	0	0.0	0.00	0.00	0.00	0	0.0	0.0	0.00	1	
											Carriage 1 total s	228.11	
											Capacity coil/h	15	

Move	Start station	End station	Load	Distance m	Fast m	Fast s	Drive time s	Lift / Lowering s	Waiting time s	Add. time s	Total s	Carriage	Pos.
1	2	3	1	5.2	4.13	10.33	15.67	28	0.0	3.0	46.67	2	
2	3	4	0	5.5	3.05	4.36	11.36	0	0.0	1.0	12.36	2	
3	4	5	1	5.2	4.13	10.33	15.67	28	0.0	3.0	46.67	2	
4	5	6	0	6.0	3.55	5.07	12.07	0	0.0	2.0	14.07	2	
5	6	1	1	31.5	30.43	76.08	81.42	28	0.0	3.0	112.42	2	
6	1	2	0	9.6	7.15	10.21	17.21	0	0.0	1.0	18.21	2	
7	0	0	0	0.0	0.00	0.00	0.00	0	0.0	0.0	0.00	2	
8	0	0	0	0.0	0.00	0.00	0.00	0	0.0	0.0	0.00	2	
											Carriage 2 total s	250.39	
											Capacity coil/h	14	

Kuvio 16. Työsivu 2 (Pesmel 2017).

Päätöksen jälkeen yhteyshenkilön avulla listattiin muutama erilainen perusvaihtoehto eri pakkauslinjoille. Niihin laitettiin tietoisesti kela-alustoja kaikkiin paikkoihin, mihin asiakas niitä voisi haluta. Linjan laskentapohjassa on kohta, joka merkitään numerolla 0, mikäli se ei ole käytössä ja numerolla 1, mikäli se on käytössä. Näin esimerkiksi tarpeettomat kela-alustat, kuten muutkin tarpeettomat laitteet, merkitään numerolla 0, jonka jälkeen niitä ei enää huomioida laskennassa.

Työsivulle päätyi neljä erilaista pakkauslinjaa. Kussakin vaihtoehdossa on valmiiksi lueteltu koneet ja niiden järjestys. Kunkin koneen kohdalle on haettu koneen kierron kokonaisaika ja tuntikohtainen kapasiteetti, jotka on laskettu konekohtaisella väli-lehdellä. Näin saadaan nopealla silmäyksellä tieto, mikä kone on asetetuilla parametreilla linjan pullonkaula. Kaikista hitain työvaihe on tietenkin myös koko linjan määräävä kapasiteetti. Työsivu näkyy kuviossa 16.

4.4 Laskentapohjan ulkoasun ja käytettävyyden kehittäminen

Seuraavaksi alettiin työstämään työ sivun ulkoasua. Vaikka ihan kenen tahansa ei tarvitse osata käyttää kapasiteetinlaskentatyökalua, kannattaa ulkoasuun panostaa sen verran, että sen käytön omaksuminen uudelle käyttäjälle on helppoa ja nopeaa. Myös kokenut käyttäjä hyötyy siitä, että ulkoasu on selkeä ja käyttöliittymä rationaalinen. Mikäli laskentasisivu on pelkkiä lukuja ilman lukua ja tulkintaa helpottavia värejä tai muotoilua, sen käyttöön menee enemmän aikaa ja virheiden todennäköisyys nousee.

Vanhoista laskentapohjista löytyi hyvä perusajatus, jossa Excelin solujen pohjavärejä muuttamalla ilmaistaan solun määreen merkitys. Tällä tavalla hyvin nopealla silmäyksellä selviää esimerkiksi seuraavat asiat: mitkä solut ovat lähtötietosoluja, mitkä solut ovat arvosoluja, sekä mitkä solut ovat tulossoluja. Lähtötietosolut pitävät sisällään esimerkiksi täysin projektikohtaisia arvoja, kuten koneiden välimatkoja ja siirtovaunujen sekvenssejä. Toisaalta erityisesti konekohtaisilla sivuilla lähtötiedot pitävät sisällään myös tuotekohtaisia mittoja, jotka usein ovat sellaisenaan päteviä, mutta niiden paikkansapitävyys kyseisessä projektissa on tarkistettava laskentaa tehdessä. Arvosolut ovat kone- tai liikekohtaisia soluja, jotka pitävät sisällään laskennallisia arvoja ja tuloksia, joita voidaan hyödyntää laskennassa. Näitä soluja saa muokata vain henkilö, joka varmasti tietää mitä tekee. Tulossoluista selviää jokin määre, kuten aika, matka tai kapasiteetti arvoista, joista osaa käytetään vielä laskennassa. Osa tulossoluista taas ovat niitä lopullisia tuloksia, joita tällä koko laskentakaavakkeella haetaan.

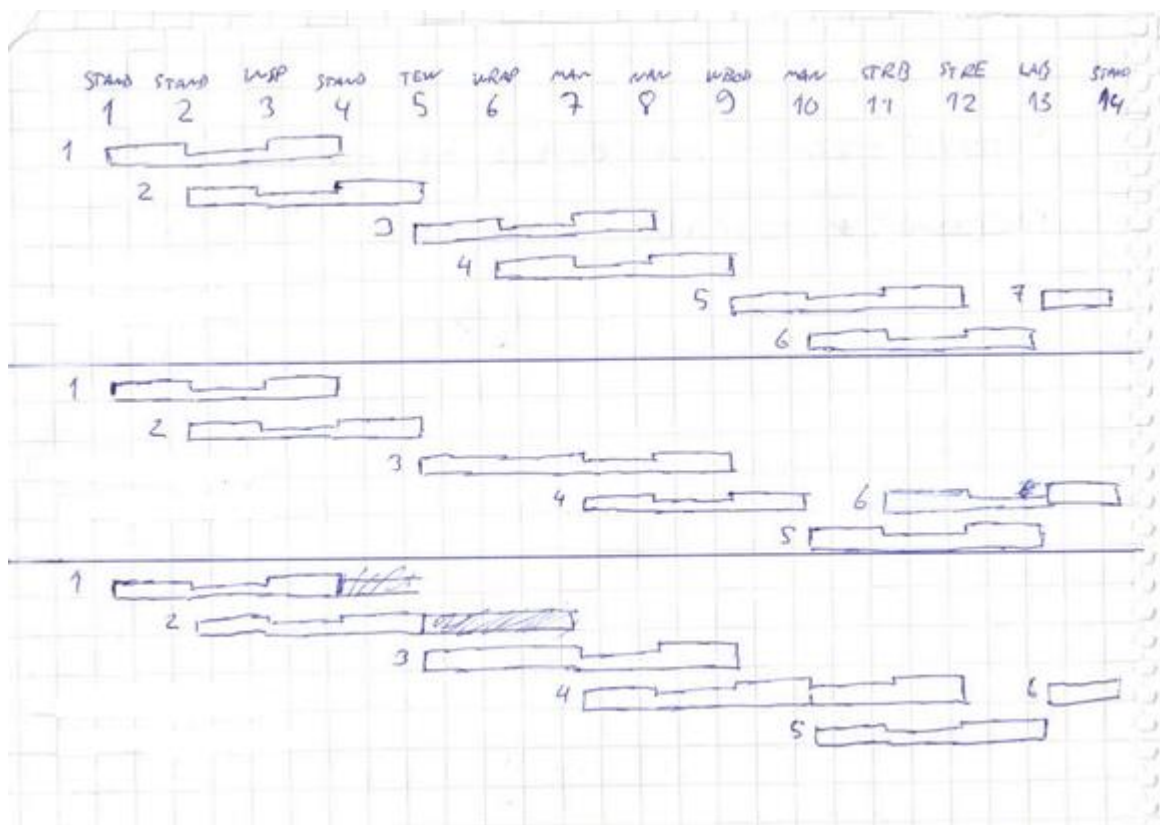
Toinen asia, jolla ulkoasua voidaan jäsentää ja selkeyttää, on reunaviivat. Niillä voidaan luoda rajoja taulukoiden väleille sekä erottaa taulukon eri osiot. Tätä työkalua käyttäessä huomattiin, että mikäli soluissa on käytetty tehosteväriä, eri-värisien soluryhmien välissä ei kannata käyttää reunaviivoja sillä siitä ei ole hyötyä ja se olisi esteettisesti vähemmän miellyttävän näköinen.

4.5 Laskentapohjan testaus

Tehtäväksi annettiin laskea mahdolliselle asiakkaalle tarjottavan kelapakkauslinjan kapasiteetti sekä tarvittavien siirtovaunujen määrä. Päätettiin käyttää laskentaan uutta laskentapohjaa, jolloin ei tarvitse avata useampaa tiedostoa ja samalla voidaan kokeilla, miten pohja toimii ja mihin suuntaan sitä on vielä kehitettävä.

Työ aloitetaan aina tutkimalla layout-tiedostoa. Siitä selviää, mitä koneita ja missä järjestyksessä ne ovat pakkauslinjassa, samaten kelapukkien määrä ja sijainti. Layoutista voi myös mitata eri koneiden ja työpisteiden etäisyydet toisiinsa nähden. Tämä kaikki tieto tarvitaan, jotta voidaan laskea linjan kapasiteetti. Lisäksi tarvitaan layoutin ulkopuolisia tietoja. Ensinnäkin on saatava selville, minkä kapasiteetin asiakas haluaa saavuttaa. Lisäksi on saatava tietoon ainakin avainkoneita koskevat varustelut sekä eri materiaalien määrä. Avainkoneiksi tässä tapauksessa lasketaan silmästäkäärintäkone, bodykäärintäkone sekä molemmat vanteutuskoneet. Tässä laskennassa oli erikoista se, että asiakas halusi silmästäkäärintäkoneen jälkeen manuaalisen käärintäaseman. Tarkoituksena on se, että asiakas voi käyttää tuotekohdasta kumpaa pakkaustapaa tahansa. Kuitenkaan molempia koneita ei tulla käyttämään samaan aikaan, mikä otetaan huomioon laskennassa.

Kun tarvittavat avainkoneita koskevat tiedot oli saatu, ne sijoitettiin laskentalomakkeisiin ja tutkittiin saadut tiedot. Selvisi että kaikki koneet yltyvät vaadittuun kapasiteettiin ja voidaan siirtyä siirtovaunujen syklien miettimiseen. Optimaalisimman syklin etsiminen aloitettiin luonnostelemalla paperille eri työpisteet, joita tässä tapauksessa oli 14, mikä on melko paljon. Syklit voi suunnitella joko alusta loppuun tai päinvastoin, tässä tapauksessa syklit tehtiin alusta loppuun.



Kuvio 17. Vaunusekvenssien hahmotelma.

Luonnosteltiin kolme erilaista vaihtoehtoa siirtovaunujen sykleille. Ylimmässä vaihtoehdossa ei ole huomioitu sitä, että koneita 5 ja 6 ei käytetä samanaikaisesti. Keskimmaisessä vaihtoehdossa se on huomioitu ja tämän takia saatu tulos, jossa tarvittavien siirtovaunujen tarve on pienempi. Alimmaisessa vaihtoehdossa kokeiltiin pidentää siirtovaunujen syklejä. Jos sykliä pidennetään ja silti saavutetaan haluttu kapasiteetti, on mahdollisuus vähentää siirtovaunujen määrää. Neljännen siirtovaunun sykliä oli kapasiteetin puitteissa mahdollista pidentää, mutta vastaavasti mikäli viidennen siirtovaunun sykliä olisi pidennetty, syklien jako ei olisi enää toiminut. Tämän takia viidennen siirtovaunun sykliä ei pidennetty, ja jouduttiin lisäämään vielä kuudes vaunu. Luonnostelma näkyy kuviossa 17.

Lopputuloksena oli, että haluttu kapasiteetti saavutettiin kuudella siirtovaunulla. Kuitenkin päädyttiin käyttämään seitsemän vaunun mallia ja siihen on muutama erilainen syy. Seitsemän vaunun mallissa on laskettu, että siirtovaunu pysähtyy jokaisessa pisteessä. Tästä on etua silloin, jos halutaan käyttää sillä hetkellä käyttämätöntä käärintäpistettä tuotannon puskurina. Toiseksi seitsemän vaunun avulla voidaan par-

haassa tapauksessa ilman katkoa muuttaa tuotantolinja käyttämään eri pakkausmetodia sekä välissä on mahdollista ajaa yksittäisiä, eri pakkausmetodia käyttäviä keloja. Kolmas syy tähän on se, että järkevissä rajoissa oleva ylikapasiteetti ei ole haitallista. Tässä tapauksessa koneet jäävät pullonkauloiksi, siirtovaunujen mennessä yli koneiden kapasiteetin. Joka tapauksessa koko linja kokonaisuutena kykenee pyydettyyn kapasiteettiin.

Laskentalomakkeen testikäyttö toi esille tarvetta korjata työsivua. Tässä laskettu pakkauslinja on melko pitkä ja asemia on paljon, joten asemien välejä mittaavaa laskinta piti jatkaa niin, että siihen mahtuu tarpeeksi asemia. Tämä pakkauslinjan järjestysmalli ei myöskään sopinut olemassa oleviin malleihin, mutta kokemuksen perusteella olemassa olevia malleja on helppo muokata lisäämällä tai poistamalla kelapukkeja tai manuaaliasemia. Tärkeintä on, että mallista löytyy siihen liittyvät koneet ja kaikkiin koneisiin on olemassa tarvittavat laskennat. Lisäksi testilaskenta toi esille muutaman solun, joihin ei oltu vielä tehty toimivaa kaavaa ja joihin piti tehdä kaava ennen laskentalomakkeen ottamista käyttöön.

5 TULOKSET

Opinnäytetyön tuloksena Pesmel sai käyttöön uuden kapasiteetinlaskentaohjelman. Koekäytön perusteella voidaan todeta, että uusi laskentapohja toimii ja on entiseen laskentatapaan merkittävästi nopeampi käyttää, varsinkin silloin kun laskettavan linjan koneiden ominaisuudet poikkeavat keskiverrosta. Tällöin jokaisen koneen kohdalla on tehtävä muutoksia parametreihin, mikä taas aiheuttaa muutoksen tuloksissa. Aikaisemmin jokaisen laskettavan koneen kohdalla on pitänyt avata oma laskentataulukonsa ja käytettävät parametrit on syötetty niihin. Parametrien perusteella taulukko on laskenut koneen suorituskyvyn ja ilmoittanut sen. Parhaimmillaan laskettavia koneita on 5-6 kappaletta, jolloin laskettavia taulukoita on täytynyt olla tietokoneella auki saman verran eivätkä tulokset kerry yhdelle tulosnäkykymälle.

Uudessa laskentapohjassa kaikki koneet ovat samassa Excel-tiedostossa, eri välilehdillä. Tulokset kerätään erilliselle työsivulle, jossa lasketaan myös siirtovaunujen syklit. Kun tarvittavien koneiden parametrit on korjattu vastaamaan kyseistä tilannetta, nähdään yhdellä silmäyksellä, mikä kone on pakkauslinjan pullonkaula ja mihin kapasiteettiin siirtovaunujen on päästävä, jotta ne eivät jää pullonkauloiksi. Yleensä asiakkaalla on jokin kapasiteettivaatimus, johon on yllettävä, mielellään turvallisella marginaalilla. Kun on varmistuttu, että koneet kykenevät vaadittuun kapasiteettiin, on vielä suunniteltava ja laskettava pakkauslinjaan tarvittava määrä siirtovaunuja. Tämä tehdään työn testausvaiheessa esiteltyllä metodilla.

Helppo- ja nopeakäyttöinen laskentapohja kannustaa kokeilemaan erilaisia vaihtoehtoja ja niiden vaikutusta lopputulokseen. Nopeasti omaksuttava laskentapohja on myös helppo opettaa uudelle käyttäjälle. Kun laskentapohja on luotettava ja ajantasainen, tiedetään mitä asiakkaalle ollaan tarjoamassa eikä yllätyksiä tule. Laskentapohjaa tulee siksi muistaa päivittää aina, kun koneiden suorituskyky muuttuu.

6 POHDINTA

Mielestäni tutkimukseni ja työni onnistuivat hyvin. Tavoitteena oli kehittää uusi työkalu kapasiteettilaskentaan, tavoitteisiin päästiin ja samalla opittiin uutta. Tuloksena oli entistä helppokäyttöisempi työkalu metallikelan pakkauslinjan kapasiteettilaskentaan. Aihe oli mielestäni mielenkiintoinen, koska sille oli selkeä kysyntä.

Teoriaosuuteen sopivan materiaalin löytäminen oli hieman haastavaa. Kapasiteettilaskennasta ei tuntunut kirjaston hakukoneilla löytyvän mitään käyttökelpoista tutkimusta. Lopulta sain ohjaajaltani tiedon mainiosta Krajewskin kirjasta, jossa käsitellään kapasiteettia ja muita tuotantoon liittyviä aihealueita, sen avulla näinkin monimutkaisen ja abstraktin aiheen teoria selkiintyi mielessä.

Laskentapohjaan jäi vielä jatkokehitettävääkin. Aloituspalaverissa mahdollisiksi lisäominaisuuksiksi mietittiin esimerkiksi sähkön ja paineilman kulutuksen arviointia. Lisäksi mietittiin, voisiko laskentapohjaan syötettävien parametrien perusteella arvioida materiaaleille tarvittavaa varastointitilaa tietyn aikajakson aikana. Näitä ominaisuuksia voi lisätä laskentapohjaan tulevaisuudessa.

LÄHTEET

Erkkilä, K. 2013a. CAR-LCA Lifting Car Tech Spec. Yrityksen sisäinen dokumentti.

Erkkilä, K. 2013b. CST-STA Product Stands Tech Spec. Yrityksen sisäinen dokumentti.

Erkkilä, K. 2013c. PAC-CAP Coil Additional Protection Tech Spec. Yrityksen sisäinen dokumentti.

Erkkilä, K. 2014a. IDE-APP Applicating Tech Spec. Yrityksen sisäinen dokumentti.

Erkkilä, K. 2014b. STR-RAD Radial Strapper Tech Spec. Yrityksen sisäinen dokumentti.

Finder. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. [Viitattu: 7.2.2017]. Saatavissa: <https://www.finder.fi/Metallituotteita/Pesmel%20Group/KAUHAJOKI/management/1933081>

Haverila, J., Uusi-Rauva, E., Kouri, I. & Miettinen, A. 2009. Teollisuustalous. 6. p. Tampere: Infacs.

Järvi-Kääriäinen, T., Ollila, T. 2007. Toimiva pakkaus. Helsinki: Pakkausteknologia-PTR.

Kilpinen, A. 2012. Varaosaliiketoiminnan prosessien kehittäminen. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Tekniikan yksikkö, Teknologiaosaamisen johtamisen koulutusohjelma. Opinnäytetyö. Julkaisematon.

Koivuluoma, S. 2013. WRA-BOD Body Wrapper Tech Spec. Yrityksen sisäinen dokumentti.

Koivuluoma, S. 2014. STR-EYE Eye Strapper Tech Spec. Yrityksen sisäinen dokumentti.

Koivuluoma, S. 2017. General Packing Presentation. Yrityksen sisäinen dokumentti.

Krajewski, L., Ritzman, L. & Malhotra, M. 2013. Operation Management: Processes and Supply Chains. United States of America: Courier / Kendallville.

Pesmel Oy. 2016. Yrityksen tuotteiden CAD-malli. Yrityksen sisäinen dokumentti.

Pesmel Oy. 2017. Yrityksen tuotteiden CAD-malli. Yrityksen sisäinen dokumentti.

Pesmel Oy. Ei päiväystä. Yritys. [Verkkosivu]. [Viitattu: 7.2.2017]. Saatavissa:
<http://www.pesmel.com>

Rintatalo, S. 2016. WRA-EYE Eye Wrapper Tech Spec. Yrityksen sisäinen dokumentti.