

Opinnäytetyö (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Koneautomaatiotekniikka

2012

Kristian Meriläinen

# LEVYLEIKKUUPISTEEN MENETELMÄSUUNNITTELU JA MALLINNUS



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU  
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

Turun ammattikorkeakoulu

Kone- ja tuotantotekniikka | Koneautomaatiotekniikka

Syyskuu 2012 | 41

Ohjaaja Jan Jansson

Kristian Meriläinen

# LEVYLEIKKUUPISTEEN MENETELMÄSUUNNITTELU JA MALLINNUS

Tämä insinöörityö tehtiin Trafotek Oy:lle. Työn tarkoituksena on parantaa levyleikkuupisteen yhteydessä toimivan pakankointipisteen tehokkuutta.

Parantamalla työmenetelmiä ja jigejä pyritään lisäämään levyleikkurin tehollista koneaikaa. Jigejä parantamalla tähdätään myös koonnin tarkkuuden parantumiseen, jotta käämintään menisi vähemmän epätarkasti koottuja pakkoja, jotka aiheuttavat ongelmia.

Tulosten ollessa hyviä siirrettäisiin uudet menetelmät myös muihin pisteisiin ja myös toisille toimipaikoille Kiinaan ja Viroon. Tulevaisuudessa pisteitä saatetaan tarvita enemmän.

Tämä työ käsittelee työpisteen suunnitteluvaihetta. Trafotekin tuotantolaitokselle Kaarinaan rakennetaan tämän opinnäytetyön perusteella prototyyppi suunnitellusta pakankointipisteestä. Prototyyppiä testataan ja myöhemmin päätetään kehitystarpeista sekä lopullisesta käyttöönotosta.

## ASIASANAT:

menetelmäsuunnittelu, jigit, levyleikkuupiste, kokoonpano

Kristian Meriläinen

## PROCESS PLANNING AND MODELLING OF SHEET METAL CUTTING STATION

This thesis was commissioned by Trafotek Oy. The aim was to improve the efficiency of the work station operating in connection with laminate cutting line.

Improving the working methods and jigs aim to increase the efficient machine time of the laminate cutting line. Improving the jigs also aims at improving the accuracy of the assembly so that less inaccurately assembled stacks would enter the winding machine. Inaccurately assembled decks cause problems in the coil winding.

If the results of the new methods are good they will be transferred to other work stations and also other company facilities in China and Estonia. In the future more work stations may be required.

This work is about the design phase. After the completion of this thesis a prototype will be built at Trafotek's production facility in Kaarina on the basis of the thesis. The prototype will be tested and later the development needs and the final adoption will be decided upon.

### KEYWORDS:

method design, jigs, sheet metal cutting point, assembly

# SISÄLTÖ

<b>KÄYTETYT LYHENTEET</b>	<b>7</b>
<b>1 JOHDANTO</b>	<b>8</b>
1.1 Tausta	8
1.2 Työn tavoitteet	9
1.3 Trafotek Oy	9
<b>2 MUUNTAJAT/KURISTIMET</b>	<b>10</b>
2.1 Muuntajat	10
2.2 Kuristimet	12
<b>3 TYÖPISTE NYKYÄÄN</b>	<b>13</b>
3.1 Levyleikkuri	13
3.2 Jigit	14
3.2.1 Iso jigi	14
3.2.2 Pikku jigi	14
3.3 Sylinterit	15
<b>4 KOMPONENTIT</b>	<b>15</b>
4.1 Pakan osat	15
4.1.1 Levyt	15
4.1.2 Liuska	17
4.1.3 Kiilat	17
<b>5 KOKOONPANO NYKYÄÄN</b>	<b>17</b>
5.1 Levypakka1	18
5.2 Levypakka2	20
5.3 Levypakka3	22
5.4 Levypakka4	25
<b>6 JIGIEN SUUNNITTELU</b>	<b>27</b>
6.1 Jigin vaatimukset	28
6.1.1 Pakkojen koko	28
6.1.2 Ongelmat	28
6.1.3 Teippaus	28
6.1.4 Runko	29
<b>7 SUUNNITELTU JIGI</b>	<b>29</b>
7.1 Runko	29
7.2 Jigi ratkaisu	30

7.2.1	Pikku jigin käyttö	32
7.2.2	Uusi iso jigi	33
7.3	Teippaus	33
7.4	Pneumatiikan operointi	34
<b>8</b>	<b>INVESTOINNIT</b>	<b>34</b>
8.1	Rungon johde	34
8.2	Jigin johde	35
8.3	Polkimet	35
8.4	Osat	37
8.5	Kustannukset	38
8.6	Takaisinmaksuaika	38
<b>9</b>	<b>YHTEENVETO</b>	<b>39</b>
	<b>LÄHTEET</b>	<b>41</b>

## KUVAT

Kuva 1.	Pakat kuristimessa	8
Kuva 2.	Yksinkertainen muuntaja	11
Kuva 3.	Yksinkertainen kuristin	12
Kuva 4.	Levyleikkuri	13
Kuva 5.	Iso jigi	14
Kuva 6.	Uudemman mallinen pikku jigi	15
Kuva 7.	Levyleikkukeskuksen ohjauspääte	16
Kuva 8.	Sydämen levyrakenne rajoittaa pyörrevirtoja	16
Kuva 9.	Liuska	17
Kuva 10.	Levypakka1	18
Kuva 11.	Kulmakiilat	19
Kuva 12.	Pakka 2 koottuna	20
Kuva 13.	Pyöreitä kulmakiiloja	20
Kuva 14.	Kulmakiilatuki leuassa	21
Kuva 15.	Yksi pääjigin pakkavasteista	22
Kuva 16.	Levypakka3	23
Kuva 17.	Pakka3 lisäkiila	23
Kuva 18.	Lisäkiila keskellä	24
Kuva 19.	Pakka4 kulmakiilat	25
Kuva 20.	Pakka4 alatuki isossa jigissä	26
Kuva 21.	Yksi uudemman mallisen sivujigin pakkavasteista	31
Kuva 22.	Korokkeet. Matalampi koroke, korkeampi koroke, V-tuki	32
Kuva 23.	Kulmakiila ylätuki ja lisäkiilatuki	32
Kuva 24.	5/2-Suuntaventtiili	36

## TAULUKOT

Taulukko 1. Polkimet .

36

Taulukko 2. Investoinnit.

38

## KÄYTETYT LYHENTEET

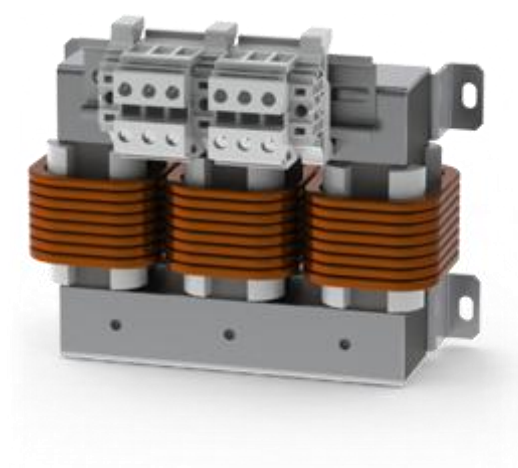
jigi	nimitys koonninauvälineenä tai tukena toimivista ratkaisuista
induktio	sähkökentän syntyminen muuttuvan magneettikentän vaikutuksesta [1]
solidWorks	3D-mallinnusohjelma
johde	lineaarijohde on kisko, jolla kelkat liikkuvat [8]
MR-elementti	magneettinen resistanssi [4]
prototyyppi	ensimmäinen versio
käämintä	kierretään sähköjohdin sydämen ympärille [3]
ferrittinen	ferritillä on suuri magneettinen permeabiliteetti, minkä takia sitä käytetään monissa sähkötekniikan sovelluksissa [1]
permeabiliteetti	aineen magneettista käyttäytymistä kuvaava suure [4]
magneettivuo	magnetismin määrää kuvaava suure [3]
sinikäyrä	jaksollinen, sinifunktion muotoinen aaltomuoto. Harmonisen värähtelyn perusmuoto [3]
pneumaattinen	paineilma. ylipaineista ilmaa käytetään koneiden käyttövoimana [6]
komponentti	osa

# 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Trafotek Oy Kaarinassa.

Työn tehtävänä oli kehittää levyleikkureiden yhteydessä olevien teippauspisteiden työmenetelmiä ja pisteissä sijaitsevia teippausjigejä sekä mallintaa niiden toimintaidea.

Työpisteissä valmistetaan levypakkoja, jotka toimivat muuntajissa tai kuristimissa rautasydäminä kääminnän sisällä, ks kuva 1.



Kuva 1. Pakat kuristimessa [9].

## 1.1 Tausta

Hankalampien muuntajasydänpakkojen koonnissa on monta vaihetta ja jigiä, minkä vuoksi koonti tietyissä pakkatyypeissä kestää kauan ja aiheuttaa virheitä. Virheistä johtuen kääminnässä aiheutuu häiriöitä ulosottokiskon sijoituksessa. Kappaleiden koonnin hitaus taas johtaa levyleikkureiden seisottamiseen eli alikäyttöön.

Vanhoja työpisteitä on tuotteiden lisääntyessä ja monipuolistuessa paranneltu usein eri tavoin. Lisäksi parannukset on monesti tehty ensin vain yhteen työpisteeseen. Kokeellisten muutosten jälkeen pisteistä ei ole tehty päivitettyjä



piirrustuksia. Tämän takia tehtyjen muutosten siirtäminen muihin pisteisiin on hankalaa ja vielä hankalampaa rakentaa täysin uusi koontipiste.

## 1.2 Työn tavoitteet

Työn tavoite oli saada levyleikkureiden tehollista koneaikaa suuremmaksi ja tehokkaammaksi nopeuttamalla ja helpottamalla pakkojen kokoonpanoa. Tarvitaan myös tarkempaa ja tasaisempaa työn laatua, jotta kääminnässä ei tulisi ongelmia epätarkan koonnin takia. Lisäksi pyritään saamaan mahdollisimman monta ellei kaikkia työvaiheita yhteen koontitukeen.

Lopuksi työssä mallinnetaan uudesta menetelmästä Solidworksillä havainnollistavat kuvat, sekä mittapiirrustukset. Toimiessaan hyvin menetelmä saadaan helposti siirrettyä myös muihin pisteisiin tai kokonaan uusiin.

## 1.3 Trafotek Oy

Kehitysyhtiö Sponsor osti maan suurimmat pienmuuntajatehtaat 1970-luvulla, joiden yhdistyessä syntyi Trafotek Oy. Sponsor luopui komponenttiteollisuudesta seuraavalla vuosikymmenellä ja Trafotek myytiin pois 1983 ja siitä eteenpäin se on toiminut itsenäisenä perheyhtiönä [11].

Vuonna 2010 enemmistö yrityksestä myytiin pääomasijoitusyhtiö Intera Equity Partnersille. Omistuspohjan laajentamisella vahvistettiin Trafotekin resursseja kasvuun ja kansainvälistymiseen. Perheen haltuun jäi edelleen merkittävä osuus osakekannasta [12].

Trafotekin pääkonttori sijaitsee Kaarinassa, josta löytyy myös kaksi tuotantoyksikköä. Tehtaita on myös Kiinassa ja Virossa. Kiinassa on myös tytäryhtiö. Vuonna 2010 Trafotek työllisti noin 300 ihmistä [9].

Trafotekin merkittävimpiä tuotteita ovat teollisuudessa käytettävät induktiiviset komponentit, kiinteistöjenturvavalojärjestelmät sekä junien ja linja-autojen sisävalojärjestelmät. Erikoisaloillaan yritys on Suomen markkinajohtaja [11].

Yritys suunnittelee ja valmistaa tehomuuntajia ja kuristimia. Tuotteet suunnitellaan yksilöllisesti asiakkaiden tarpeisiin. Asiakkaita on monilla eri aloilla, joita ovat tehoelektroniikka, teollisuusautomaatio, uusiutuva energiantuotanto ja telakkateollisuus [9].

Valtaosa tuotannosta menee vientiin esimerkiksi Eurooppaan, Pohjois-Amerikkaan, Aasiaan, Venäjälle ja Australiaan. Yrityksille, joita ovat mm. ABB, Siemens ja Mercedes Benz toimii Trafotek päähankkijana [11].

Trafotekin tulevaisuuden näkymät ovat hyvät ja kasvua on tullut, mikä näkyy yritykseen otettavien uusien työntekijöiden määrässä.

## 2 MUUNTAJAT/KURISTIMET

### 2.1 Muuntajat

Muuntajia käytetään siirtämään sähköenergiaa kahden vaihtosähköpiirin välillä. Yleisesti muuntajia hyödynnetään sekä heikkovirta- että vahvavirtatekniikassa [3].

Muuntajat rakennetaan käämityksestä, jonka sisällä on rautasydän. Käämitys koostu useista kierroksiksi taivutetuista johtimista [1]. Käämintä toteutetaan yleensä emalilla eristetyllä kuparilla tai alumiinilla [5]. Yleensä pienten muuntajien käämintä on kuparia, suurissa muuntajissa voidaan käyttää myös alumiinia [3].

Sydän voi olla ferriittiä tai rautalevyä. Tehtävänään sillä on siirtää magneettivuo molempien käämien lävitse [3]. Tutkittavassa työssä muuntajan sydämet on rakennettu rautalevyistä. Rautasydän kootaan levyistä vaihtokentän synnyttämien pyörrevirtahäviöiden vähentämiseksi mahdollisimman pieneksi [3].

Muuntajat ovat yleensä yksi- tai monivaiheisia, joista monivaiheisista käytetään eniten kolmivaihemuuntajia [1].

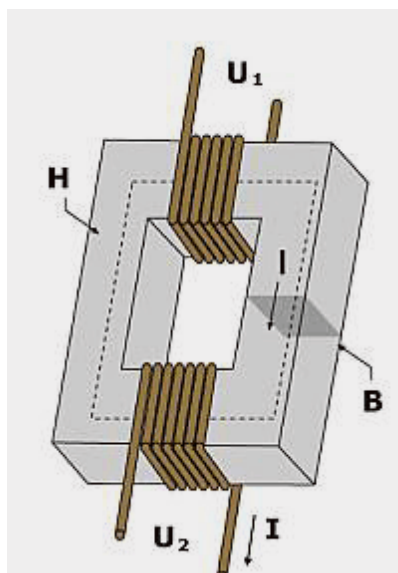
Muuntajia hyödynnetään seuraavissa tehtävissä:

- jännitteen muuttamisessa suuremmaksi tai pienemmäksi
- erottamaan kahta virtapiiriä toisistaan
- sovittamaan impedansseja ja resistansseja
- virran muuttamiseen
- virtojen ja jännitteiden summaamiseen

[3].

Muuntajan toiminta perustuu sähkömagneettiseen induktioon [3]. Johdin, jossa on virtaa synnyttää magneettikentän ympärilleen. Kenttäviivat ovat johdinta kiertäviä renkaita. Viivojen kokonaisuutta kutsutaan magneettivuoksi ( $\Phi$ ) [5].

Johteen käämintä rautasydämeen synnyttää magneettiirin, jossa käämin sisäiset kenttäviivat kulkevat sydämessä. Magneettiirin pituus määräytyy sydänrenkaan keskiviivan pituudesta ( $l$ ) [5].

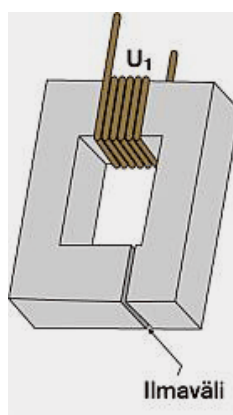


Kuva 2. Yksinkertainen muuntaja [5].

Kun vaihtovirta syötetään ensiokäämiin läpi, synnyttää se vaihtuvan magneettivuon rautasydämeen. Kun virta vaihtelee sinikäyrän muotoisesti, vaihtelee myös sen synnyttämä vuo sinimäisesti. Sydämen vaihteleva vuo synnyttää jännitteen toisiokäämiin, jonka jännite syöttää kuormituksen läpi toisiovirran. Virran suuruuden määrää toisiokuorman teho [3].

## 2.2 Kuristimet

Yleisimmin kuristimet koostuvat käämistä ja rautasydäimestä, jossa on ilmapäli [5]. Kuvassa 3. on kuristimen rakenne yksinkertaisesti.



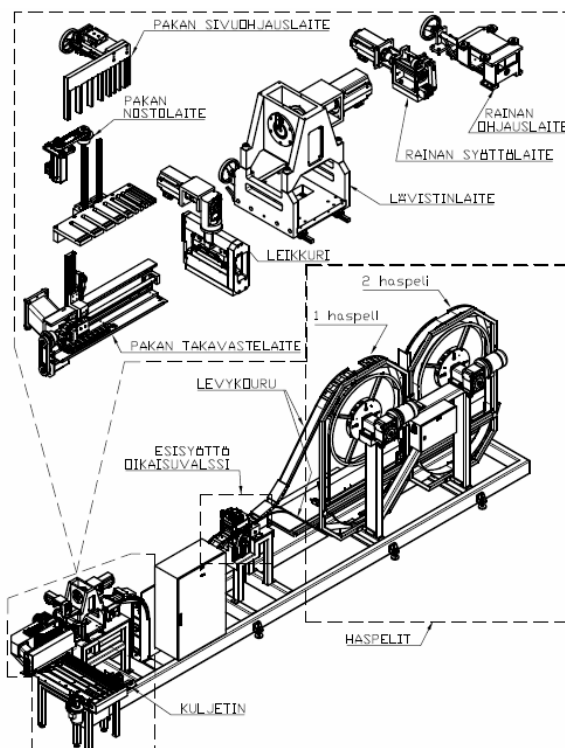
Kuva 3. Yksinkertainen kuristin [5].

Kuristin toimii siten, että syötettäessä vaihtojännitettä käämiin, muuttuu myös käämissä liikkuvan virran voimakkuus. Käämi indusoi sydämeen vaihtuvan magneettivuon. Tämä vuo muodostaa jännitteelle, joka vaikuttaa käämiin, vastakkaisen jaksottain vaihtuvan voiman. Muodostunut sähkömotorinen voima taas vastustaa käämissä liikkuvan virran vaihtelua. Perinteisin kuristinrakenne on pakkasydämmellä varustettu kuristin [5].

Kuristimia käytetään tasoittamaan virran muutoksia esimerkiksi loistelamppu- ja purkauslamppuvalaisimissa sekä suodatinpiireissä ja häiriöiden poistoon [5].

### 3 TYÖPISTE NYKYÄÄN

#### 3.1 Levyleikkuri



Kuva 4. Levyleikkuri.

Kuvan 4. mukaisessa levyleikkurissa valmistetaan muuntajien ja käämien levypakoista koostuvien sydämien levyt. Materiaalina käytetään ohutta metallirainaa, jonka mitta riippuu valmistettavasta tuotteesta.

Keskus syöttää käyttäjälle leikatut levyt pakkoina kuljetinta pitkin. Levyleikkukeskus seisahtuu jos kuljetin tulee liian täyteen.

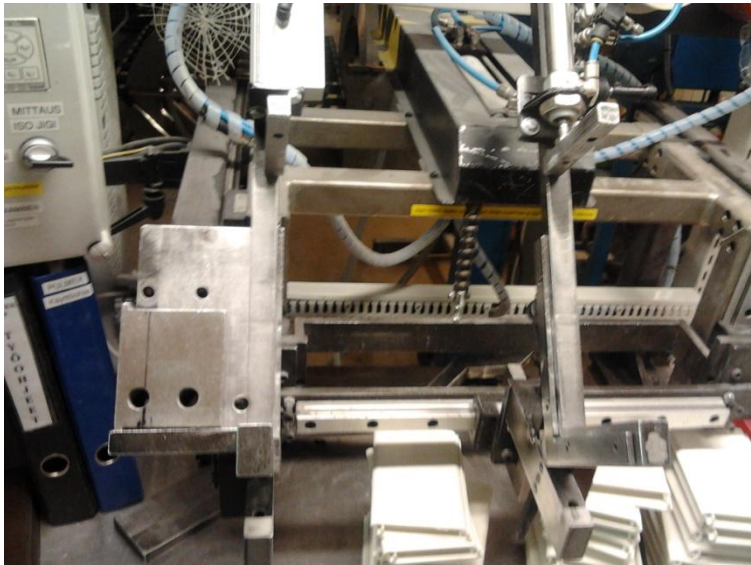
Konetta hallitaan työpisteellä olevan päätteän kautta. Päätteelle asetetaan halutun pituisen levyn mitat ja jatketaan keskuksen toimintaa, kun se seisahtuu.

## 3.2 Jigit

Pakkojen koonnissa käytetään apuvälineenä jigejä eli koontitukia. Jigejä on kaksi erilaista, iso ja pikku jigi.

### 3.2.1 Iso jigi

Iso jigi eli pääjigi toimii pakkojen varsinaisena koontitukena. Se koostuu kahdesta leuasta, johon pakka asetetaan. Lisäksi toisessa leuassa on vasteosa. Leuoissa on kulmakiiloja varten erilliset tuet, jotka saa asetettua kahdelle eri korkeudelle. Toimilaitteina leuoissa on pneumaattisetsylinterit, joilla saadaan pakat varmistettua teippausta varten.

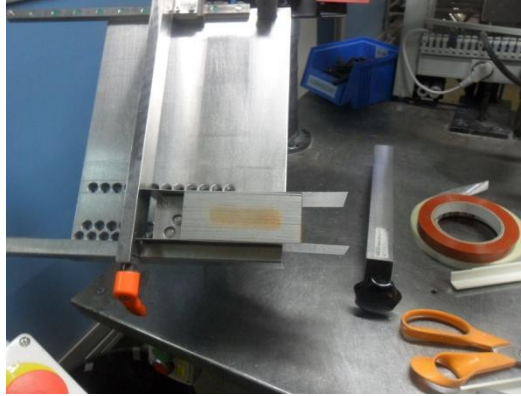


Kuva 5. Iso jigi.

### 3.2.2 Pikku jigi

Pikku jigejä on kahta erilaista mallia. Vanhempaa mallia käytetään vain pakkojen mitoitukseen. Uudempaa mallia käytetään myös pakkojen koonnissa.

Vanha malli koostuu vasteesta sekä tuesta johon pakka asetetaan. Uudemmassa mallissa tuki on isompi ja siihen on lisätty vasteet pakan koontia varten.



Kuva 6. Uudemman mallinen pikku jig.

### 3.3 Sylinterit

Pneumatiikan yleisimpiä toimilaitteita ovat paineilmasylinterit. Laitteilla saadaan aikaiseksi nopeaa liikettä, sillä ilma on herkkäliikkeistä väliainetta. Pneumaattisillasylintereillä kytetään siirtämään tuotteita, kiinnittämään kappaleita, kehittämään voimaa ja niin edelleen [6]. Kyseisessä työssä sylintereitä käytetään tuotteiden kiinnittämiseen ja pakkojen korkeuden mittaamiseen.

## 4 KOMPONENTIT

### 4.1 Pakan osat

Muuntajien sydänlevypakat koostuvat kolmesta pääosasta, jotka teipataan yhteen: levyistä, kiiloista ja liuskoista.

#### 4.1.1 Levyt

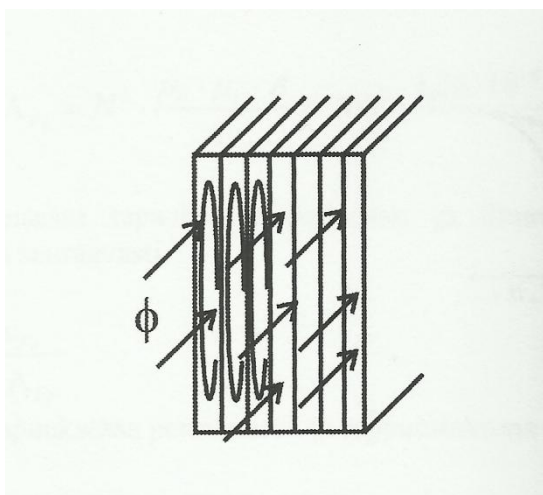
Levyt valmistetaan ensin halutun levyisistä ja paksuisesta levyaihiosta leikkaamalla. Leikkuu tapahtuu levyleikkurilla, joka on jokaisessa työpisteessä. Levyn paksuudet vaihtelevat jonkin verran. Ensimmäinen työvaihe on levyaihion irrotus kelalta purettavasta oikaistusta levynauhasta [2]. Työntekijä

asettaa keskukseseen tarvittavat säädöt ja rainan. Keskusta ohjataan päätteeltä, joka on työpisteessä.



Kuva 7. Levyleikkuukeskuksen ohjauspääte.

Muuntajan sydämessä käytetään levyrakennetta, koska se rajoittaa pyörrevirtojen suuruutta vähentäen häviöitä, kts kuva 8. Pyörrevirtahäviöt johtuvat muuttuvan vuon rautaan indusoimista pyörrevirroista. Jos rauta on niin sanottua massiivista materiaalia, kasvavat pyörrevirrat suhteettomasti vaihtokentässä. Tämä johtuu siitä, että indusoitunut jännite ja sitä kautta syntyvä pyörrevirta on verrannollinen vuon läpäisemään pinta-alaan [1]. Tästä johtuen on hyvä vähentää raudan pinta-alaa jakamalla sitä osiin.



Kuva 8. Sydämen levyrakenne rajoittaa pyörrevirtoja [1].



Pakkaan tarvittavat levyt tulevat työntekijälle kuljetinta pitkin, keskus pysähtyy kun kuljettimella on liikaa levypakkoja.

#### 4.1.2 Liuska

Liuskat ovat peruspakkaa pidempiä levyjä, joiden avulla pakka saadaan käämittyä helpommin ja lopulta kiinnitettyä muuntajaan tai kuristimeen. Niitä valmistetaan levyleikkurilla ennen varsinaisten pakkalevyjen leikkuuta tarvittava määrä. Liuskan pituus riippuu valmistettavasta tuotteesta.



Kuva 9. Liuska.

#### 4.1.3 Kiilat

Kiiloilla erotetaan levypakka kääminnästä. Näin saadaan aikaiseksi ilmarakoa pakan sydämen ja kääminnän väliin. Ilmarako auttaa myös jäähdytyksessä. Kiilat valmistetaan eri työpisteellä ja käydään hakemassa hyllystä. Kiiloja on monta erilaista mallia. Työssä käsitellään kolmea niistä.

## 5 KOKOONPANO NYKYÄÄN

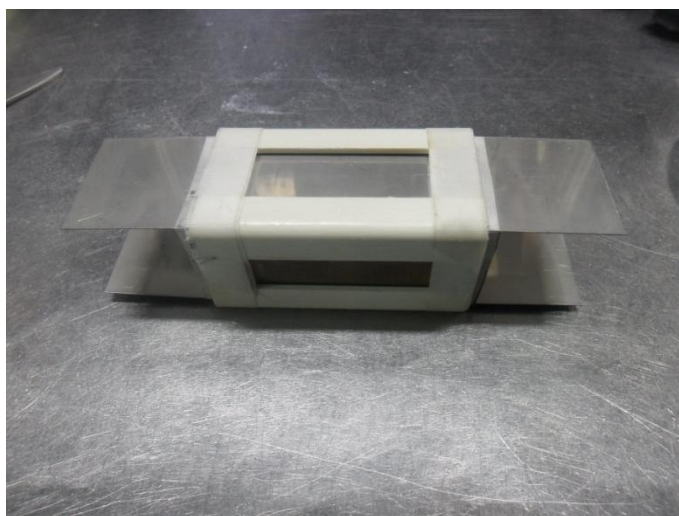
Jokaisen pakkamallin koonti alkaa halutun korkuisen peruspakan kasaamisella. Levyt tulevat työntekijälle leikkurin kuljetinta pitkin, leikkuri seisautuu mikäli

kuljetin tulee täyteen. Mittausjigiin asetetaan haluttu määrä vasta leikattuja levyjä. Pakan korkeus mitataan tarvittavilla mittaustyökaluilla.

Korkeutta säädetään joko lisäämällä tai poistamalla levyjä. Kun pakka on oikean korkuinen teipataan se sylinterillä varmistaen.

### 5.1 Levypakka1

Tässä pakkamallissa käytetään tasaisia kiiloja, kts. kuva 11. sivulta 19.



Kuva 10. Levypakka1.

Pakka1 kokoonpannaan seuraavanlaisesti:

1. Sivujigiin (uudempi versio mittajigistä) asetetaan liuska vasteisiin ja liuskan päälle laitetaan pakka.
2. Pakan päälle asetetaan liuska. Tämän jälkeen tasoitetaan nämä vasteisiin.
3. Liuskat pujotetaan säädettävään vastelevyyn ja pakka asetetaan erilliseen irroitettavaan vastepalaan, joka kiinnitetään jigissä oleviin koloihin halutulle etäisyydelle.
4. Kokoonpano teipataan pakan reunasta. Lopuksi käännetään koko pakka liuskoineen toisesta päästä vasteisiin ja teipataan sekin reuna jigin reunalla.

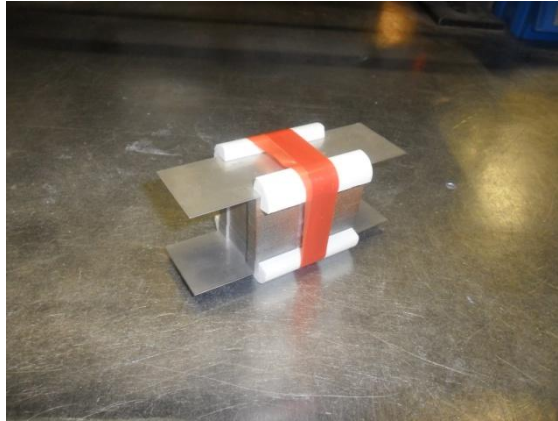
5. Seuraavaksi asetetaan pääjigiin kulmakiila.
6. Kiilan päälle laitetaan pakka sekä asetetaan vielä toinen alakiiila.
7. Pakan päälle tulee myös kulmakiilat. Kiilat asetellaan tasaisesti, joko mittaamalla tai silmämääräisesti.
8. Kiilojen ollessa riittävällä tarkkuudella tasaisesti keskellä, lukitaan kokoonpano paineilmasylinterillä, jotta se saadaan vielä teipattua aivan kiilojen reunoista.



Kuva 11. Kulmakiilat.

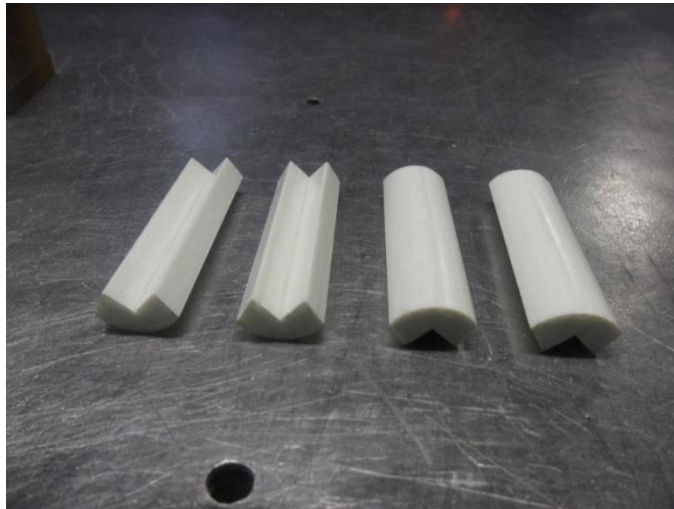
Tässä pakkamallissa tuote teipataan kiilojen alta ja päältä aivan pakan tai kiilojen reunasta. Tämä aiheuttaa sen, että nykyisessä menetelmässä pakkaa käännellään jigissä, sekä käytetään kahta eri jigä kokoonpanoon. Koska kokoonpano teipataan kiilojen reunasta, ei sitä pysty kokoamaan isossa jigissä vasteiden avulla, joka nopeuttaisi koontia ja parantaisi tarkkuutta, sillä teippausta ei mahduta tällöin toisesta reunasta suorittamaan.

## 5.2 Levypakka2



Kuva 12. Pakka 2 koottuna.

Levypakka2 on yksinkertaisin pakkamalli rakentaa. Kulmakiilatuet asetetaan matalammalle asetukselle. Kulmakiilat ovat tässä mallissa pyöreähköjä.



Kuva 13. Pyöreitä kulmakiiloja.

Pakka2 kootaan seuraavanlaisesti:

- 1) Aluksi sovitetaan alemmat kulmakiilat pääjigissä kiiloille tarkoitettuihin tukiin, kts. kuva 14. sivulla 21.
- 2) Kiilojen päälle asetetaan liuska, jonka päälle lasketaan teipattu pakka.

- 3) Pakan päälle asetetaan vielä liuska ja kulmakiilat.



Kuva 14. Kulmakiilatuki leuassa.

- 4) Pakka painetaan vasteeseen, jotta se on oikeassa asemassa kiiloihin nähden.
- 5) Liuskojen ylimenevät osat mitoitetaan tasan molemmin puolin joko silmämääräisesti, mittaamalla tai pakkavastetta hyväksi käyttäen.



Kuva 15. Yksi pääjigin pakkavasteista.

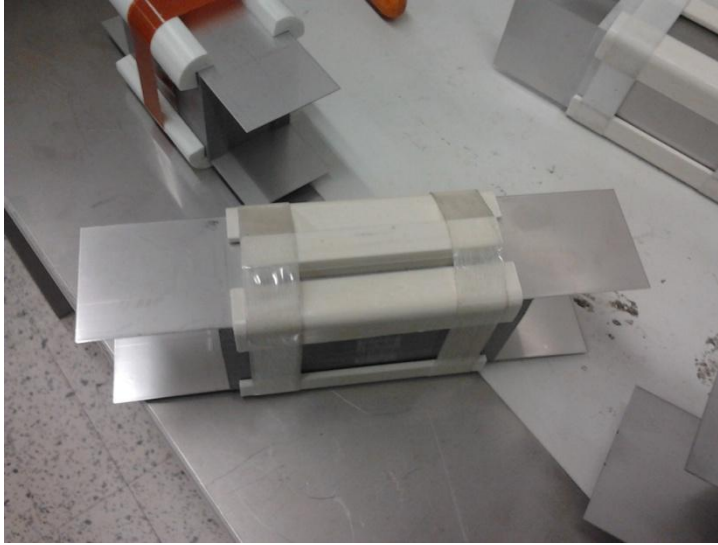
- 6) Kokoonpano lukitaan pneumaattistensylinterien avulla ja teipataan keskeltä punaisella teipillä, joka poistetaan vielä kääminnässä.

Tämän pakkamallin koonnissa ei sikäli ole mitään ongelmia. Se saadaan nopeasti koottua eikä levyleikkukeskus joudu seisomaan. Kuitenkin liuskojen tasoittamista voisi kehittää, jotta ei tarvitsisi jokaisella kerralla mitoittaa sijainteja uudestaan tasaisesti.

### 5.3 Levypakka3

Pakkatyyppin erityispiirre on neliömäinen lisäkiila, joka asetetaan kulmakiilojen väliin ylös. Kulmakiilatuet ovat korkeammassa asetuksessa.

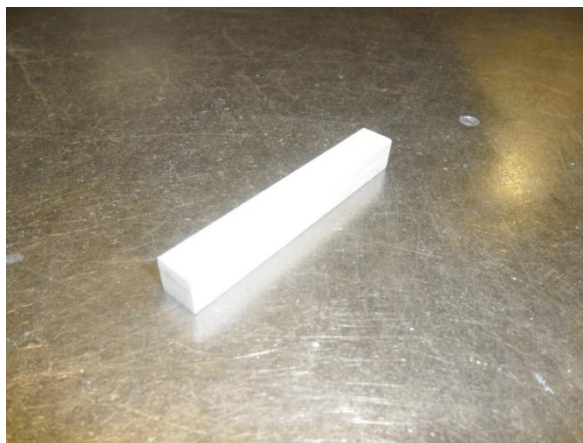




Kuva 16. Levypakka3.

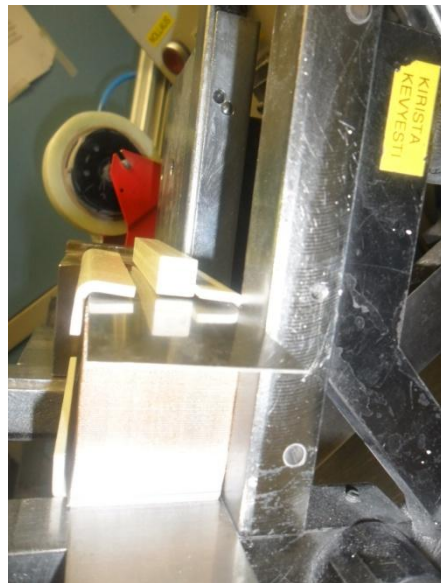
Pakka3 kokoonpano suoritetaan seuraavanlaisesti:

1. Pääjigissä asetetaan leukojen kiilatukiin alapuolen kulmakiilat sekä niiden päälle asetetaan liuska.
2. Liuskan päälle asetetaan levypakka, joka painetaan pakkavasteeseen.
3. Päälle asetetaan liuska ja kulmakiilat
4. Asetetaan lisäksi kulmakiilojen väliin pakan päälle.



Kuva 17. Pakka3 lisäkiila.

5. Ennen pakan kiinnitystä tasoitetaan liuskat tasaisesti molemmin puolin joko silmämääräisesti, mittaamalla tai käyttämällä apuna pakkavastetta.
6. Toimilaitteilla varmistetaan kokoonpano niin, että lisäkiila ei jää toimilaitteiden päätyjen alle, vaan niiden väliin, jotta pakka ja kaikki kulmakiilat tulevat kokonaan kiinnitetyksi. Lisäkiilaa joudutaan tukemaan kädellä, jotta se pysyy kulmakiilojen keskellä ennen kuin pakka lukitaan.
7. Lopulta pakka teipataan lisäkiilan reunoista.



Kuva 18. Lisäkiila keskellä.

Pakan koonnissa on sama ongelma kuin aikaisemmassa pakka2:ssa. Liuskojen aseman tarkka mitoitus vaatii kehittämistä, jotta ei tarvitse jokaisessa pakassa tarkistaa liuskojen asemaa.

Ongelmia esiintyy lisäkiilan asettamisessa:

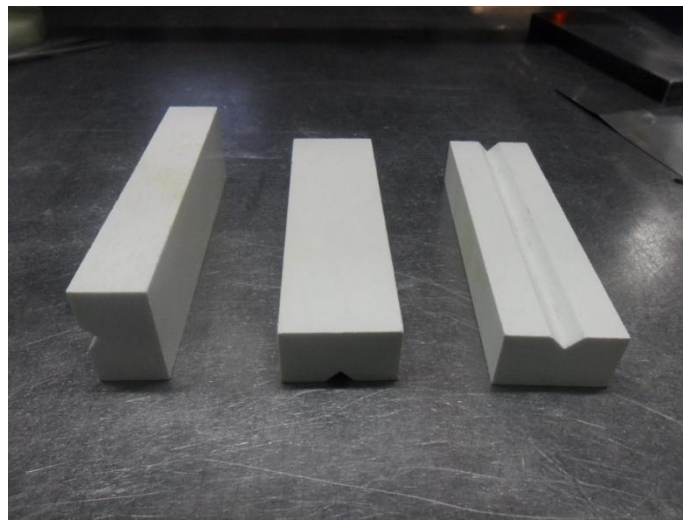
- Kiilaa joudutaan pitämään kiinni käsin ahtaassa välissä.
- Kaksi pneumatiikkasynteriä kulkee aivan käden läheltä.
- Kädet ovat käytössä huonosti, kun pakka lukitaan, sillä toimilaitteet toimivat käsikytkimillä.



Haastetta kokoamiseen tuo se, että lisäkiilat eivät ole aina aivan samanpituisia. Pienikin pituuden muutos voi aiheuttaa sen, että kiila joko jää liian lyhyeksi eikä täten jää toimilaitteiden väliin sopivasti. Ollessaan taas liian pitkä kiila jää toimilaitteiden alle, mikä estää kulmakiilojen kiinnityksen paikoilleen.

#### 5.4 Levypakka4

Tässä pakassa on isoimmat kulmakiilat. Se on muodoltaan täysin erilainen kuin muut.



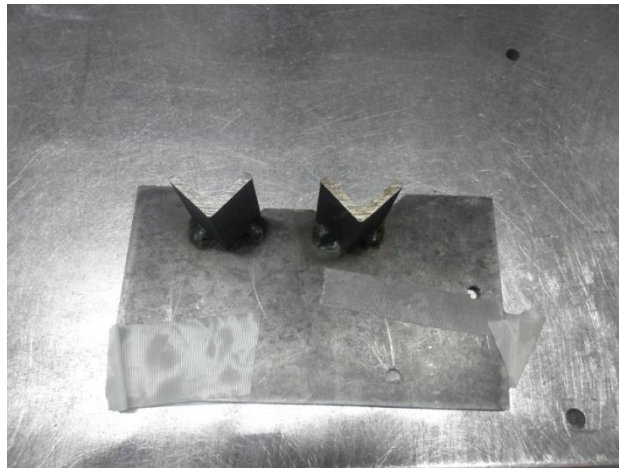
Kuva 19. Pakka4 kulmakiilat.

Perusmalli koostuu kahdesta pakasta. Pakoista voidaan myös tehdä pidempiä malleja. Pidempiin malleihin tulee enemmän pakkoja.

Pakka4 kootaan seuraavanlaisesti:

1. Uudenmallisessa pikkujigissä asetetaan ensin liuska sopivan pakkavasteen alta liuskavasteeseen.
2. Päälle asetetaan kaksi pakkaa ja näiden väliin ilmaväliksi levy.
3. Pakkojen päälle asetetaan liuska.

4. Kun kokonaisuus on tasoitettu vasteisiin varmistetaan se vielä pneumaattisella sylinterillä, ettei kokoonpano pääse enää liikkumaan.
5. Varmistettu pakka teipataan kärjestä.
6. Pakka on käännettävä ympäri, jotta saadaan teipattua myös pakan toinen pää. Tällöin on tuettava koko pakkaa ja ilmapölyä, jotta se putoa.
7. Pääjigin oikeaan leukaan asetetaan tuki, johon teipattu pakka asetetaan. Pakka asetetaan vain yhden leuan päälle, jota ei ole kallistettu. Tässäkin vaiheessa täytyy varoa ilmapölyä putoamista.



Kuva 20. Pakka4 alatuki isossa jigissä.

8. Alemmat kulmakiilat asetetaan tukeen niille varattuihin uriin, jonka jälkeen pakka kokonaisuus asetetaan kiilojen päälle.
9. Ylemmät kulmakiilat asetetaan paikoilleen pakan päälle.
10. Kiilojen päälle asetetaan ylempi kiilatuki tueksi.
11. Kiilat tasoitetaan joko mittamalla tai silmämääräisesti.
12. Lopuksi varmistetaan kokoonpano pneumaattisella sylinterillä ylätuen kohdalta ja teipataan paksulla teipillä kulmakiilojen reunoista.

Tämän pakkamallin koonnissa on eniten kehitettävää, ongelmallisia kohtia on monia. Pakat joudutaan kokoamaan kahdessa eri jigissä. Toisessa jigissä kokoamista hankaloittaa myös kesken koonnin tapahtuva pakan kääntö. Pidemmät pakkamallit aiheuttavat pahoja ongelmia. Pakkatuet ovat jääneet prototyyppi asteelle, minkä takia osat eivät istu tukiin sopivasti. Tämä aiheuttaa epävakautta, joka vaikeuttaa puolestaan pakkojen kokoonpanoa.

## 6 JIGIEN SUUNNITTELU

Jigin suunnittelu on hyvä aloittaa kartoittamalla tämän hetkisen koontimenetelmän puutteet sekä hyvät puolet. Lisäksi on hyvä huomioida, mitä rajoitteita pakkojen koonti ja malli tuovat. Tärkeää on myös pitää mielessä tulevaisuuden tarpeet ja kehitys.

Jotta pystyttiin kartoittamaan tämän hetkiset hyvät ja huonot puolet, tutustuttiin työpisteeseen huolella. Saatiin työntekijältä opastus jokaisen pakkatyyppin koontiin sekä päästiin kokoamaan pakkoja henkilökohtaisesti. Koontia käytiin seuraamassa useasti.

Vanha rakenne mallinnettiin uuden menetelmän suunnittelua varten. Piirrustusten avulla hahmotettiin myös minkä verran tilaa on suunnilleen käytössä.

Valmistettavista pakoista ei ole varsinaisia piirustuksia, joten myös ne jouduttiin mittaamaan ja mallintamaan. Mallinnettuja pakkoja hyödynnettiin kokoonpanon simuloinnissa ja tukien suunnittelussa.

Ideoita jigin kehitykseen haettiin tuotantolaitoksen muista osista, kuten kääminnästä, mutta nämä osoittautuivat lopulta käyttökelvottomiksi tai vaikeaksi toteuttaa.

Suunnittelutyö oli hyvin vaativaa, sillä piti ottaa huomioon monta eri tekijää. Tästä syystä suunnittelu kesti kauan ja monesti jouduttiin aloittamaan täysin alusta tai edettiin vain vähän kerrallaan. Suunnittelussa hahmoteltiin ensin idea paperille, josta se mallinnettiin Solidworksillä. 3D-mallin avulla pystyttiin

havannoimaan helposti mitkä ideat toimivat ja mitkä eivät. Suunnittelussa on huomioitava se mikä paperilla näyttää hyvältä ei aina todellisuudessa toimi.

Rakenteiden suunnitteluun tuli lopullisessa ideassa avuksi läheisen konepajan edustaja, joka neuvoi rakenteiden lopullisessa toteutuksessa sekä kiinnitysten mitoituksissa.

## 6.1 Jigin vaatimukset

### 6.1.1 Pakkojen koko

Rakenteiden täytyy olla sopivat laajalle kirjolle erikokoisia pakkoja. Pakkojen korkeudet voivat vaihdella hyvinkin paljon, riippuen asiakkaiden tarpeista. Jo nykyisessä menetelmässä joudutaan pidempiä pakkoja varten käyttämään lisätukea keskiosan tukemiseksi.

Pakkojen koon lisäksi myös ulkoisten lisukkeiden eli kiilojen mitat ja muoto vaihtelevat. Näiden kiilojen takia jigiin tarvitaan nyt ja tulevaisuudessa säädettävyyttä. Muokattavuuden täytyy olla mahdollisimman yksinkertaista, jotta myös tuotteesta toiseen siirtyminen on helppoa.

Ulkomittojen lisäksi tulee huomioida tietysti kokoonpanojen erilaiset painot. Pienimmät painavat vain vähän, kun taas suuremmat ovat huomattavan painoisia.

### 6.1.2 Ongelmat

Tällä hetkellä monessa pakkamallissa liuskojen ja kiilojen tasaisen sijoituksen mitoitus tehdään manuaalisesti mitalla tai vain silmämääräisesti. Huonosti tehtynä tämä aiheuttaa ongelmia koneellisessa kääminnässä. Tällöin käämintä tulee väärään kohtaan.

### 6.1.3 Teippaus

Joitakin pakkoja teipataan aivan pakkojen reunoista. Tämän hetkisissä jigeissä tämä aiheuttaa ongelmia. Johtuen siitä, että pakat ovat usein vasteissa. Tämän

takia ne joudutaan kääntämään ympäri, jotta myös toinen reuna saadaan teipattua.

Isona hidasteena on itse teippaussuoritus. Jigin takana on ahdasta ja monesti myös pakka on kahden leuan välissä, josta pakkaa on vaikea teipata. Jos on isot kädet ja/tai teippirulla on uusi ja vielä kookas niin tilaa teippaukselle on hyvin vähän. Tilanpuutteen vuoksi teippaus vaikeutuu, eikä teippausta saada riittävän tukevasti ja monesti teippauksen joutuu tekemään uudestaan.

Joissain malleissa teippien tehtävänä on vain pitää pakka koossa ennen käämintää, jossa ne joudutaan poistamaan. On huomioitava voiko teippauksen jättää suorittamatta kokonaan tai korvaamaan ne esimerkiksi liinoilla. Näin teippiä ei kuluisi niin paljoa ja kokoonpano vauhdittuisi.

#### 6.1.4 Runko

Nykyisen runkoratkaisun tarpeellisuutta täytyy myös pohtia. Rungossa on säädettävyyttä niin taaksepäin, mikä tuo tilaa pöydälle, kuin myös korkeus suunnassa, millä taas säädetään työkorkeutta ja voidaan nostaa jigi pois tieltä muita töitä varten. Rakenne on hyvin kookas johtuen varsinkin korkeutta säättävän sylinterin ratkaisusta. On mietittävä tarvitseeko jigin korkeutta säätää, kun nykyään myös työpöydän korkeutta pystytään säätämään. Sylinterin voi korvata myös kompaktimmalla sähkömoottorilla, joka on varustettu jarrulla.

Tavoitteena olisi saada koonti vain yhteen jigiin, kun mittajigiä ei lasketa mukaan. Tällä hetkellä osa pakoista joudutaan hankalasti siirtämään kahden eri jigin välillä ja jopa kääntelemään koontivaiheiden välillä.

## 7 SUUNNITELTU JIGI

### 7.1 Runko

Ehdotelman lähtökohtana pidettiin vanhan menetelmän pohjaa ja runkoa. Ensin pohdittiin vanhan rungon vaihtamista kokonaan, mutta tässä vaiheessa se on

vielä tarpeetonta ja aikaa vievää. Lisäksi vanhan rungon ominaisuudet ovat työpisteillä tehtyjen tarkkailujen perusteella käytössä ja toisinaan hyödyllisiä. Olisi myös vaikeaa löytää sopiva korkeus mihin jigi olisi hyvä asettaa. Tulevaisuudessa voidaan haluttaessa valmistaa kevyempi runko, jonka etäisyyttä voidaan säädellä.

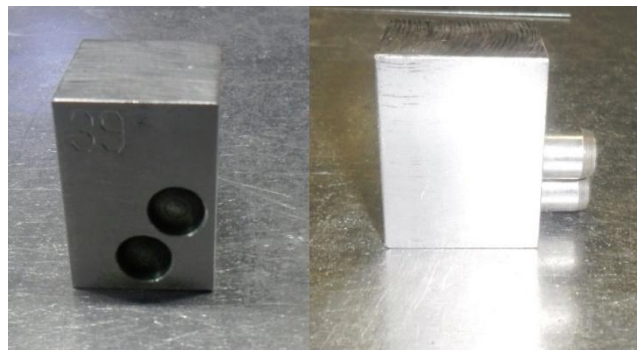
Runko rakentuu kahdeksasta eri rakenteesta:

- Kiinnikerakenteista, jotka kiinnittävät rungon työpöytäan.
- Sisäkehikosta ja L-tuesta, jotka muodostavat rangan rungolle. L-tuki kiinnitetään kiinnikkeisiin.
- Sylinteristä, jolla säädetään jigi-rakenteen korkeutta
- Ketjukiinnikkeestä, johon korkeutta säätävän sylinterin ketju on kiinnitetty.
- Johteista, jotta korkeus ja syvyys säätö kulkee sujuvasti
- Jigin johteenkannattimesta ja johteesta.
- Leuankannattimista, jotka ovat kiinni joko rungonjohteen kelkoissa tai rungossa suoraan.
- Leuan kannattimeen on asennettu vielä kallistustuki johon leuka kiinnitetään, että jigi saadaan tarvittaessa kallistettua.

## 7.2 Jigi ratkaisu

Mittaus tehtäisiin vieläkin vanhanmallisessa mittajigissä, koska siinä se onnistuu parhaiten, luotettavimmin ja helpoiten. Uudenmallisen mittajigin niin sanotun sivujigin toimivaa ideaa taas hyödynnetään uudessa ratkaisussa. Isoimmat pakat eivät mahdu pikkujigiin, joten ne mitoitetaan isossa jigissä kuten ennenkin.

Koska sivujigi toimii perustehtävässään hyvin, mutta ongelmana on keskeneräisen kokoonpanon kääntäminen, sovelletaan sitä nyt pääjigissä. Ratkaisuna korvataan isossa jigissä vanha vasteosa sovelletulla mallilla sivujigistä. Tätä varten pyydettiin sivujigin valmistajalta piirrustukset, jotta idea saadaan mahdollisimman tarkasti kopioitua ja sovellettua. Taka-ajatuksena tässä oli myöskin se, että voidaan mahdollisesti käyttää vanhoja vastepaloja uudessa ratkaisussa, eikä näin tulisi ainakaan kovin paljon uusia irto-osia.



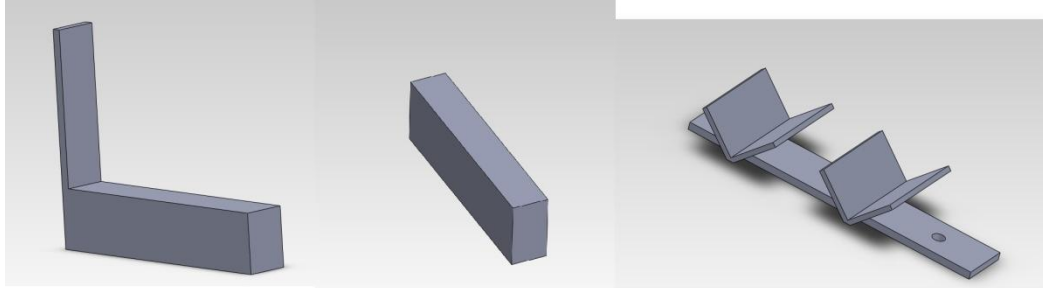
Kuva 21. Yksi uudemman mallisen sivujigin pakkavasteista.

Tässä rakenteessa käytettäisiin vain yhtä leukaa tukena, mutta pidempiä ja raskaampia kokoonpanoja varten tarvitaan enemmän tukea. Tästä syystä tarvitaan avuksi myös toinen leuka, sillä ennen pakka lepäsi jigileuan ja perusleuan päällä, mutta nyt jigileuka on toisessa tehtävässä eikä enää kannattavana ja kiinnittävänä apuna. Lisänä erittäin suurissa pakoissa voidaan käyttää myös lisätukea, joka löytyy jo koontipisteistä.

Vasterakenne pitää korottaa korkeammalle kuin alkuperäisessä rakenteessa johtuen siitä, että vastetta käytetään eri tavalla kuin aikaisemmin ja kaikkiin pakkoihin. Vanhassa menetelmässä käytetään vain osassa malleista. Kun leukoihin vielä asetetaan eri kiilatyypeille tarkoitetut korokkeet tai tuet saadaan kaikki eri pakkatyytit rakennettua yhdellä jigillä, jota muunnellaan tarpeen mukaan.

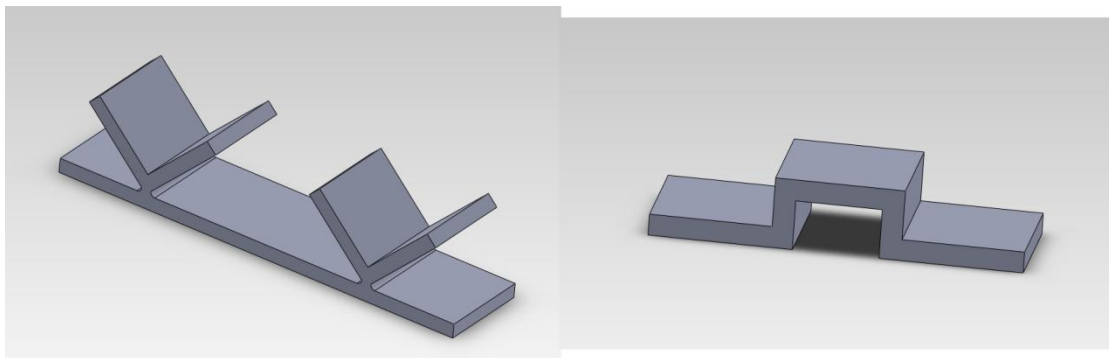
Korokkeita teetetään kolme erilaista. Matalampi peruskoroke tehdään pyöreitä kiiloja varten. Korkeampi peruskoroke, jossa on myös takalevy on tasaisille

kiiloille. Suurempia kulmikkaita kiiloja varten on V-tuki, jossa on paikat kulmakiiloille. Korokkeiden kiinnittämiseksi leukoihin porataan tai jyrsitään pienet reiät. Niihin voidaan asettaa tapit, joihin korokkeet asetetaan.



Kuva 22. Korokkeet. Matalampi koroke, korkeampi koroke, V-tuki.

Lisäksi suuri kulmakiilaista mallia varten tarvitaan vielä tuki yläpuolelle, jotta pakka saadaan tasaisesti varmistettua sekä helpotetaan kokoonpanoa. Myös lisäkiilallista pakkaa varten tarvitaan tuki, jolla saadaan lisäkiila pysymään paikoillaan.



Kuva 23. Kulmakiila ylätuki ja lisäkiilatuki.

### 7.2.1 Pikku jigien käyttö

Pikku jigi toimii mittajiginä ja sijaitsee ison jigien vieressä työpöydällä erillisenä rakenteena. Se koostuu rungosta, jossa on selkä ja alalevy joihin pakka nojaa. Lisäksi siihen kiinnitetään vaste johon pakka painetaan, jotta levyt menisivät tasaisesti. Jigiin on kiinnitetty teippiteline, josta saadaan helposti teippiä.



Jigin yhteydessä on mittausvälineistö, jolla mitoitetaan pakkojen korkeudet. Mittauksen tulos näkyy mittarissa, joka sijaitsee jigien välissä.

Jigi on kallistettu, jotta levyt pysyvät tasaisesti myös korkeussuunnassa. Kallistus helpottaa myös teippausta, sillä kädet ovat paremmassa työskentely asennossa kuin pystysuorassa jigissä teipattaessa.

### 7.2.2 Uusi iso jigi

Iso jigi Toimii varsinaisena koontivasteena.

Uusi iso jigi koostuu viidestä eri osasta:

- Pohjalevystä, joka on kiinnitetty leukaan.
- Takalevystä, joka on kiinni leuassa ja pohjalevyssä.
- Vaihdeavista pakkavasteista, joita on montaa eri mittaa.
- Liuskavaste rakenteesta, joka koostuu liuskavasteesta ja johteesta sekä kelkasta.
- Jigin vasterakenne kiinnittyy vielä leukaan, joka on kiinnitettyinä leuankannattimeen

### 7.3 Teippaus

Pelkkä jigin idean siirtäminen ei riitä ratkaisemaan sitä ongelmaa, että kokoonpano joudutaan kääntämään kesken teippauksen. Tähän keksittiin ratkaisuksi, että leukoihin lukitut pakat voitaisiin hivuttaa irti vasteista, jolloin molemmat päät jäisivät auki teippausta varten. Jotta tämä toimisi joustavasti täytyy siirron olla sujuvaa eli johteen ja kelkan täytyy olla helposti siirrettäviä sekä kelkan lukituksen käyttö yksinkertaista.

Nykyisessä mallissa kelkkojen lukitus toimii mekaanisesti käsin eli kiristysruuvilla. Tähän ideoitii ratkaisuksi pneumaattinenjarru, jota operoitaisiin polkimella. Vaihtoehtoina oli joko edullinen valmiskorjaus eli jarrukelkka tai jos

edellistä ei löydy jarrun toteutus itse. Tällä kertaa päädyttiin jarrukelkkaan. Jos menetelmä siirretään muihin työpisteisiin tulisi mahdollisesti edullisemmaksi rakentaa yksinkertainen jarruratkaisu itse.

#### 7.4 Pneumatiikan operointi

Uudessa ratkaisussa korvattaisiin myös käsikäyttöiset pneumaattiset kytkimet, joilla operoidaan sylintereitä lukkiutuvilla polkimilla. Tämä vähentäisi kurottelua korkealla sijaitseviin kytkimiin ja vapauttaisi kädet muihin tehtäviin hankalissa kohdissa.

Tällä hetkellä kelkkojen lukitus toimii mekaanisilla jarruilla, mikä on hidasta ja kömpelöä. Jarrut korvataan pneumaattisella ratkaisulla, jota operoitaisiin lukkiutumattomalla polkimella, joka vapauttaisi kelkat, kun sitä painetaan.

## 8 INVESTOINNIT

Suunniteltua jigi toteutusta varten on kartoitettu hankittavaksi teetettäviä jigin rungon osia kuin myös uusia johde/kelkka pareja ja polkimet.

#### 8.1 Rungon johde

Kuulajohde perustuu viivakosketukseen. Rakenteellisesti pyritään siihen ,että mahdollisimman suuri joukko kuulia jakaa kuorman samanaikaisesti. Tämän takia kantokyky on suhteessa ulkomittoihin todella suuri [8]. Johteen ja kelkan rakenne kestää suuremman kuormitettavuuden, minkä takia suurinkin pakka jaettuna kahdelle leualle ei siis kuormita rakennetta juurikaan. Pakan uskaltaa myös hetkellisesti jättää yhdelle leualle ja rakenteen tulisi kestää tämä.

Valmistajien mukaan kuulat kuluvat erittäin vähän lineaariliikkeessä, sillä kuulien pintojen liukualueet ovat pieniä [8]. Johteet siis kestävät tässä käytössä kauan pienellä säännöllisellä huollolla.

Runkoon jouduttiin tilaamaan uusi johde ja kelkkapari, sillä tällä hetkellä käytössä olevan alumiinisen johteen, valmistus on lopetettu eikä siihen siksi

saatu enää toista kelkkaa pariaksi. Lisäksi koska alumiinisessa johteessa ei ole mahdollisuutta pneumaattiseen lukitukseen, tarvittiin myös uusi kelkka nykyistä menetelmää varten.

Halvimman tarjouksen tehneen yrityksen tarjous jätettiin pois, sillä työn loppuun viemistä samalla rungolla helpotti, että vanhan tuotteen valmistajalla oli vastaavilla mitoilla teräksinen johde.

Nykyisen käsillä mekaanisen jarruruuvien löystyttämisen sijaan hankitaan pneumaattinen lukituskelkka nopeuttamaan lukituksen avaamista. Johteen ja kelkkojen toimittajan lukituskelkka on hyvin hintava, jonka vuoksi pyydettiin tarjoustusta lukituskelkasta myös muualta. Eräältä toimittajalta löytyikin vastaavan mallinen kelkka, jonka hankinta hinta on puolta edullisempi.

## 8.2 Jigin johde

Jigissä olevan liuskavasteen etäisyyden säätöön hankitaan minijohde. Johde tarjouksia pyydettiin muutamalta Trafotekin aikaisemmin käyttämältä tavarantoimittajalta. Tuotteet päätettiin hankkia samalta toimittajalta, jolta hankittiin myös lukituskelkka.

## 8.3 Polkimet

Komponentteja, joilla säädetään ja ohjataan pneumaattisia järjestelmiä kutsutaan yleisesti pneumaattisiksi venttiileiksi. Ne sijaitsevat paineenlähteen, monesti huoltolaitteen ja toimilaitteen, eli tässä tapauksessa sylinterin välissä [6].

Venttiileillä ohjataan virran suuntaa tai säädetään painetta tai tilavuusvirtaa. Niitä käytetään toimilaitteiden sekä muiden venttiilien ohjaamiseen [7]. Standardin SFS 2247 mukaan paineilmaventtiilit jaetaan neljään ryhmään, jotka ovat suuntaventtiilit, vastaventtiilit, paineventtiilit ja virta- ja sulkuventtiilit [6].

Polkimet kuuluvat suuntaventtiileihin. Suuntaventtiilit ohjaavat ilmavirran suuntaa. Tehtävänään niillä on yksittäisen tai monen virtaustien avaaminen ja

sulkeminen. Venttiilien nimitysten luvut ilmoittavat liitäntöjen ja toiminta-asentojen määrän, eli 5/2-suuntaventtiillä on viisi liitäntää ja kaksi toimintaa [7].



Kuva 24. 5/2-Suuntaventtiili [10].

Ohjaustapoja on viisi erilaista. On lihasohjaus, mekaaninen ohjaus, sähköinen ohjaus, paineohjaus ja yhdistetty ohjaus [7]. Kyseisessä projektissa käytetään lihasohjausta. Lihasohjattuja venttiilejä kutsutaan usein myös suoraohjausventtiileiksi [7].


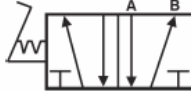
Ohjauksen vaikutus voi olla pysyvä tai hetkellinen. Pysyvässä ohjauksessa vaikutus kestää niin kauan kuin venttiili on toiminta-asennossa. Hetkellinen ohjaus vaikuttaa vain kunnes haluttu toiminta-asento on saavutettu [7].

Kaksiasentoventtiili palautetaan perusasentoon. Palautus voidaan toteuttaa myös automaattisesti. Yleisin automaattinen palautuselin on jousi. Paine palautusta käytetään myös yleisesti. Halutun toiminta-asennon pysyminen voidaan varmistaa asentosalvalla [7].

Yleisesti lihasohjattujen venttiilien toiminta-asentoa muutetaan jalalla tai käsin [7]. Vanhassa menetelmässä on käytössä kaksi käsikäyttöistä kytkintä sylinterien operointiin. Uudessa menetelmässä olisi tarkoitus korvata nämä polkimilla. Lisäksi kelkat on lukitettu mekaanisilla jarruilla. Nämä korvataan pneumaattisella jarrukelkalla, jota ohjataan polkimella.

Ratkaisuksi kytkimien painamiseen käsin hankitaan kaksi lukkiutuvaa 5/2 poljinta pneumaattisten sylinterien kontrollointiin. Lisäksi lukkiutumaton 5/2 poljin rungonjohteen kelkan jarrun hallintaan. Näin saadaan kädet vapaaksi ja muihin tehtäviin.

Taulukko 1. Polkimet [10].

Malli	Symboli	Ohjaus	Palautus
Lukkiutumaton		Poljin	Jousi
Lukkiutuva		Poljin	Poljin

#### 8.4 Osat

Uutta menetelmää varten teetettiin Trafotekin käyttämältä konepajalta osia uuteen jigiiin ja lisäosia runkoon. Konepajalta saatiin myös paljon neuvoja osien rakenteiden ja kiinnitysten suhteen.

Uusia kappaleita tulee yhteensä 12 erilaista, niistä viisi on apukappaleita eikä kiinteitä jigiiin eikä rungon osia.

Koska jigii rakenne uudistuu, täytyy sitä varten teettää kolme uutta osaa, jotka toimivat vasterakenteena. Osia ovat jigiiin selkä- ja alaosa sekä liuskavaste.

Jigiiin tulee uusi leuka ja vanha leuka siirtyy eri tehtävään, minkä takia joudutaan teettämään myös uusi leuka sekä uusia leuan pidike osia runkoon. Yhteensä täytyy teettää neljä uutta osaa. Uusia osia runkoon olisivat uusi leuka, johon jigii kiinnitetään, leuan kiinnitin, joka liittyy leuan leuankannattimeen, joka myös teetetään sekä kallistustuki, johon leuka voidaan tarvittaessa kallistaa.

Apuosia tulee viisi. Niiden tehtävänä on toimia sovitteina, jotta erimalliset pakat saadaan valmistettua samassa jigiiissä. Tulee kaksi paria erikorkuisia korokkeita, alatukikappaleet isoille kulmakiiloille ja ylatukikappaleet sekä tuki, jotta irtokiilla saadaan pysymään paikallaan teippausta varten.

## 8.5 Kustannukset

Yhteensä eri tuotteita tulee hankittavaksi kuusi ja niistä kahta tuotetta kaksi kappaletta. Taulukkoon 2 on koottu hankittavat tuotteet ja määrät.

Taulukko 2. Investoinnit.

Tuote	Määrä/kpl
Minijohde ja kelkka	1
Lukkiutumaton poljin	1
Lukkiutuva poljin	2
Lukituskelkka	1
Rungon kelkka	2
Rungon johde	1
	8

## 8.6 Takaisinmaksuaika

Takaisinmaksuaikaa on tässä vaiheessa projektia vaikea arvioida, sillä ei tiedetä kuinka paljon pakkojen valmistus tehostuu. On odotettava, että menetelmä saadaan kehitettyä hyvälle tasolle, jossa tuotteet saadaan koottua halutulla tavalla. Lisäksi menee aikaa ennen kuin kokoonpanijat oppivat uuden menetelmän ja pääsevät täyteen tuotantovauhtiin.

Vasta kun menetelmä toimii täydellä vauhdilla saadaan sitä verrattua edelliseen menetelmään. Silloin pystytään arvioimaan investoinnin kannattavuus pidemmällä tähtäimellä.

## 9 YHTEENVETO

Tämän insinööriyön tehtävänä oli levyleikkuupisteen menetelmäsuunnittelu ja tulosten mallinnus. Työssä keskityttiin lähinnä levyleikkureiden yhteydessä olevien työpisteiden kehittämiseen. Työpisteissä valmistetaan levypakkoja, jotka toimivat muuntajissa ja kuristimissa rautasydäminä. Eniten keskityttiin jigien eli koontitukien kehittämiseen, sillä laajentunut tuote valikoima aiheuttaa sen, että jigien käytöstä on tullut liian monimutkaista ja hidasta. Mallintamisella pyritään dokumentoimaan uusi kokoonpano ja sen mitat, sillä vanhoista jigeistä ja prototyypeistä ei löydy kunnan piirrustuksia ja tietoja, minkä takia menetelmien siirtäminen toisiin tai kokonaan uusiin työpisteisiin on ollut haastavaa.

Työ aloitettiin tutustumalla yhteen työpisteistä Trafotekin tuotantolaitoksella Kaarinassa. Tutustumiseen sisältyi työntekijöiden tarkkailua ja haastattelua. Parempaa tuntumaa kokoonpanoon ja sen ongelmiin haettiin myös henkilökohtaisesti kokoonpanemalla tuotteita työpisteellä. Laitteistosta ja sen vaatimuksista saatiin myös tietoa tuotannonkehitykseltä.

Menetelmäsuunnittelu kohteeseen oli haastavaa ja aikaa vievää, sillä piti huomioida monta tekijää samaan aikaan. Jotkin ehdotetuista ratkaisuista saattoivat tehdä mahdottomaksi koota tiettyjä pakkoja tai vaikeuttaa sitä suunnattomasti. Osa ehdotelmista oli liian monimutkaisia toteuttaa ja hylättiin jo melkein alkutekijöihin. Joissain mietinnöissä tuli vastaan, että rakennelmasta olisi tullut liian kookas ja ympäristön työturvallisuus olisi häiriintynyt.

Suunnittelussa lähdettiin monta kertaa etenemään tiettyyn suuntaan hyvänä vaihtoehtona ennen kuin todettiin menetelmän toimimattomuus tärkeillä osa-alueilla. Lähdettiin myös monesti ideoimaan täysin erillaisia rakennelmia ja menetelmiä kuin alkuperäiset ovat. Lopulta todettiin, että paras ratkaisu on jo osittain toteutettu yhden työpisteen sivujigissä.

Kun idea saatiin lopulta vahvistettua alettiin toteuttaa tarkkaa mallinnusta ideasta, jotta saataisiin rakenteet lopulliseen muotoon. Uusissa osissa ja niiden kiinnityksissä saatiin neuvoja osat toteuttavalta konepajalta.

Uutta menetelmää varten tarvitaan myös uusia toimilaitteita, joiden ominaisuuksia lähdettiin kartoittamaan. Tuotteista kyseltiin monelta eri tavarantoimittajalta, joita Trafotek on käyttänyt aikaisemmissa hankinnoissaan. Toimittajilta saapuneiden tarjousten perusteella päädyttiin tiettyihin toimittajiin, jotka olivat joko antaneet edullisimman tarjouksen tai tarpeisiin parhaiten sopivat tuotteet.

Tämän opinnäytetyön päätyttyä ryhdytään toteuttamaan prototyyppiä yhteen työpisteistä Trafotekillä. Testausten jälkeen päätetään mahdollisista kehitystarpeista sekä käyttöönotosta yhdellä pisteellä, sekä myöhemmin muilla.



## LÄHTEET

- [1.] Hietalahti, L. 2011. Muuntajat ja sähkökoneet. Tammertekniikka
- [2.] Aaltonen, K; Andersson, P & Kauppinen, V. 1997. Levytyö- ja työvälinetekniikat. Wsoy
- [3.] Ahoranta, J. 1995. Sähkötekniikka. Wsoy
- [4.] SMC Pneumatics. 2012. Achieve rationalization of production lines, A stroke reading cylinder with position feedback, Series CE1. [www-dokumentti]. Viitattu 2.6.2012. <http://www.smc pneumatics.com/pdfs/smc/70ACE1.pdf>
- [5.] Intertrafo Oy. 2012. Muuntaja: Perustietoa. [www-dokumentti]. Viitattu 1.8.2012. <http://www.intertrafo.fi/muuntaja.html>
- [6.] Keinänen, T & Kärkkäinen, P. 2005. Automaatio järjestelmien hydraulikka ja pneumatiikka. Wsoy
- [7.] Hulkkonen, Veli. 2008. Fluid Klinikka, Pneumatiikka: venttiilit. [www-dokumentti]. Viitattu 5.7.2012. <http://www.fluidfinland.fi/wp-content/uploads/2012/01/16.Pneumatiikka-venttiilit.pdf>
- [8.] Airila, Mauri. 1993 Mekanoniikka. 7. muuttumaton painos. Otatieto.
- [9.] Trafotek Oy. 2012. Tuotteet. [www-dokumentti]. Viitattu 20.6.2012. <http://www.trafotek.fi>
- [10.] Univer Oy. 2012. Pneumatic and electric foot valves. [www-dokumentti]. Viitattu 5.7.2012. [http://www.univer.co.uk/media/series\\_am.pdf](http://www.univer.co.uk/media/series_am.pdf)
- [11.] Suomen Yrittäjät. 2012. Trafo group, Trafotek Oy. [www-dokumentti]. Viitattu 6.6.2012. <http://www.yrittajat.fi/fi-FI/trafogroup/>
- [12.] Turun Sanomat. Kaarinalainen Trafotek myytiin pääomasijoittajalle. 2010. [www-dokumentti]. Viitattu 9.7.2012. <http://www.ts.fi/uutiset/talous/176316/Kaarinalainen+Trafotek+myytiin+paaomasijoittajalle>