

Telan pinnoituskoneen nauhansyöttö- laitteen tuotekehitys

Eero-Matti Peura

Opinnäytetyö
Toukokuu 2015

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Tekniikan ja liikenteen ala





Tekijä(t) Peura, Eero-Matti	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 11.5.2015
	Sivumäärä 67	Julkaisun kieli Suomi
		Verkkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Pinnoituskoneen nauhansyöttölaitteen tuotekehitys		
Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) Matilainen, Jorma Luosma, Petri		
Toimeksiantaja(t) Peura, Reijo, Insinööritoimisto Peura Oy		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää Valmet Oyj:n Rautpohjassa sijaitsevan pinnoituskoneen nauhansyöttöä. Työ tehtiin Insinööritoimisto Peura Oy:lle, mutta sen tilaajana oli Valmet Oyj. Opinnäytetyössä etsittiin vanhan laitteen ongelmiin erilaisia ratkaisuja ja kehitettiin siitä toimiva kokonaisuus. Lisäksi tehtävänä oli pidentää teloja leveämmän nauhan ajamista varten.</p> <p>Teoriaosuudessa perehdyttiin tuotekehitykseen ja sen työvaiheisiin. Teoriaosuuden mukaisesti työtä vietiin eteenpäin. Vanhan laitteen suurimpina ongelmana olivat kireydensäädön vaikeus ja epätarkkuus sekä radan luistaminen telojen pinnassa. Syitä ongelmiin löydettiin useita, joihin ratkaisuja etsittiin teoriapohjan ideointimenetelmien avulla. Ratkaisuja myös etsittiin ja löydettiin vastaavista aiemmin suunnitelluista laitteista. Ongelmia ja ratkaisuja yhdistämällä luonnosteluvaiheessa saatiin hahmotelma, millainen uudesta laitteesta pitäisi tulla. Tämä hahmotelma vietiin kehittämisvaiheeseen, jossa se mitoitettiin mittakaavaan ja siihen suunniteltiin yksityiskohtaisesti tarvittavat osat. Kehittämisvaiheen jälkeen seurasi viimeistelyvaihe, jossa valmiista laitteesta tehtiin valmistusdokumentit.</p> <p>Lopputuloksena saatiin toimiva nauhansyöttölaite. Tuotekehityksen tuotoksena laitteen käyttäminen muuttui helpoksi ja siitä tuli alkuperäistä huomattavasti tarkempi ja toimivampi. Käyttäminen muuttui automaattisemmaksi paineilman avulla. Hinnaltaan uusi laite on edeltäjäänsä kalliimpi, mutta paremman toimivuuden vuoksi on kannattavaa investoida uusi laite.</p>		
Avainsanat tuotekehitys, kehittäminen, mekaniikkasuunnittelu, tuotesuunnittelu		
Muut tiedot		



Author(s) Peura, Eero-Matti	Type of publication Bachelor's thesis	Date 11.5.2015
		Language of publication: Finnish
	Number of pages 67	Permission for web publica- tion: x
Title of publication Product development of the tape feed device		
Degree programme Degree Programme in Mechanical and Production Engineering		
Tutor(s) Matilainen, Jorma Luosma, Petri		
Assigned by Peura, Reijo, Insinööritoimisto Peura Oy		
Abstract <p>The purpose of the thesis was to develop a coating machine and specifically the tape feed device in the machine. The thesis was made to the Insinööritoimisto Peura Oy but the assignor of the thesis was a company called Valmet Oyj. There was some problems in an old tape feed device and different solutions to these problems were searched in the thesis.</p> <p>The theoretical framework discussed product development and its work phases. Product development advanced in following the theoretical framework of the thesis. The main problems in the old tape feeder were the tension adjustment and its inaccuracy. Several causes for the problems were found. The methods of idea generation were used to find solutions to the problem. Solutions were also found from the previously planned devices. In the conceptual design was got the construction what kind of the developed machine would be. The construction of an innovate tape feeder was created by linking problems with their solutions. The next step in the product development was the embodiment design phase. In an embodiment design the new developed tape feeder was measured to the scale. In addition, the details of the tape feeder were planned in the embodiment design. The detail design phase followed the embodiment design. In a detail design phase manufacturing documents of the tape feeder were made.</p> <p>Using a tape feeder become easier and it was more accurate and had better usability than the older version because of product development. Using the new tape feeder is based on compressed air, which means more automatic operation of the device. The new tape feeder is more expensive than an old tape feed device. It is reasonable to invest in a new device because it has better functionality than the old tape feeder that was practically unused.</p>		
Keywords/tags product development, development, mechanical design, product design		
Miscellaneous		

Sisällys	
1 Johdanto	3
2 Yritysesittelyt	4
2.1 Insinööritoimisto Peura Oy	4
2.2 Valmet Oyj	5
3 Tuotekehitys.....	6
3.1 Tuotekehitys toiminta	6
3.2 Tuotekehityksen työvaiheet	7
3.2.1 Tuotekehitysprojektin käynnistäminen	8
3.2.2 Luonnostelu	9
3.2.3 Kehittäminen	14
3.2.4 Viimeistely	16
3.3 Tuotekehitysverkostot	17
4 Nauhansyöttölaitteen toiminta ja kehityskohdat.....	22
4.1 Nauhansyöttölaitteen toiminta	22
4.2 Nauhansyöttölaitteen kehityskohdat.....	23
5 Nauhansyöttölaitteen tuotekehityksen vaiheet.....	25
5.1 Luonnosteluvaihe	25
5.2 Kehittämisyvaihe	33
5.3 Viimeistelyvaihe	49
6 Tulokset.....	50
7 Pohdinta.....	55
Lähteet.....	57
Liitteet.....	58

KUVIO 1 Valmet Oyj:n liikevaihto liiketoimintalinjoittain ja alueittain vuonna 2014 (Valmet Oyj:n kotisivut.)	5
KUVIO 2 Tuotekehityksen työvaiheet (Jokinen 2001.).....	7
KUVIO 3 Luonnostelun työvaiheet (Jokinen 2001.)	9
KUVIO 4 Kehittämisen työvaiheet (Jokinen 2001.)	14
KUVIO 5 Viimeistelyn työvaiheet (Jokinen 2001.).....	16
KUVIO 6 Kehityssuunnat tuotekehitysverkoston osapuolien suhteissa (Apilo ym. 2008.).....	21
KUVIO 7 Nauhansyöttölaite	22
KUVIO 8 Jarrutela ja mekaanisesti säädettävä levyjarru	23
KUVIO 9 Ensimmäinen konstruktio	30
KUVIO 10 Toinen konstruktio.....	31
KUVIO 11 Sylinterien siirtäminen.....	34
KUVIO 12 Nippitelapaketti johdesylinterillä	35
KUVIO 13 Jarrupaketti.....	36
KUVIO 14 Ohjaustela halkaistuna	37
KUVIO 15 Uusi konstruktio edestä	45
KUVIO 16 Uusi konstruktio päältä.....	46
KUVIO 17 Lopullinen nauhansyöttölaite edestä	48
KUVIO 18 Lopullinen nauhansyöttölaite päältä	48
TAULUKKO 1 Erilaisia tuotekehitysyhteistyömuotoja (Apilo ym. 2008.)	19
TAULUKKO 2 Tuotekehitysprojektin aikataulu.....	26
TAULUKKO 3 Arvosteluasteikko	31
TAULUKKO 4 Painoarvotaulukko.....	32
TAULUKKO 5 Uuden nauhansyöttölaitteen hinta-arvio.....	50
TAULUKKO 6 Vanhan nauhansyöttölaitteen hinta-arvio	52
TAULUKKO 7 Uuden ja vanhan nauhansyöttölaitteen vertailu	53

1 Johdanto

Tuotekehityksellä pyritään kehittämään uusi tuote tai parantamaan vanhaa tuotetta. Tuotekehitystoiminta voidaan karkeasti jakaa neljään eri työvaiheeseen. Ne ovat projektin käynnistäminen, luonnostelu, kehittäminen ja viimeistely. Nykyisin tuotekehitystoiminta tehdään useissa yrityksissä verkostomaisesti, johon on useita syitä. Suurimpana syynä voidaan pitää tuotteiden monimutkaisuutta nykyisin, jolloin tuotteiden kehittäminen yhdessä yrityksessä on miltei mahdotonta.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on kehittää paperikonetelojen pinnoituskoneen nauhansyöttölaitetta. Pinnoituskoneella on tarkoitus ajaa 150–200 mm nauhaa pinnoitettavan telan pinnalle. Ideana on, että nauha ajetaan pintaan kireänä, josta pitää huolen nauhansyöttölaite. Ongelmana vanhassa laitteessa oli juuri nauhan kiristäminen sopivaksi, joten työllä on todellinen tarve. Olemassa oleviin ongelmiin pyritään löytämään useita eri ratkaisuja ja niistä parasta lähdetään edelleen kehittämään. Työ tehdään Insinööritoimisto Peura Oy:lle, mutta työn tilaajana on Valmet Oyj. Kehitettävä kone sijaitsee Valmetin Rautpohjan tehdasalueella.

Opinnäytetyön tavoitteena on siis kehittää pinnoituskoneen nauhansyöttölaitetta. Tavoitteena on etsiä olemassa oleville ongelmille ratkaisuja, jonka jälkeen ratkaisu- vaihtoehtoja esitellään tilaajayritykselle. Järkevimmän oloista ratkaisua suunnitellaan kokonaisuutena ja siitä tehdään tarvittavat valmistusdokumentit. Opinnäytetyössä pyritään tuomaan yksityiskohtaisesti esille tuotekehityksen vaiheita ensin teoriassa ja sitten käytännössä. Työssä ollaan osana tuotekehitysverkoston, joten senkin teoria ja käytäntö tulevat esille tässä työssä. Opinnäytetyön tietoperustana toimii tuotekehityksen teoria, jonka perusteella käytännön työtä tehdään. Työ rajataan siis tuotekehityksen teoriaan perehtymiseen ja varsinaisen työn tekemiseen, koska aikataulu työlle oli kiireinen ja laajemman teorian myötä työstä olisi tullut turhan laaja. Käytännön työstä raportissa ensin esitellään vanhan laitteen toiminta ja sen ongelmat, jonka jäl-

keen vanha laite viedään tuotekehityksen eri vaiheiden läpi. Opinnäytetyön käytännön työssä tullaan suoraan tuotekehityksen luonnosteluvaiheeseen, koska projektin käynnistäminen oli toteutettu tilaajayrityksen toimesta.

Lopputuloksena opinnäytetyöltä odotetaan toimivaa nauhansyöttölaitetta tai ideoita toimivuuden parantamiseksi sekä kehitetyn laitteen valmistusdokumentteja, kustannusarviota uudesta laitteesta ja raporttia tehdystä työstä.

2 Yritysesittelyt

Tässä kappaleessa esitellään lyhyesti yritykset, jotka liittyvät opinnäytetyöhön. Opinnäytetyö tehdään Insinööritoimisto Peura Oy:lle, joka esitellään ensin. Työn tilaajana toimii Valmet Oyj.

2.1 Insinööritoimisto Peura Oy

Insinööritoimisto Peura Oy on yritys, joka on erikoistunut tarkkuusmekaniikan suunnitteluun. Tarkkuusmekaniikkatuotteisiin sisältyy usein tarkkoja liikkeitä, elektroniikkaa ja optiikkaa. Yritys suunnittelee laitteita ja osia monenlaisiin kohteisiin, mutta erityisesti kokemusta löytyy paperikoneympäristöstä. Insinööritoimisto Peura Oy:lle tyypillisiä projekteja ovat:

- tarkkuusmekaniikan suunnittelu
- mittaus- ja testauslaitteiden suunnittelu
- laitteiden suunnittelu haastaviin olosuhteisiin
- valmistusdokumenttien ylläpito
- prototyyppien valmistus
- piensarjavalmistus sopimusvalmistuksena. (Insinööritoimisto Peura Oy:n kotisivut, 2015.)

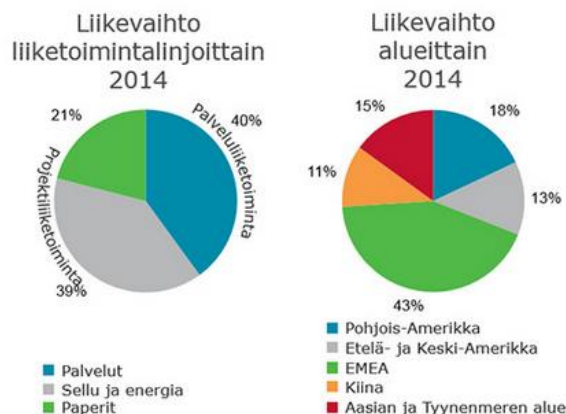
Insinööritoimisto Peura Oy on perustettu vuonna 1985. Yritys toimi kommandiittiyhtiönä vuoteen 2008 asti, jolloin se muutettiin osakeyhtiöksi. Yrityksen omistajana

toimi sen perustaja vuoden 2014 alkuun asti, jolloin yrityksessä tehtiin sukupolven vaihdos ja omistajat vaihtuivat. Nykyisin yritys työllistää neljä työntekijää, joista kaikki toimivat suunnittelutehtävissä. Toimitilat sijaitsevat Jyväskylän Kirrissä.

2.2 Valmet Oyj

Valmet Oyj on yksi maailman johtavista sellu-, paperi-, ja energiateollisuuden teknologia- ja palvelutoimittajista. Valmetin asiakkailleen tarjoamat palvelut kattavat kaiken kunnossapidon ulkoistamisesta tehtaiden ja voimalaitosten parannuksiin ja varasiin. Teknologiatarjonnan ytimen muodostavat sellutehtaot, pehmpaperin-, kartongin- ja paperinvalmistuslinjat ja bioenergiaa tuottavat voimalaitokset. (Valmet Oyj:n kotisivut, 2015.)

Valmetilla on yli 200 vuoden teollisuushistoria. Väliin mahtuu monenlaisia vaiheita ja nimikin on vaihtunut useasti vuosien saatossa. Uudelleen syntymisen yhtiö koki joulukuussa 2013, kun se irtautui sellu-, paperi- ja voimantuotantoliiketoimintojen muodossa Metso Oyj:stä. Vuoden 2015 tammikuussa Valmet Oyj osti Metso Oyj:ltä myös prosessiautomaatiojärjestelmät-liiketoiminnan. Liiketoimintaa Valmet Oyj:llä on ympäri maailmaa. Liikevaihto vuonna 2014 Valmet Oyj:llä oli noin 2,5 miljardia euroa. Suurimpina liiketoimintalinjoina olivat tuolloin palveluliiketoiminta sekä sellu ja energiaprojektiliiketoiminnat. Kuviossa yksi näkyy vuoden 2014 Valmet Oyj:n liikevaihto liiketoimintalinjoittain ja alueittain. (Valmet Oyj:n kotisivut, 2015.)



KUVIO 1 Valmet Oyj:n liikevaihto liiketoimintalinjoittain ja alueittain vuonna 2014 (Valmet Oyj:n kotisivut.)

3 Tuotekehitys

3.1 Tuotekehitystoiminta

Tuotekehitys on toimintaa, jonka tavoitteena on kehittää uusi tai parannettu tuote. Tuotekehitys prosessi sisältää monta vaihetta. Tyypillisiä vaiheita tuotekehitys prosessissa ovat tuoteidean etsiminen, kehitettävän laitteen markkinoiden selvittäminen sekä varsinaisen tuotteen luonnostelu, yksityiskohtainen suunnittelu, optimointi, työpiirustusten tekeminen, käyttöohjeiden laatiminen ja tuotantomenetelmien kehittäminen. (Jokinen, 2001, 9.)

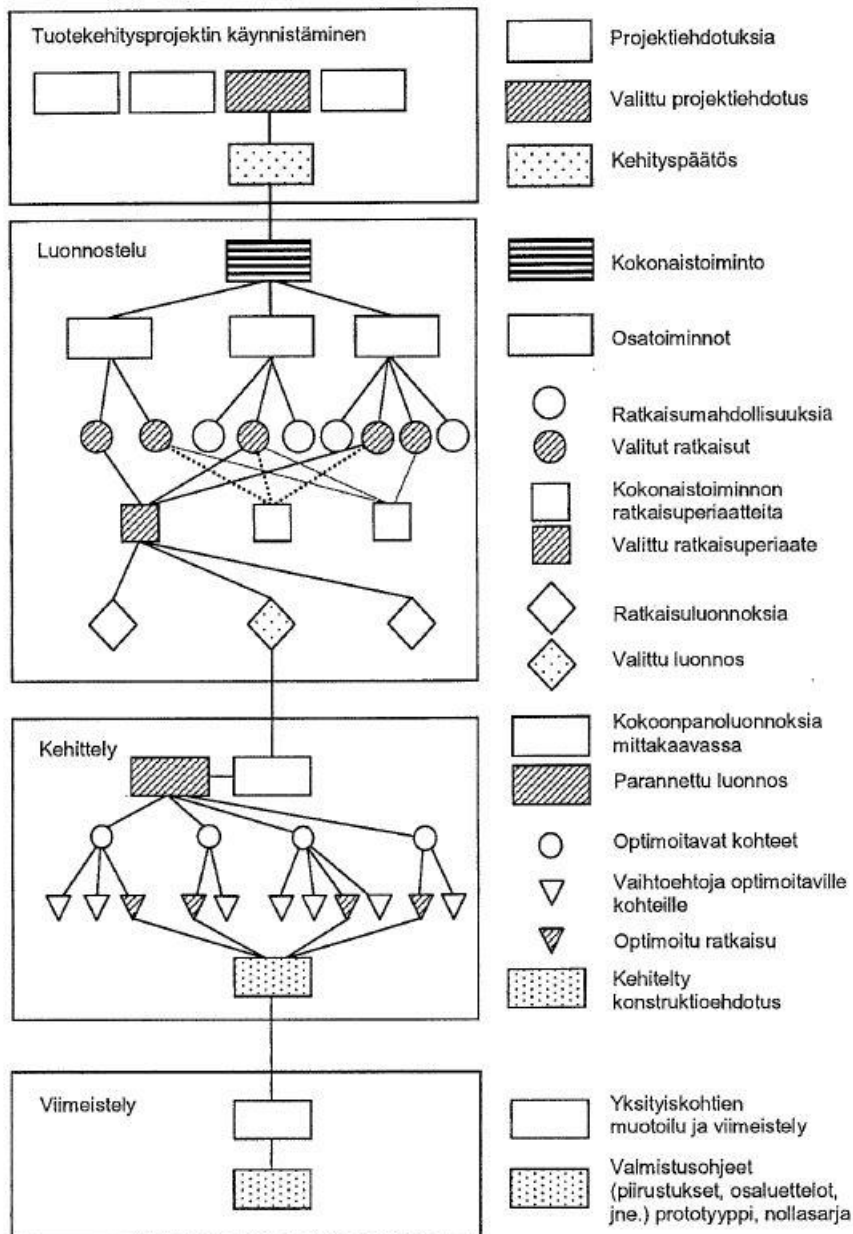
Tuotekehityksessä voi siis olla kyse kokonaan uuden tuotteen suunnittelemisesta tai jo olemassa olevan tuotteen edelleen kehittämistä, jotta tuotteesta tulisi teknisesti aikaisempaa parempi ja valmistuskustannuksiltaan halvempi. Tehtävänä voi myös olla tunnetun järjestelmän sovittaminen toiseen tarkoitukseen, jolloin suunnitellaan ehkä joitakin osia uudestaan, mutta ratkaisuperiaate säilyy entisenä. (Mts. 10.)

Tuotekehitys on tieteenä nuori. Se on saanut alkunsa 1940- ja 1950-lukujen vaihteissa muutamien luotettavien lähteiden mukaan. Menneinä aikoina ei yrityksissä tuotekehitystä tehty erityisiä menetelmiä hyväksikäyttäen, vaan toiminta tapahtui vastaantulevien tilanteiden johdattamina. Tämä on ymmärrettävääkin, koska suunnittelutyö on monitahoista luovaa työtä, joka ei menetelmällisesti ole asetettavissa jäykkiin kaavoihin. (Mts. 10–11.)

Yleisesti sovellettavien suunnittelumenetelmien tarve on kuitenkin lisääntynyt. Tähän vaikuttava tekijä on tuotteiden eliniän lyheneminen, jolloin tuotekehityspanosta on lisättävä. Toisaalta kiristynvä kilpailu edellyttää alenevia kehityskustannuksia sekä halvempia ja laadultaan parempia tuotteita. Suunnitteluprosessi tulee nykyisin liittää tiiviisti valmistukseen ja markkinointiin. Oikein suoritettuna tämä alentaa kustannuksia, lyhentää toimitusaikoja ja tuottaa aikaisempaa kilpailukykyisempiä tuotteita. (Mts. 10–11.)

3.2 Tuotekehityksen työvaiheet

Tuotekehitysprojekti voidaan karkeasti jakaa neljään toimintavaiheeseen, jotka ovat käynnistäminen, luonnostelu, kehittäminen ja viimeistely. Toimintavaiheet seuraavat toisiaan kuvion kaksi mukaisesti. (Jokinen, 2001. 14–16.) Seuraavissa kappaleissa perehdytään eri tuotekehityksen vaiheisiin.



KUVIO 2 Tuotekehityksen työvaiheet (Jokinen 2001.)

3.2.1 Tuotekehitysprojektin käynnistäminen

Käynnistämisvaiheessa tutkitaan uuden tuotteen kehittämiskustannukset, markkinointinäkömät, saatavat tuotot sekä työterveydelliset ja ympäristöön liittyvät kysymykset. Tässä vaiheessa siis tutkitaan, onko uudelle tuotteelle tarpeeksi kysyntää ja onko hanke taloudellisesti järkevä sijoitus. Käynnistymisvaiheen tavoitteena on myönteisessä tapauksessa kehityspäätös, jota lähdetään viemään eteenpäin. (Mts. 14.)

Perusedellytyksenä uuden tuotekehitysprojektin käynnistämiseksi on, että tuotteelle on olemassa oikea tarve ja tuote pystytään toteuttamaan oikeasti. Molemmat edellytykset ovat äärimmäisen tärkeitä, jotta projekti voidaan käynnistää. Tästä erinomainen esimerkki on ikiliikkuja, jolle tarvetta olisi runsaasti, mutta toteutusmahdollisuuksia ei ole. (Mts. 17.)

Ideat tarpeesta ja toteuttamismahdollisuuksista syntyvät sattumalta tai järjestelmällisen hakutoiminnan tuloksena. Vaikka sattumat voivat tuottaa hyviä tuoteideoita, ei tuotekehitystä voida perustaa pelkästään niihin. Uusien tuotteiden tai tuoteideoiden hakeminen tulisi olla organisoitua ja systemaattista. Tuoteideoiden löytämiseksi tarvitaan tietoa sekä yrityksen ulkopuolelta että itse yrityksestä. (Mts. 18–19.)

Kun tuoteidea on löydetty, siitä tehdään kehitysehdotus, joka sisältää seuraavat asiat:

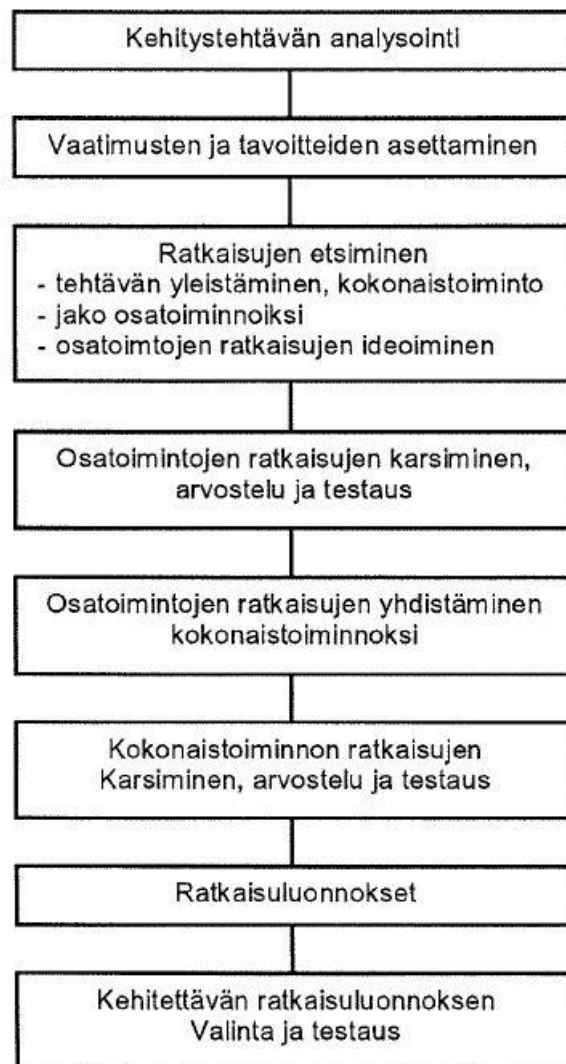
- kehitettävän tuotteen kuvauksen
- tekniset vaatimukset
- taloudelliset vaatimukset
- käytettävissä olevan kehityspanoksen
- aikataulun.

Yrityksen johto tekee lopullisen kehityspäätöksen. Riippuen yrityksestä ja kehitysehdotuksen laajuudesta voidaan päätös tehdä eri tasoilla. Päätöksen voi tehdä tuotekehitysosaston johto, jos kehitettävänä on olemassa olevan tuotteen vähäinen paranta-

minen. Kehityspäätöksen tekee yrityksen korkein johto, jos ehdotus koskee merkittävän olemassa olevan tuotteen korvaamista uudella tuotteella tai tuotealueen laajentamista. Kehityspäätöksen tekemisen jälkeen alkaa luonnosteluvaihe. (Mts. 21.)

3.2.2 Luonnostelu

Tuotekehitysprosessin luonnosteluvaiheessa etsitään erilaisia ratkaisuluonnoksia kehitettävälle tuotteelle. Tavoitteena on ratkaisuluonnos, jota lähdetään edelleen kehittämään. Luonnostelun työvaiheet ovat samat kuin yleisesti päätöksenteossa ja ongelman ratkaisemisessa käytettävät. Kuviossa kolme nähdään kulkukaavio luonnostelun työvaiheista. (Mts. 21–22.) Alla käydään tarkemmin läpi eri työvaiheiden sisältöä.



KUVIO 3 Luonnostelun työvaiheet (Jokinen 2001.)

Analysointi

Luonnosteluvaihe aloitetaan tehtävänasettelun analysoinnilla. Analysointi on tarpeellista tehdä, koska kehityspäätös ei yleensä sisällä riittävästi tietoa luonnostelua varten ja toisekseen useimmat luonnosteluun osallistuvat ei ole olleet tekemässä kehityspäätöstä. Analysoinnissa käydään huolellisesti läpi kehityspäätös ja pyritään löytämään vastauksia mm. seuraaviin kysymyksiin:

- Mikä on ongelman ydin?
- Mikä olisi ideaali ratkaisu?
- Millaisia ratkaisuja on jo olemassa?
- Mitä toiveita ja odotuksia asiakkaalla on?
- Sisältyykö tehtävänasetteluun etukäteen asetettuja rajoituksia?
- Mitä ominaisuuksia ratkaisulla tulee tai ei tule olla?
- Mitkä ovat vastaavien omien tuotteiden heikot kohdat?

Lisäksi analysointivaiheessa on hyvä selvittää markkinointialueen standardeja ja vaatimuksia turvallisuusmääräyksiin. (Mts. 23.)

Vaatimusten ja tavoitteiden asettaminen

Seuraavassa luonnostelun vaiheessa laaditaan uudelle tuotteelle vaatimuslista, joka pitää sisällään uuden tuotteen vaatimukset ja tavoitteet. Tavoitteet tulee asettaa korkealle, jotta kehitettävästä tuotteesta tulee erinomainen. Tavoitteita on yleensä paljon ja niiden keskinäinen tasapainottaminen on haastavaa. On tärkeää, että luonnosteluvaiheeseen osallistuu henkilöitä organisaation eri puolilta (suunnittelu, valmistus, myynti jne.). Tämä siksi, koska ihmisellä on taipumus painottaa tavoitetta, joka on kokemuksensa perusteella tärkeä. Näin saadaan tavoitteita eri näkökulmista ajateltuna. Tyypillisiä näkökulmia tavoitteille ovat:

- suorituskyky
- hinta
- huolto
- turvallisuus
- ulkonäkö
- kehityskustannukset.

Tavoitteet ja vaatimukset tulisi jakaa kolmeen luokkaan, jotta myöhemmin ratkaisuideoiden arvostelu olisi helpompaa. Nämä ovat:

1. Kiinteät vaatimukset: nämä vaatimukset tulee ratkaisun ehdottomasti täyttää.
2. Vähimmäisvaatimukset: näillä vaatimuksilla on raja-arvo, joka on saavutettava ja jonka ylittäminen tai alittaminen on toivottavaa.
3. Toivomukset: nämä otetaan huomioon mahdollisuuksien mukaan. (Mts. 27–30.)

Ratkaisujen etsiminen

Kun vaatimuslista on tehty, jatkuu luonnosteluvaihe ratkaisumahdollisuuksien etsimisellä. Tässä vaiheessa on hyvä yleistää tehtävä, jolla pyritään pääsemään irti ennakkokäsityksistä. Näin toimimalla mahdollistetaan ideoita aiemmin ajatellun ulkopuolelta. Yleistämisvaiheessa pyritään myös selvittämään olennaiset ongelmat ja kokonaistoiminto. Seuraavassa vaiheessa kokonaistoiminto jaetaan osatoiminnoiksi, erityisesti, jos ongelma on monimutkainen. Sitten näille etsitään ratkaisuja ideointimenetelmien avulla. (Mts. 14–15.)

Ideoiden tuottamista varten on kehitetty erilaisia menetelmiä. On olemassa pääasiassa intuitioon perustuvia menetelmiä ja systemaattisia menetelmiä. Intuitiivisia menetelmiä ovat esimerkiksi aivoriihet, muuntelumenetelmä, synektiikka, tuplatiimi ja tuumataalkoot. Systemaattisia menetelmiä ovat esimerkiksi systemaattinen analysointi ja morfologinen analyysi. Eri ideoiden hakumenetelmiä yhdistävät kuitenkin seuraavat pääsäännöt:

- ei saa tyytyä ensimmäiseen käyttökelpoiseen ideaan - runsas ideoiden määrä lisää todennäköisyyttä myös hyvälle idealle
- ideoiden etsiminen ja niiden arvostelu on erotettava toisistaan - arvostelu tuomitsee ideat, joista edelleen kehittäessä olisi saattanut tulla hyviä ratkaisumahdollisuuksia
- on pyrittävä tietoisesti pois totutuista ratkaisuista - uusi lähestymiskulma voi ratkaista vaikean ongelman. (Mts. 39–40.)

Aivoriihi on tunnetuin ideointimenetelmä. Aivoriihi-istunnossa pyritään luomaan arvostelulta vapaa ilmapiiri. Istunnossa pyritään saamaan uusia ideoita villedäkin ratkaisuehdotuksia esittämällä. Aivoriihiryhmässä tulisi olla 5-10 henkilöä erilaisilla kokemuspohjilla. Liian suurella ryhmäkoolla ei päästä hyödyntämään kaikkia osallistujia, kun taas liian pienellä porukalla katsantokanta voi jäädä liian suppeaksi. Ryhmällä on johtaja, joka pitää huolen, että kaikki pääsevät kertomaan ideansa. Johtaja pitää myös huolen, että ideointia ei johdatella mihinkään suuntaan vaan luovuuden annetaan kukoistaa. Aivoriihi menetelmän kokous menee seuraavasti:

- alussa puheenjohtaja selostaa käsiteltävää ongelmaa ja ilmapiirin luomiseksi hän voi aloittaa ideoinnin muutamalla järjettömältäkin tuntuvalta idealla
- kokouksen aikana kritiikki on kielletty, villit ideat on toivottuja, pyritään keksimään paljon ideoita ja jatkamaan toisen ideoita
- kokouksen sopiva pituus on 1-2 tuntia
- ideat on hyvä kirjoittaa hyvin kaikkien nähtäville niin, että jokainen näkee tulensa oikein ymmärretyksi. (Mts. 40–41.)

Aivoriihi soveltuu ongelmiin, jotka ovat helposti omaksuttavissa ja joihin on monenlaisia ratkaisuvaihtoehtoja. Aivoriihtä kannattaa käyttää, jos halutaan löytää epätavallisia vaihtoehtoja ongelmaan tai yhtään toteuttamiskelpoista ratkaisua ei ole käytettävissä. Aivoriihessä ongelma tulee todennäköisesti käsiteltyä monipuolisesti, koska käsittelijöinä on laajapohjainen asiantuntijaryhmä. Aivoriihen haittapuolena voidaan pitää, ettei se sovellu laajoihin ja monipuolisiin ongelmiin. (Mts. 41–42.)

Osatoimintojen ratkaisujen yhdistäminen

Osatoimintojen ratkaisuista valitaan teknis-taloudellisia näkökohtia ajatellen parhaimmat. Vaihtoehtoiset ratkaisut arvostellaan vaatimuslistan kriteerien perusteella. Vähintään yhtä ratkaisuperiaatetta kehitetään edelleen todellisemmaksi luonokseksi, jolloin sen teknis-taloudellinen arvostelu voidaan tehdä luotettavammin. Tuloksena saadaan yksi tai useampi ratkaisuluonnos. Ratkaisuluonnokset on syytä arvostella huolella, koska käytännössä yleensä aika- ja kustannussyistä niistä voidaan kehittää vain yhtä. (Mts. 15.)

Ideoiden arvostelu

Ideoiden arvostelu on usein hankala tehtävä. Arvosteluun liittyy aina epävarmuus, koska ideaa ei ole toteutettu käytännössä. Epävarmuus helpottaa, kun arvosteluun otetaan useampia henkilöitä. Ideoiden arvostelun ensimmäinen vaihe on karkea arvostelu, jossa maalaisjärjellä hylätään ehdottomasti sopimattomat ratkaisut. Karkean arvostelun työkaluna voidaan käyttää esimerkiksi taulukkoa. (Mts.75–77.)

Luonnostelun loppuvaiheessa, jolloin ratkaisuluonnoksista yksi valitaan kehitettäväksi lopulliseksi tuotteeksi, arvostelu tapahtuu tarkemmin kuin karkea arvostelu. Tässä arvostelussa selvitetään kunkin ratkaisun hyvyys aiemmin asetettuihin vaatimuksiin ja tavoitteisiin verraten. Arvostelussa luodaan painoarvotaulukko, johon pisteytetään halutut kriteerit ja ratkaisuvaihtoehdot. Painoarvoa annetaan tärkeille ominaisuuksille. Arvostelu tapahtuu kertomalla kertoimia ja summaamalla ne yhteen. Taulukko on käyttökelpoinen, mikäli tuotteeseen tärkeät asiat osataan painottaa oikein. (Mts. 78–81.)

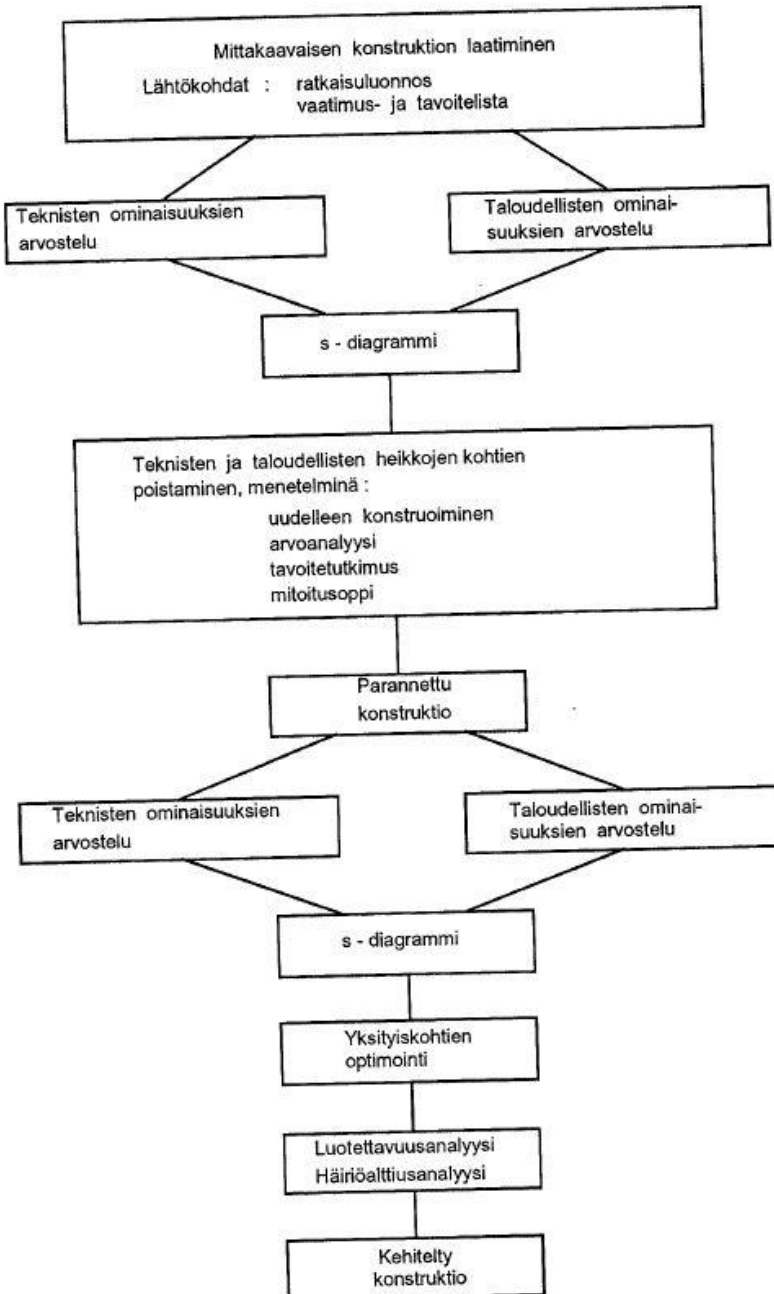
Hyväksyttäminen

Luonnosteluvaiheen viimeinen kohta on kehitettävän ratkaisuluonnoksen valinta ja sen hyväksyttäminen päättävällä toimintaelimellä. Ideoiden hyväksyttämisen pääperiaate on, että hyväksyjien tulee osallistua idean kehittelyyn, tutustua vaihtoehtoihin ja osallistua päätöksentekoon. Pääsäännön lisäksi ideoita hyväksytettäessä tulisi noudattaa seuraavia asioita:

- vie ideasi käsittelyyn keskeneräisenä
- älä tyrkytä vain yhtä vaihtoehtoa
- vältä kyllä-ei vaihtoehtoja
- kuuntele hyväksyjän mielipiteitä
- tuo esiin ideasi hyvät ja huonot puolet
- esitä aina selkeästi ja havainnollisesti
- vältä toisarvoisia yksityiskohtia. (Mts. 87–88.)

3.2.3 Kehittäminen

Kehittelyvaiheeseen siirrytään, jos luonnosteluvaiheessa on löytynyt ratkaisuluonnos, jota on järkevää lähteä toteuttamaan. Kehittelyvaiheessa on tavoitteena suunnitella tuotteen yksityiskohdat niin, että viimeistelyvaiheessa dokumentointi voidaan tehdä yksikäsitteisesti. (Mts. 89.) Kehittelyn työvaiheet menevät kuvion neljä mukaisesti.



KUVIO 4 Kehittämisen työvaiheet (Jokinen 2001.)

Kehittämisvaihe alkaa mittakaavaan laadittavan hahmotelman tekemisellä. Lähtökohtana toimii luonnosteluvaiheen tulos eli ratkaisuluonnos. Myös aiemmin laadittu vaatimuslista toimii edelleenkin pohjana hahmotelman tekemiselle. Vaatimuslistasta tärkeimpiä poimintoja tähän vaiheeseen ovat mittavaatimukset (teho, jännite, liitäntämitat jne.), toiminnalliset vaatimukset (käyttöasento, laakeroinnit, liikesuunta jne.) ja raaka-ainevaatimukset (korroosio, hitsattavuus jne.). (Mts. 90.)

Seuraavassa vaiheessa suunnittelun tulosta arvostellaan teknisten ja taloudellisten kriteerien mukaan. Jos on olemassa vastaava vanha tuote, senkin teknistaloudellinen arvo lasketaan tässä vaiheessa. Uutta ja vanhaa teknistaloudellista arvoa verrataan esimerkiksi s-diagrammin avulla. Jos arvostellussa havaitaan mahdollisia teknisiä tai taloudellisia heikkoja kohtia, ne pyritään poistamaan seuraavassa vaiheessa. (Mts. 90.)

Heikot kohdat poistetaan esimerkiksi ideoimalla uusia ratkaisuja ja suunnittelemalla kyseiset kohdat uudestaan. Tästä syntyvälle uudelle konstruktiolle tehdään tekniset ja taloudelliset arviot uudestaan. Tätä jatketaan niin kauan, että löydetään tyydyttävä konstruktio, jota lähdetään yksityiskohtaisemmin suunnittelemaan. Käytännössä tuotteen kehittäminen ei mene aina kuvion 4 mukaisesti. Voi olla mahdollista, että tekniset ja taloudelliset huomioon ottaen tätä ratkaisuluonnosta ei ole mahdollista tai kannattavaa viedä eteenpäin. Tässä tapauksessa valitaan uusi ratkaisuluonnos, jota aletaan hahmottelemaan ja jolle tehdään samat työvaiheet kuin edellä on kerrottu. (Mts. 90–91.)

Yksityiskohtien optimointi voi alkaa, kun heikkoja kohtia on riittävästi saatu karsittua. Optimoinnissa etsitään kohteita, joiden parantelu voisi parantaa tuotteen arvoa huomattavasti. Optimoinnin kohteina voivat olla valmistuskustannukset, massa, tilavuus, häviöt jne. tai edellä mainittujen yhdistelmä. Yksityiskohtien optimoinnin yhteydessä tehdään myös järjestelmän luotettavuus- ja häiriöalttiusanalyysit. Kehittelyvaihe päättyy kehitetyn konstruktion hyväksyntään. Kehitettyä konstruktiota aletaan seuraavaksi viimeistellä lopulliseksi tuotteeksi. (Mts. 91.)

3.2.4 Viimeistely

Viimeistelyn tavoitteena on optimoida ja viimeistellä tuote valmiiksi tuotteeksi, jonka jälkeen tuotetta voidaan alkaa valmistamaan. Kehitellystä konstruktiosta tehdään tässä vaiheessa mm. työpiirustukset, työselitykset sekä asennus- ja käyttöohjeet. Myös lopulliset käytettävät raaka-aineet, valmistustavat, toleranssit ja pintakäsittelyt päätetään tässä vaiheessa. Prototyyppi valmistetaan viimeistelyvaiheessa, jos se on taloudellisesti järkevää ja kannattavaa. Viimeistelyn vaiheet on kuvattu kuviossa viisi.



KUVIO 5 Viimeistelyn työvaiheet (Jokinen 2001.)

Ensimmäisessä viimeistelyvaiheessa ratkaistaan, miten osat valmistetaan. Huomi-
oon otettavia asioita ovat:

- markkinoilta saatavat tai omassa tuotannossa olevat standardiosat
- käytettävissä olevat raaka-aineet ja työkonet
- tarvittavat toleranssit ja sovitteet.

Ensimmäisessä vaiheessa laaditaan myös yksittäisten osien työpiirustukset. (Mts. 96.)

Toisessa vaiheessa osat kootaan mallinnusohjelmassa lopullisesti yhteen ja näistä laaditaan kokoonpanokuvat ja osaluettelot. Osa- ja kokoonpanopiirustuksia täydentävät kirjalliset työselitykset, jotka laaditaan seuraavassa vaiheessa. Työselitykset tehdään tarpeen mukaan ja niissä kerrotaan esim. käytettävä metalliosien korroosiosuojaus tai pintakäsittely. Asennus-, kuljetus-, ja käyttöohjeiden laadinta kuuluu myös tähän vaiheeseen. (Mts. 69–97.)

Piirustukset, osaluettelot ja ohjeet pitää tarkistaa huolellisesti, jotta ne ovat yksikäsitteisiä ja valmistusystävällisiä. On muistettava tarkistaa, että piirustukset ja osaluettelot ovat standardien mukaisia. Piirustusten, osaluetteloiden ja ohjeiden tulisi olla täydellisiä ennen kuin tuotetta aletaan valmistamaan. (Mts. 97.)

Jos tuotteesta on järkevää tehdä prototyyppi, silloin kuvion viisi mukaista työjärjestystä ei noudateta täydellisesti. Prototyypin testaamisesta saatujen tietojen pohjalta työvaiheet täydennetään ja tarkistetaan. Prototyypillä pyritään testaamaan tuotteen käyttöä ja sen valmistusmahdollisuuksia. Vaikka prototyypin suunnitteluvaihe on sijoitettu kuviossa viimeistelyn loppuun, niin se voidaan tehdä jo aikaisemmin. (Mts. 98.)

Tuotekehitystyön ei tulisi loppua, kun tuotanto alkaa. Tuotetta tulisi jatkuvasti kehittää, jotta se eläisi kilpailukykyisenä mahdollisimman pitkään. (Mts. 99.)

3.3 Tuotekehitysverkostot

Eletään maailmaa, jossa teknologia monimutkaistuu ja kilpaillaan maailmanlaajuisesti. Uusia tuotteita ja palveluita tuova yritys ei enää pärjää yksinään, vaan tarvitsee verkoston oman tuotekehitystoimintansa rinnalle. Ei ole tänä päivänä mahdollista, että yhdessä yrityksessä olisi kaikkein paras markkinoilla saatavissa oleva liiketaloudellinen ja teknologinen tietämys ja nämä yhdistettynä vielä kustannustehokkaasti parhaimpiin ja joustavimpiin resursseihin. (Apilo, Kulmala, Kärkkäinen, Lampela, Mikkola, Nevalainen, Papinniemi, Ruohomäki & Valjakka 2008, 9.)

Taustatekijät

Ennen kuin verkostomainen toimintatapa siirtyi tuotekehityksen ja suunnittelun puolelle, sitä oli paljon käytetty tuotannon yritysten toimesta. Tuotekehityksen suunta kohti verkostomaista toimintatapaa johtuu useista eri syistä. Vaikuttavia tekijöitä ovat mm. seuraavat:

- ulkoistaminen
- maailmanlaajuiset markkinat
- nopeutuneet tuotesyklit
- uudet teknologiat ja laajemmat tuotteet
- parhaan osaamisen kokoaminen. (Mts. 10.)

Yksi vaikuttava tekijä on ulkoistaminen. Ulkoistamisella pyritään säilyttämään yrityksellä itsellään sen ydintoimintaan kuuluva osaaminen ja hankkimaan siihen kuulumattomat osaamiset yrityksen ulkopuolelta. Erityisesti pitkän tähtäimen tutkimuksia ja tuotekehityksiä hankitaan paljon yrityksen ulkopuolelta. (Mts. 10.)

Tuotekehityksessä maailmanlaajuiset markkinat näkyvät siten, että yksiköt on sijoitettu lähelle asiakasta. Näin toimimalla yritykset pyrkivät hyödyntämään tuotekehityksessä paikallista markkinatuntemusta. Kun pääyritykset kansainvälistyvät, niin samoin käy myös niiden keskeisille alihankkijoille ja toimittajille. (Mts. 11.)

Tuotekehityksen verkostoitumista lisäävät myös nopeutuneet tuotesyklit ja monimutkaisemmat tuotteet. Tuotekehitysyhteistyö on nykyisin tärkeä strategia useille yrityksille. Se lisää innovaatioihin perustuvaa kilpailukykyä ja edellytykset nopeille teknologiamuutoksille. Nykyisin myös perinteiset mekaaniset osat sisältävät usein elektroniikka ja ohjelmistoja. Monimutkaistuvien tuotteiden takia monet yritykset ovat huomanneet, etteivät voi rajoittaa tarjontaansa pelkästään osa-alueille, joita osataan suunnitella ja kehittää itse. Useat yritykset tarjoavat asiakkaalle nykyään tuote- tai palvelukonseptia, jolloin kokonaisuuden kehittämiseen ja tuottamiseen osallistuu useita yrityksiä. (Mts. 11–12.)

Verkostoitumismuotoja

Tuotekehityksen verkostoituminen voidaan luokitella sen laajuuden (strategisen tärkeyden) ja verkostokumppanin tyyppin mukaan. Luokittelua voidaan edelleen jatkaa sen mukaan, koskeeko verkostoituminen tutkimus- vai kehitysvaihetta. Erilaisia tuotekehitysyhteistyömuotoja on esitetty taulukossa yksi. Tässä taulukossa yhteistyömuotoja arvioidaan oppimisen ja yhteistyön laajuuden mukaan. Tuotekehitysverkostoja voidaan luokitella osallistujien lisäksi sopimusteknisen toteutuksen ja omistuksen mukaan. (Mts. 15–16.)

TAULUKKO 1 Erilaisia tuotekehitysyhteistyömuotoja (Apilo ym. 2008.)

	Yhteistyön muoto	Yhteistyön kesto	Oppiminen	Yhteistyön laajuus
Resurssi-alihankinta (suunnittelu)	Transaktio	Kertaluonteinen - jatkuva	Yksilötasolla, kehitetään olemassa olevaa	Suppea
Kompetenssi-alihankinta	Transaktio	Projekti	Yksilö- ja tiimitasolla, yritykset erikseen pääsääntöisesti, kehitetään olemassa olevaa	Kohtalainen
Virtuaaliyritys	Projekti	Projekti / toistaiseksi jatkuva	Yritykset erikseen, mahdollisuus verkoston oppimiseen, kehitetään olemassa olevaa ja luodaan yhdessä uutta	Projektin alueelta
Strategisten yhteisöjen verkosto	Projekti	Joitakin kuukausia / projekti	Yhteisössä, eli yksilötasolla, organisaatio / verkostotasolla, pääsääntöisesti luodaan uutta	Projektin alueelta
Yhteisyritys	Yhteinen liiketoiminta	Jatkuva	Organisaatioiden vastavuoroinen oppiminen, luodaan uutta	Laaja
Allianssi	Strateginen pitkän ajan yhteistyö	Jatkuva	Organisaatioiden vastavuoroinen oppiminen, luodaan uutta	Laaja

Edut

Tuotekehitystoiminta verkostossa tarjoaa monenlaisia etuja yrityksille. Etuja saavat niin pääyritykset kuin muutkin verkoston yritykset. Saatavia etuuksia ovat mm. seuraavat asiat:

- täydentävät ja/tai korvaavat resurssit
- joustavuus henkilömäärän, sijainnin jne. suhteen
- kasvu mahdollisuudet
- tarjoaman laajentaminen
- uudenlainen osaaminen
- oikein toteutettuna hinta, aika ja laatu paranevat. (Verkostoituneen tuotekehitystoiminnan taustaa 2006.)

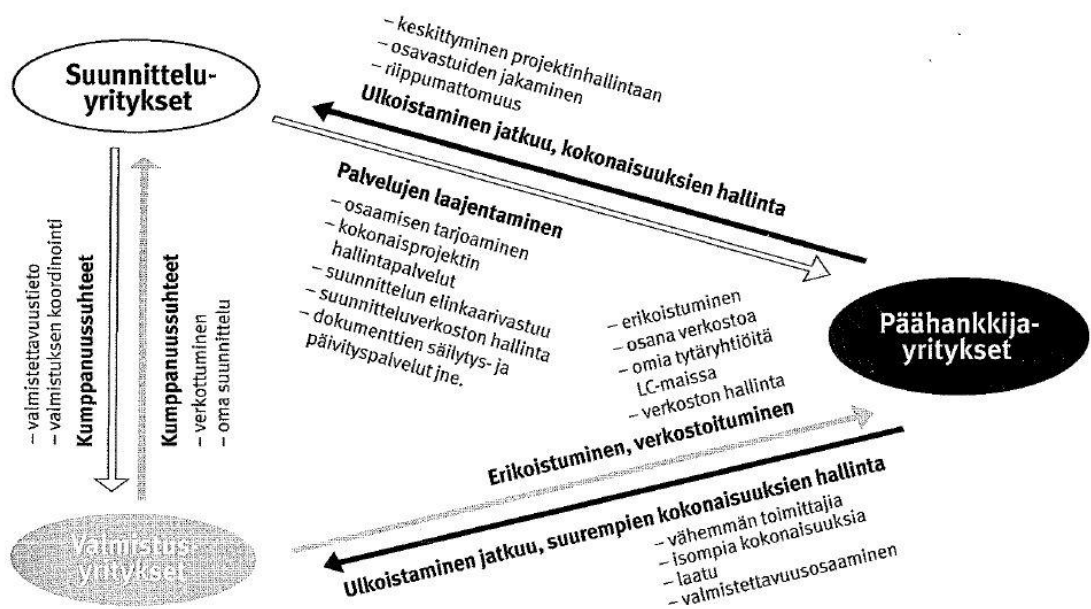
Haasteet verkostomaiselle tuotekehitykselle

Tuotekehitysverkostoon liittyy myös monenlaisia haasteita. Tuotekehitystoiminta verkostossa voi olla haastavaa seuraavista syistä:

- tuotekehitys ennen ydinosaamista – vaikea tunnustaa muidenkin osaaminen
- kallis hinta aluksi – tuottaa tulosta vasta myöhemmin
- samanaikainen joustavuuden ja kasvun tavoittelu – tuotekehitystoiminta vaatii malttia ja nopeimmillaankin aikaa paljon
- projektinhallinta – usean yrityksen yhtenäinen toiminta ja muutoksien hallinta
- luottamuksen rakentaminen – hidas prosessi, johon ei ole oikopolkua
- tiimityö eri kulttuuriympäristöissä
- kommunikointi – yhteiset pelisäännöt ja käytännöt sekä sopivien kumppanien valinta helpottavat tätä. (Apilo ym. 2008, 12–14.)

Kehityssuunnat

Yrityksien työnjaossa on tapahtumassa paljon muutoksia, jotka johtavat uudenlaisen roolijakoon. Työnjako tulee muuttumaan niin päähankkijayrityksissä kuin suunnittelu- ja valmistusyrityksissä. Suuret yritykset pyrkivät keskittymään valittuihin ydintoimintoihinsa, jolloin ne ovat valmiita hankkimaan entistä suuremman osuuden kehitys- ja valmistustoiminnoista ulkopuolisilta yhtiökumppaneiltaan. Apilon ja muiden mukaan kehityssuunnat tuotekehitysverkostojen eri osapuolien suhteissa ovat havainnollistettu kuviossa 6. (Mts. 18–19.)



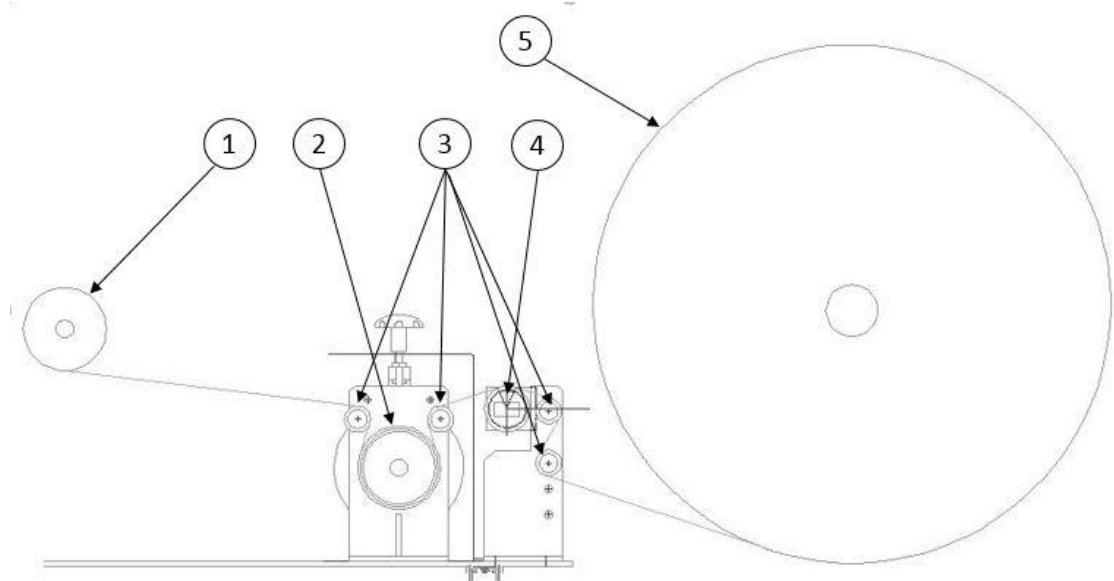
KUVIO 6 Kehityssuunnat tuotekehitysverkoston osapuolien suhteissa (Apilo ym. 2008.)

4 Nauhansyöttölaitteen toiminta ja kehityskohdat

Kehittävä pinnoituskone sijaitsee Valmetin tehdasalueella Rautpohjassa. Pinnoituskone on käytössä testauspuolella. Kyseisellä pinnoituskoneella tehdään testausta ja sen käyttökohteena on telojen kunnossapito. Teloja tuodaan huoltoon ja pinnoitteen sekä hionnan avulla niistä tehdään uudenveroisia. Pinnoituskoneen tarkoituksena on ajaa nauhaa paperikonetelojen pintaan. Olennaista on, että telan pintaan ajettava nauha on oikealla kireydellä kireällä, josta huolehtii nauhansyöttölaite. (Parviainen 2015.)

4.1 Nauhansyöttölaitteen toiminta

Nauhansyöttölaite koostuu erilaisista rullista, jarrusta ja kireydenmittaustelasta. Kuviossa 7 on hahmoteltu nauhansyöttölaitteen toimintaa ja nauhan kulkua.



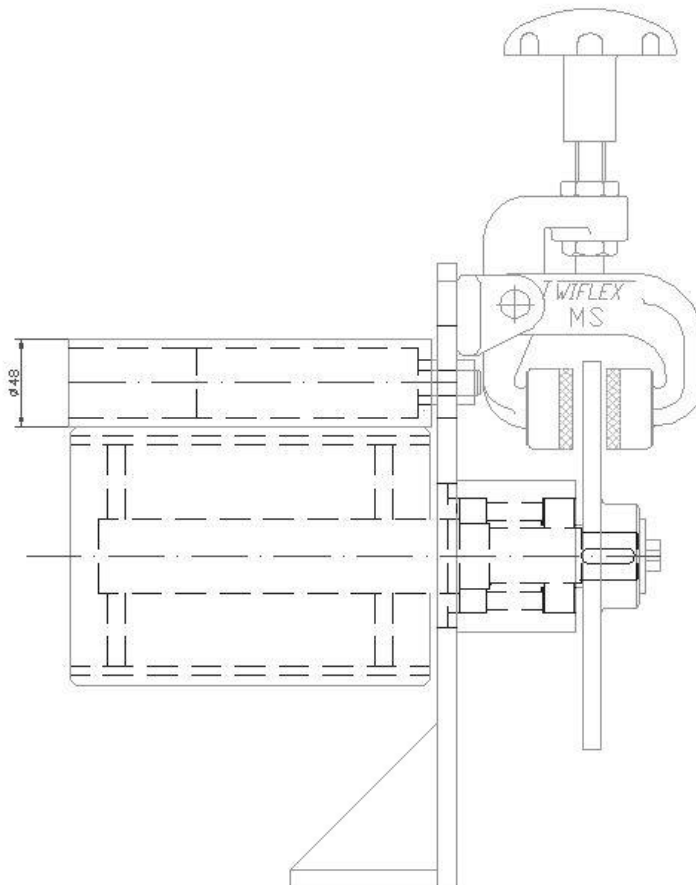
KUVIO 7 Nauhansyöttölaite

Nauha lähtee purkautumaan laitteessa vasemmanpuoleisesta rullasta numero yksi. Ohjaurullien (numero kolme) avulla nauhaa ohjataan oikeisiin paikkoihin oikeilla kullilla. Numeroksi kaksi merkityllä telalla pyritään jarruttamaan nauhaa ja säätämään näin sen kireyttä. Telalla on kumipinnoitus ja sen akselilla on mekaanisesti säädettävä

levyjarru. Jarrutelalta nauhaa ohjataan ohjausrullan avulla sopivalla kulmalla kireydenmittaustelalle (numero neljä), jonka päässä on digitaalinen näyttö, joka kertoo nauhan kireyden. Edelleen nauha ohjataan ohjausrullien avulla paperikonetelan (numero viisi) pintaan. Nauhansyöttölaitteen nauhan vetovoima tulee pinnoitettavan telan pyörittämisestä eikä sillä ole omaa moottoria vetämistä varten. (Parviainen 2015.)

4.2 Nauhansyöttölaitteen kehityskohtat

Nykyisen nauhansyöttölaitteen suurimpana ongelmana on, että ajettavan nauhan kireydensäätö on haastavaa ja jopa mahdotonta. Syitä tähän ovat kitkan vähäisyys nauhan ja kumipinnoitetun jarrutelan välillä, jarrun toiminta sekä nauhan löysyys aloitusrullalla. Näihin ongelmiin pyritään löytämään ratkaisuja, jotta kireydensäädöstä tulisi helpompaa. Lisäksi kehityskohteena ovat laitteen rullat, joita tullaan pidentämään, jotta laitteella voidaan ajaa aiempaa leveämpää nauhaa.



KUVIO 8 Jarrutela ja mekaanisesti säädettävä levyjarru

Kuviossa 8 nähdään kuva nykyisestä jarrusta ja jarrutettavasta telasta. Nauhan kireydensäätö nykyisessä laitteessa pitäisi toimia siten, että jarrutettaessa ajettavan nauhan tulisi kiristyä ja jarrua säätämällä myös kireyttä voitaisiin säätää. Ongelmana on kuitenkin, että nauha luistaa jarrutelan päällä jarrutettaessa eikä näin ollen kiristy tarpeeksi. Tähän yksi syy on, että kumipinnoitetun jarrutelan ja nauhan välisen kosketuspinnan kitkavoima ei ole riittävä pitämään nauhaa kireällä. Kitkavoiman riittämättömyys johtunee liian pienestä kitkasta nauhan ja jarrutelan välillä, mutta toisaalta jarrun säätäminen mekaanisesti voi myös osittain aiheuttaa riittämättömyyttä, koska sillä säätäminen ei ole kovin tarkkaa. Toinen syy luistamiseen löytyy aloitusrullan löysyydestä. Rullan ollessa löysästi kerittynä ja vapaasti pyörivänä käy niin, että jarrutettaessa rullasta pääsee nauhaa eteenpäin hallitsemattomasti, joka tekee kireydensäädöstä haastavaa. Nämä ovat siis nykyisen laitteen ongelmia ja niihin pyritään löytämään ratkaisuja seuraavassa kappaleessa viisi.

Nykyistä laitetta tulee myös kehittää niin, että sillä voidaan ajaa entistä leveämpää nauhaa. Tämä tapahtuu teloja pidentämällä. Tämän toimenpiteen johdosta laitteen kaikki telat menevät uusiksi ja yksi olennainen osa opinnäytetyötä on toimittaa tilaajalle tarvittavat dokumentoinnit uudistetusta nauhansyöttölaitteesta.

5 Nauhansyöttölaitteen tuotekehityksen vaiheet

Tässä kappaleessa käydään läpi nauhansyöttölaitteen tuotekehityksen vaiheita. Tuotekehitysprojekti jakautuu teorian mukaisesti neljään eri vaiheeseen. Projekti alkaa käynnistämisvaiheella, jossa tutkitaan onko tuotekehitykselle todellinen tarve ja onko projekti taloudellisesti järkevää. Tällä kertaa oli katsottu tarpeelliseksi ja järkeväksi lähteä kehittämään tuotetta. Myönteistä kehityspäätöstä seuraa luonnosteluvaihe, jossa etsitään erilaisia ratkaisuja nauhansyöttölaitteen kehityskohteille. Periaatteessa tässä opinnäytetyössä tultiin suoraan luonnosteluvaiheeseen. Luonnosteluvaiheen tavoitteena on löytää järkevä ratkaisuluonnos, jota lähdetään edelleen kehittämään kehitysvaiheessa. Kehitysvaiheessa suunnitellaan luonnoksen yksityiskohdat niin, että se on mahdollista valmistaa ja siitä voidaan yksikäsitteisesti tehdä tarvittavat dokumentoinnit viimeistelyvaiheessa.

5.1 Luonnosteluvaihe

Projekti ja samalla luonnosteluvaihe aloitettiin pitämällä palaveri Valmetin tiloissa, joissa myös kehitettävä pinnoituskone sijaitsee. Palaverisissa analysoitiin tehtävänasettelua, sovittiin projektin aikataulusta sekä käytiin läpi kehitettävän tuotteen vaatimuksia ja tavoitteita. Palaverin lopuksi käytiin myös katsomassa paikanpäällä nykyistä, käytössä olevaa laitetta. Saatujen vaatimusten ja tavoitteiden pohjalta olemassa oleviin ongelmiin alettiin etsiä ratkaisuja. Aluksi ongelmiin pureuduttiin yksi kerrallaan ja yritettiin löytää toimivaa ratkaisua niihin. Erilaisia ratkaisuja arvosteltiin karkeasti ja niistä järkevimmän tuntuista lähdettiin viemään eteenpäin. Lopulta ratkaisuja yhdisteltiin ja päädyttiin pariin ratkaisuluonnokseen. Ratkaisuluonnoksia esiteltiin tilaajaryitykselle, arvosteltiin ja vertailtiin keskenään. Lopulta päädyttiin yhteen ratkaisuluonnokseen, jota lähdettiin viemään kohti kehittämisvaihetta.

Aikataulu

Aloituspalaverissa sovittiin projektin aikataulusta. Taulukkoon kaksi on mietitty projektin eri vaiheita ja niihin kuluva aika. Vaakatasossa näkyvät viikot ja pystytasossa projektin työvaiheita. Kriittinen päivä, jolloin projektin tulisi olla valmis, näkyy tummennettuna. Aikataulu on kumminkin vain suuntaa antava. Aikaa voi mennä enemmänkin, koska tärkeämpää kuin aika on, että tuotteesta tulisi mahdollisimman hyvä.

TAULUKKO 2 Tuotekehitysprojektin aikataulu

Tehtävä	Nauhansyöttölaitteen tuotekehityksen aikataulu													
	vko 6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Aiheen rajaus	x													
Sisällön suunnittelu		x	x											
Taustatietoon tutustuminen			x	x	x									
Ideointi					x	x	x							
Mallinnus						x	x	x	x					
Dokumentointi									x	x	x			
Dokumentit tilaajalle											x			

Lähtökohdat

Aloituspalaverin yhteydessä käytiin katsomassa kehitettävää laitetta. Katselun avulla laitteen toiminta ja ongelmat konkretisoituivat. Nauhansyöttölaitteen lähtökohtia on käyty läpi aiemmin tässä raportissa kappaleessa neljä. Vanha laitteen ongelman ytimenä voidaan pitää kireydensäädön haastavuutta tai mahdottomuutta. Tämä johtuu riittämättömästä kitkasta, vääränlaisesta jarrusta ja aloitusrullan löysyydestä. Toiveena on, että tuotekehitysprojektin ansiosta pinnoituskoneen nauhan kireydensäätö tehdään mahdolliseksi, tarkemmaksi ja helpommaksi. Lisäksi laitetta kehitetään niin, että sillä voidaan ajaa leveämpää nauhaa.

Nauhansyöttölaitteeseen liittyi muitakin toiveita ja vaatimuksia. Vaatimukset ja toiveet jaettiin kolmeen kategoriaan, jotka ovat kiinteät vaatimukset, radan aiheuttamat vaatimukset ja toivomukset. Näin jakamalla myöhemmin eri ratkaisujen arvos- telu on helpompaa.

Kiinteät vaatimukset ovat vaatimuksia, jotka uuden laitteen tulee ehdottomasti täyt- tää. Kiinteitä vaatimuksia nauhansyöttölaitteelle ovat:

- nauhan kireydensäädön tulee olla mahdollista ja helppoa
- kustannukset kohtuulliset
- suorituskyky parempi ja tarkempi kuin edeltäjällään
- käyttäminen turvallista ja helppoa
- kunnossapito mahdollista.

Radan aiheuttamilla vaatimuksilla on raja-arvot, joiden mukaan kone tulee suunnitella. Laitteelle on asetettu seuraavat raja-arvot:

- ratanopeus vähintään 50 m/min ja enintään 250 m/min
- radan leveys vähintään 150 mm ja enintään 200 mm
- ratakireys vähintään 2 kg ja maksimissaan 60kg

Toivomukset ovat toiveita, jotka otetaan huomioon mahdollisuuksien mukaan. Näitä ovat:

- laitteen fyysiset mitat suunnilleen samat kuin vanhan
- ulkonäöltä fiksu.

Näitä vaatimuksia ja toiveita huomioiden luonnostelua jatkettiin ratkaisujen etsimisellä.

Ratkaisujen etsiminen

Ratkaisemisvaiheen aluksi aikaa käytettiin tutustumalla vastaaviin laitteisiin ja perehtymällä olemassa oleviin ongelmiin tarkemmin. Ratkaisujen etsimiseen käytettiin sovellettua aivoriihi ideointimenetelmää. Aivoriiheen osallistui suositeltua vähemmän ideoijia, mutta muuten se ei poikennut normaaleista käytännöistä. Toisaalta ongelmat olivat sen tyllisiä, että niiden ratkaisemiseen ei tarvita niin moniulotteista näkökantaa. Aivoriiheen osallistui muutama kokenut mekaniikkasuunnittelija ja allekirjoittanut. Ongelman syihin pureuduttiin yksi kerrallaan ja niihin mietittiin ratkaisuvaihtoehtoja.

Suurin ongelma oli nauhan luistaminen jarrutustelan päällä jarrutettaessa. Näin ollen kireydensäättö ei onnistu. Syitä luistamiseen ovat kitkan puute, vääränlainen jarru ja aloitusrullan löysyys. Kitkan parantamiseen ratkaisuehdotuksiksi keksittiin:

- jarrutustelan pinnoitteeksi materiaali, joka muodostaa hyvän kitkakertoimen ajettavan nauhan materiaalin (polyamidi) kanssa
- jarrutustelaan kuviointi, joka parantaa kitkaa telan ja nauhan välillä
- jarrutustelan halkaisijan kasvattaminen, jolloin kosketuspinta suurentuu
- useampi jarrutustela
- nipin aikaansaaminen kitkan parantamiseksi.

Nykyisestä mekaanisesti säädettävästä levyjarrusta piti saada parempi ja tarkempi.

Jarrutuksen parantamiseksi mietittiin seuraavia vaihtoehtoja:

- jarrupalojen materiaalien vaihtaminen
- nykyisen jarrun korvaaminen pneumaattisella jarrulla
- nykyisen jarrun korvaaminen hydraulisella jarrulla
- nykyisen jarrun korvaaminen sähkömagneettisella jarrulla
- jarrutuksen toteuttaminen servolla
- useampi jarru.

Nauhan aloitusrullan löysyys tekee jarrutuksesta haastavaa. Kun jarrutetaan, aloitusrullasta pääsee nauhaa purkautumaan, joka aiheuttaa löysää jarrutustelan ja nauhan välille, jolloin jarruttaminen nykyisellä systeemillä on jopa mahdotonta. Ratkaisuja tämän ongelman voittamiseen keksittiin seuraavia:

- aloitusrullaan esim. servokäyttöinen jarru, jolla rulla saadaan kireäksi
- ennen nykyistä jarrutustelaa nauhalle nippi, joka pitää nauhan kireällä
- jarrutustelaa vasten nippitela, joka puristaa nauhan jarrutelaa vasten
- kahden jarrutustelan välille nippi
- useampi nippitela.

Seuraavassa vaiheessa ratkaisuvaihtoehtoja arvostellaan karkeasti teknistaloudellisia näkökohtia huomioiden.

Ratkaisuvaihtoehtojen karkea arvostelu

Kitkan parantamiseksi kaikki ideat olivat hyviä ja käyttökelpoisia. Niistä hylättiin tässä vaiheessa vain kuvioinnin tekeminen jarrutustelaan. Kitkavoiman riittävä suuruus uskottiin saavutettavan ilman kuviointiakin, mikäli muut asiaan vaikuttavat tekijät saadaan kuntoon. Muihin kitkan parantamiskeinoihin alettiin etsimään tietoa lisää.

Jarrutukseen vaihtoehtoja löytyi runsaasti. Karkeasti arvioiden vain hydraulinen jarru on sellainen, joka ei sovellu käyttökohteeseen. Hydrauliset jarrut on tarkoitettu suuremmille voimille, joten se ei ole tähän paras mahdollinen. Teknisesti paras mahdollinen tähän käyttökohteeseen olisi servolla toteutettu jarru, mutta sen esteeksi voitulla kallis hinta. Muiden kuin hydraulisen jarrun osalta alettiin etsimään lisää tietoa.

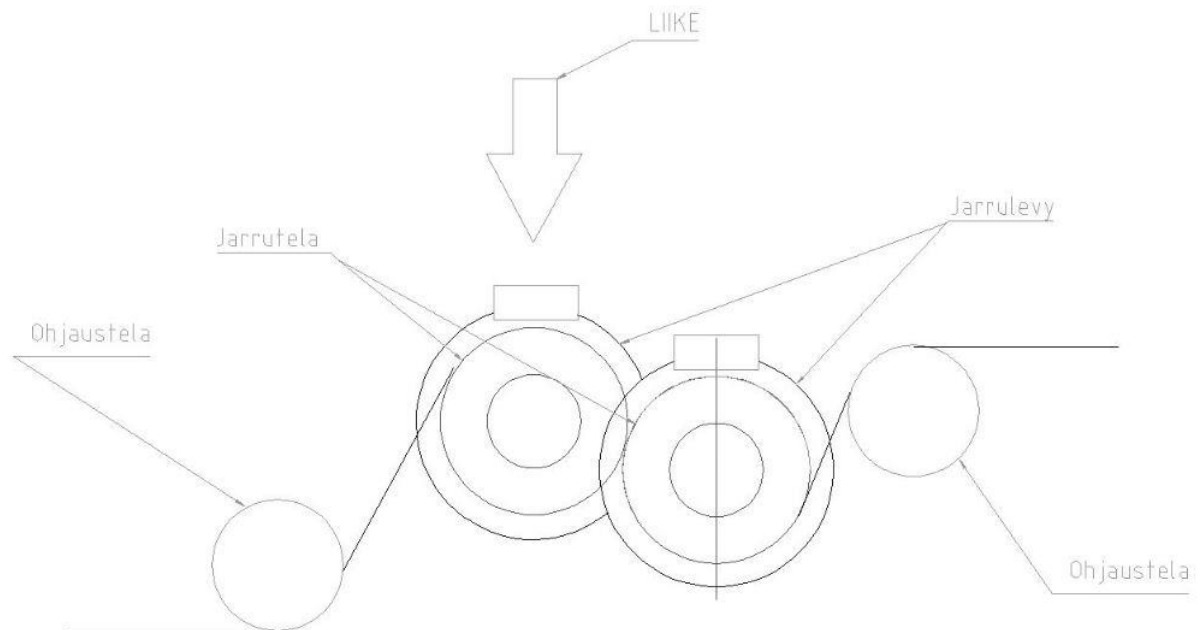
Aloitusrullan löysyyden aiheuttamiin ongelmiin ratkaisuksi muodostui joko servon avulla sen kiristäminen tai nippaamalla nauhaa. Nippaamisella nauha puristetaan kahden telan väliin, jolloin siitä eteenpäin nauha pysyy kireällä. Servon ongelmaksi voi jälleen koitua hinta. Nippaaminen on halvempi, mutta sen järkevää sijoituspaikkaa pitää tarkkaan harkita. Ideaa erillisistä nippiteloista ennen jarrua ei nähty järkeväksi, koska nippaaminen voidaan toteuttaa hyvin myös jarrutela vasten, jolloin ei tarvita uusia erillisiä teloja sitä varten.

Karkealla arvostelulla saatiin muutama idea karsittua. Karkean arvostelun tarkoituksena oli poistaa käyttökohteeseen soveltumattomia tai muuten vain turhia ideoita pois. Seuraavassa vaiheessa ratkaisuvaihtoehtoja yhdisteltiin yhdeksi kokonaiseksi laitteeksi.

Ratkaisuvaihtoehtojen yhdistäminen kokonaisuudeksi

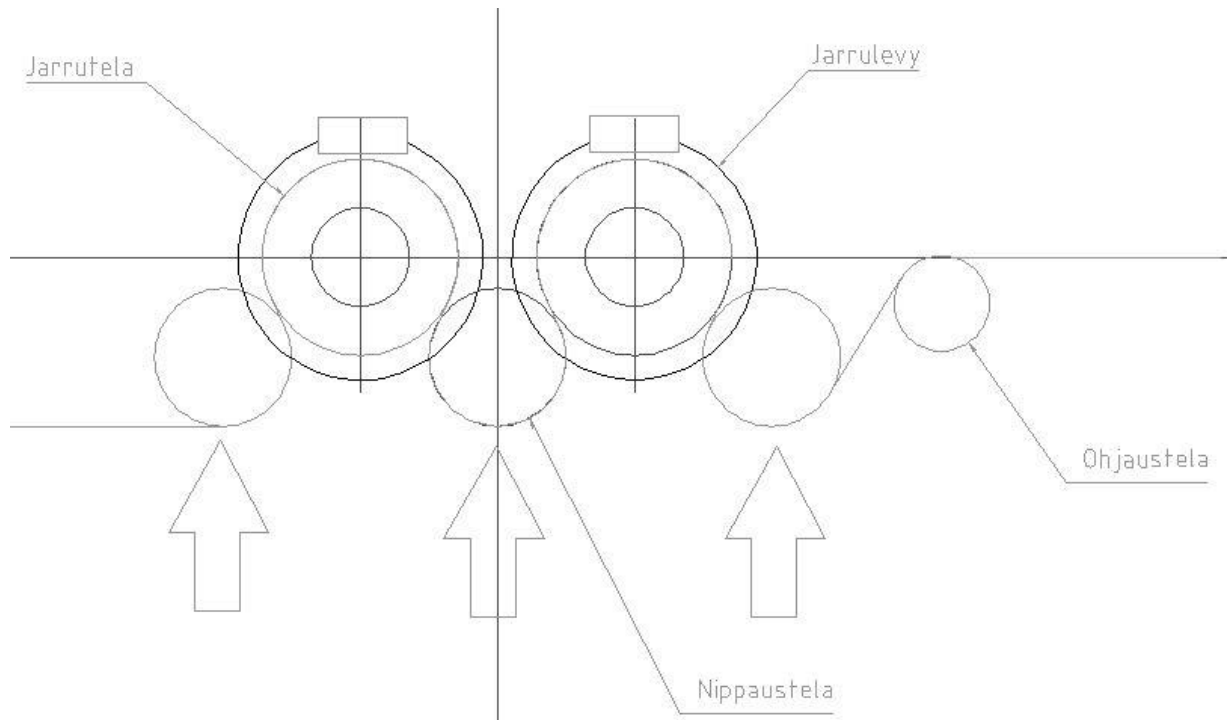
Kokonaisuuksien yhdistämisvaiheessa oli tarkoitus luoda hahmotelma, millainen uudesta nauhansyöttölaitteesta tulisi. Aluksi piirrettiin 2D-kuvat muutamasta erilaisesta vaihtoehdosta. Konstruktiot erosivat toisistaan siinä, miten nippaaminen oli toteutettu. Jarrutustapana voidaan edelleen käyttää mekaanista, pneumaattista tai servolla toteutettua jarrua. Sähkömagneettinen putosi vaihtoehdoista pois, koska käyttökohteeseen sopivaa jarrua ei löytynyt.

Kuviossa 9 nähdään 2D-hahmotelma, jossa nippaaminen on toteutettu kahden jarrutustelan välille. Vanhaan laitteeseen verrattuna uudistettuja kohtia ovat siis kaksi jarrutustelaa ja jarrua, jarrutustelojen halkaisija suurempi, kumipinnoitteen materiaali eri, telojen kiinnitysmekaniikat muuttuneet sekä nippaamiseen liittyvät osat. Ideana on, että kuvassa vasemmanpuoleista jarrutustelaa voidaan pneumaattisen sylinterin avulla ajaa vasten toista jarrutustelaa, jolloin niiden välille syntyy nippi.



KUVIO 9 Ensimmäinen konstruktio

Kuviossa 10 nähdään toinen konstruktio, jossa nippaaminen on toteutettu kolmen erillisen nippitelan avulla. Paketti muodostuu siis kahdesta jarrutustelasta, kolmesta nippitelasta ja ohjaustelasta. Jarrutustelojen päässä on levyjarrut. Ideana on, että nippitelojen perässä on sylinterit, joilla niitä ajetaan vasten jarrutusteloja, jolloin nippitys syntyy ajettavan nippitelan ja jarrutustelan välille.



KUVIO 10 Toinen konstruktio

Kokonaisuuksien arvostelu

Kokonaisuuksien arvostelulla pyrittiin arvostelemaan ja vertailemaan aiemmin esiteltyjä konstruktioita. Arvosteluun on käytetty painoarvotaulukkoa, jonka pohja löytyy Jokisen Tuotekehitys-kirjan sivuilta 78 ja 79. Taulukosta kolme nähdään arvosteluasteikko, josta saadaan arvot taulukon 4 kriteereiden pisteille.

TAULUKKO 3 Arvosteluasteikko

Merkitys	Pisteet
erittäin hyvä	4
hyvä	3
riittävä	2
juuri hyväksyttävä	1
hylättävä	0

Taulukossa neljä nähdään virallinen painoarvotaulukko. Taulukkoon on kerätty tärkeimpiä arvostelukriteereitä. Jokaiselle kriteerille on mietitty painoarvo niiden tärkeyden mukaan. Konstruktioit näkyvät vierekkäin taulukossa. Eri kriteerit ovat pisteytetty kunkin konstruktion mukaan, siten kuinka hyvin ne toimivat. Painotetut pisteet saadaan kertomalla painoarvo kriteerin pisteytyksellä. Taulukon alareunassa näkyy summattuna painoarvosta, pisteistä ja painotetuista pisteistä.

TAULUKKO 4 Painoarvotaulukko

Arvostelukriteeri	Painoarvo	Konstruktio 1			Konstruktio 2		
		Ominaisuus	Pisteet	Painoitettut pisteet	Ominaisuus	Pisteet	Painoitettut pisteet
Kireydensäättö	0,2	riittävä	2	0,4	hyvä	3	0,6
Valmistushinta	0,1	halvempi	3	0,3	kalliimpi	2	0,2
Osien lukumäärä	0,05	vähän	3	0,15	enemmän	2	0,1
Valmistus	0,05	helppo	3	0,15	helppo	3	0,15
Asennus	0,05	helpompi	3	0,15	helpohko	2	0,1
Elinikä	0,1	vähemmän	2	0,2	pidempi	3	0,3
Turvallisuus	0,05	hyvä	3	0,15	hyvä	3	0,15
Käytön helppous	0,05	hyvä	3	0,15	hyvä	3	0,15
Kunnossapidettävyyys	0,05	hyvä	3	0,15	hyvä	3	0,15
Nipittä ajo	0,1	riittävä	2	0,2	hyvä	3	0,3
Toimintavarmuus	0,1	riittävä	2	0,2	hyvä	3	0,3
Muokattavuus	0,05	ei	1	0,05	kyllä	3	0,15
Fyysinen koko	0,05	pienempi	3	0,15	suurempi	2	0,1
Yhteensä	1		33	2,4		35	2,75

Ylläolevasta taulukosta voidaan nähdä, että konstruktio kaksi saa paremman tuloksen painotettujen pisteiden summasta. Sen heikkouksia verrattuna konstruktio yhteen ovat kalliimpi hinta, monimutkaisempi, ja fyysisesti suurempi koko. Kuitenkaan heikkoudet eivät ole kriittisiä eivätkä merkittävän huonoja. Kalliimpi hinta ja monimutkaisuus muodostuvat osien lukumäärän ollessa suurempi. Suurimassa osassa suuren painoarvon kriteereistä konstruktio kaksi voittaa. Näistä syistä lähdettiin edelleen kehittämään konstruktio kahta.

Ratkaisuluonnos

Ratkaisuluonnos muodostuu kolmesta nippitelasta, kahdesta jarrutelasta, ohjaustelasta ja kireydenmittaustelasta. Ratkaisuluonnos näkyy kuviossa 10. Nauha kulkee vasemmalta oikealle aloitusrullalta paperikonetelalle. Aloitusrulla jää kuvion vasemmalle puolelle ja pinnoitettava paperikoneentela oikealle puolelle. Kuviossa 10 näkyvä ratkaisuluonnos on vasta karkea hahmotelma, joten siinä on vielä paljon kehitettävää. Esimerkiksi luonnoksesta puuttuu vielä kireydenmittaustela kokonaan ja sen myötä ohjaustelojen määrä kasvaa. Seuraavassa vaiheessa luonnosta kehitetään ja sen yksityiskohtia optimoidaan.

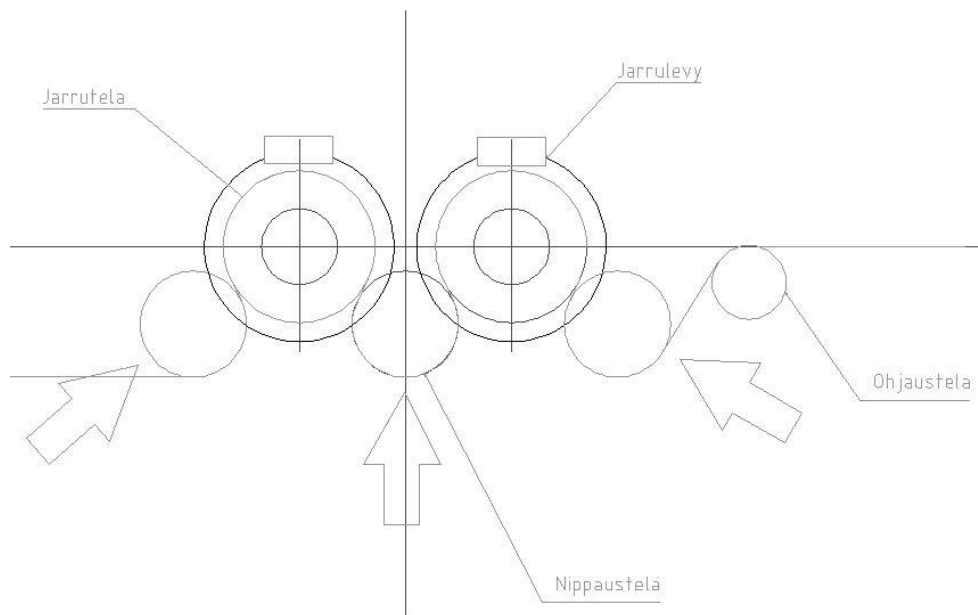
5.2 Kehittämisvaihe

Kehittämisvaihe aloitetaan mittakaavaisen konstruktion tekemisellä. Tällä kertaa ratkaisuluonnos oli jo valmiiksi mittakaavassa, joten seuraavaksi valitaan ja arvostellaan teknisiä ja taloudellisia ominaisuuksia. Arvostelun perusteella heikkoja kohtia poistetaan ja luodaan uusi tai uusia konstruktioita. Tässä vaiheessa alkaa myös tuotteen karkea mallintaminen 3D-mallinnusohjelmalla. Mallinnusohjelmana toimii Autodeskin Inventor 2014. Uudistetun konstruktion komponentit optimoidaan ja mitoitetaan sopiviksi. Lopulta kehittämisvaiheen tuloksena saadaan kehitelty konstruktio ja 3D-malli, jonka pohjalta voidaan yksikäsitteisesti tehdä viimeistelyvaihe.

Teknisten ja taloudellisten ominaisuuksien valinta ja arvostelu

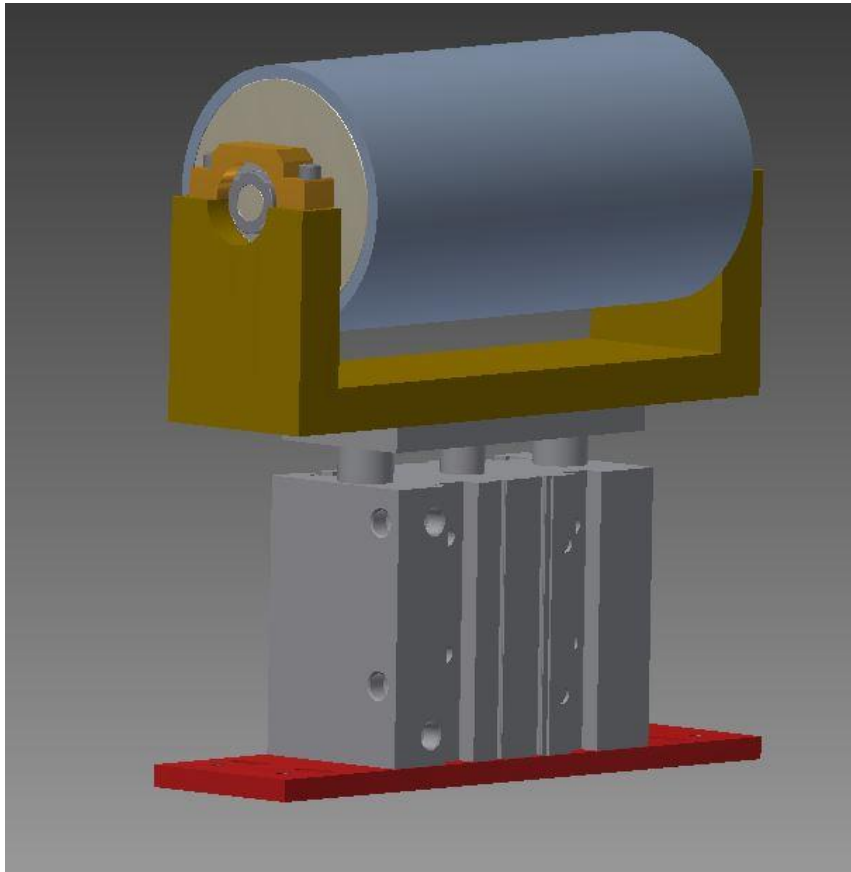
Teknisten ja taloudellisten ominaisuuksien valitsemisessa ja arvostelussa otettiin jokainen komponentti erikseen käsittelyyn ja mietittiin, miten se olisi teknisesti ja taloudellisesti järkevintä toteuttaa. Paljon ideoita saatiin yrityksen aiemmin suunnitelluista laitteista. Teknisten ja taloudellisten ominaisuuksien arvostelussa ovat koko laitteen geometria, nippitelat, jarrutustelat ja jarrut sekä ohjaustelat.

Koko laitteen geometria ratkaisuluonnoksessa todettiin muuten hyväksi, mutta kahden nippitelan sylinterin paikkaa tulisi hieman siirtää. Nyt reunimmaiset nippitelojen sylinterit eivät työnnä voimaa suoraan jarrutustelaa vasten, jolloin nippi ei ole niin tehokasta ja hallittavaa ja lisäksi vaarana on nauhan vaurioituminen. Reunimmaiset sylinterit on syytä kääntää 45 asteen kulmaan keskimmäiseen nähden. Kuviossa 11 havainnollistetaan sylinterien siirtämistä lisää. Lisäksi luonnokseen pitää lisätä muutama ohjaustela ja kireydenmittaustela. Laitteen rungon geometria määräytyy sen mukaan, miten teloja sijoitellaan.



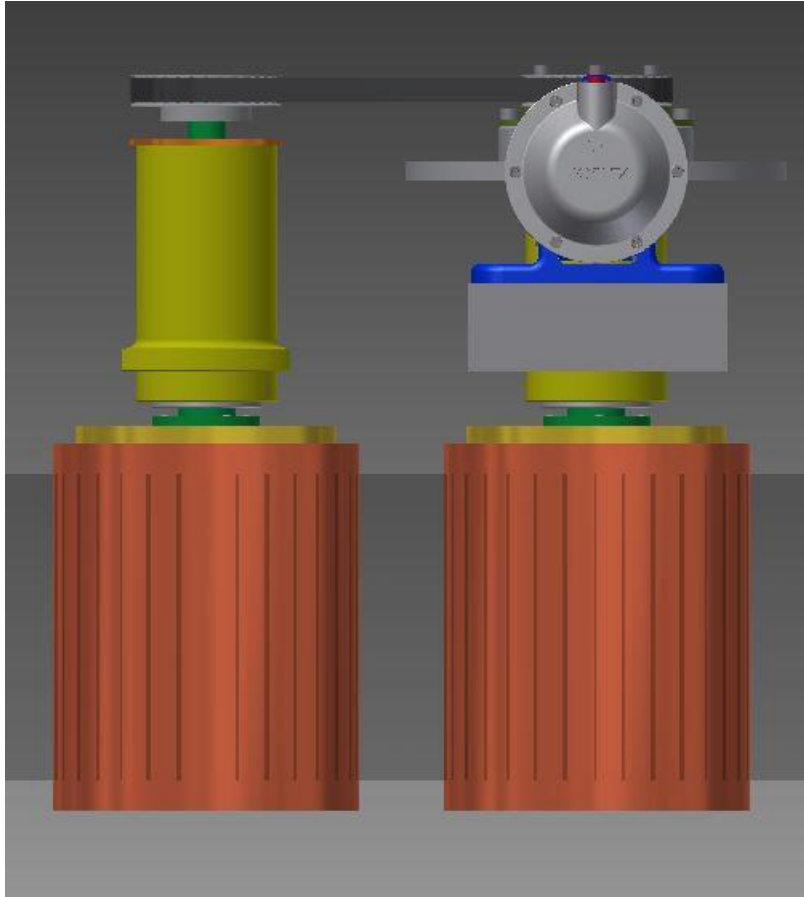
KUVIO 11 Sylinterien siirtäminen

Nippitelapaketin perusidea saatiin aiemmin suunnitellusta laitteesta. Sen rakenne muodostuu varsinaisesta telasta, telanpitimistä, laakereista, laakerinpitimistä, kannatinosista, kiinnityslevystä ja sylinteristä. Telan päissä ovat laakerinpitimet. Laakerinpitimen akseliin tulee laakeri ja sen päähän kierretään akselimutteri, jotta laakeri pysyy paikoillaan. Laakerin ulkopinta pyörii telapitimen ja kannatinosan välillä, jotka liitetään toisiinsa ruuveilla. Kannatinosan keskelle tulee kiinni sylinterin yläpää. Sylinterin alapäässä on kiinni kiinnityslevy, jolla paketti liitetään runkoon. Rakenteeltaan paketti todettiin toimivaksi, mutta sen ongelmaksi muodostuu telan suoraan ajaminen vasten jarrutustelaa. Mikäli tela tulee vinossa vasten jarrutustelaa, niin nippaaminen rasittaa liikaa nauhan toista laitaa. Tähän ratkaisuksi löydettiin johdesylinteri, jonka avulla voima saadaan tuotettua tasaisemmin ja laajemmin nippitelalle. Toinen vaihtoehto olisi ollut kaksi sylinteriä, mutta teknisesti ja taloudellisesti järkevämpi ratkaisu on johdesylinteri. Kuviossa 12 on nippitelapaketti johdesylinterillä.



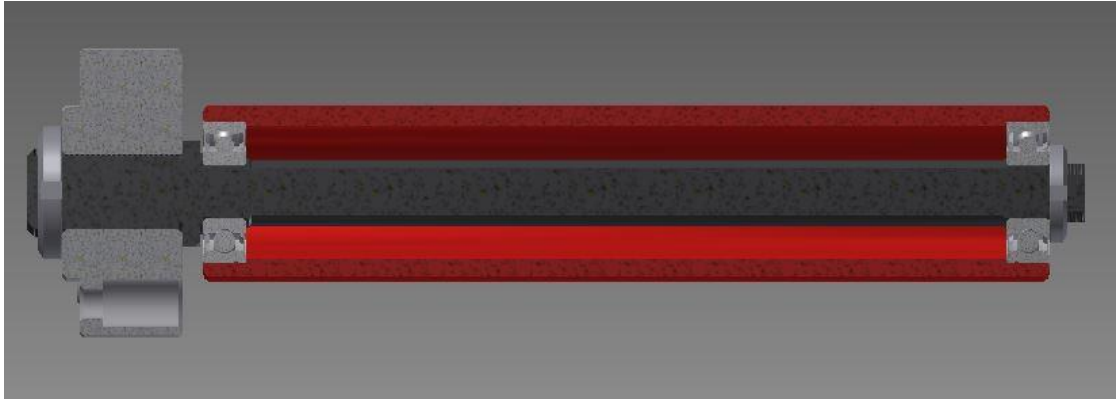
KUVIO 12 Nippitelapaketti johdesylinterillä

Jarrutustelapaketin rakenne muodostuu telasta, kumipinnoitteesta, akselista, akselinpitimestä, kiinnitinlevystä, laakeripesästä, laakerista ja niiden pitimistä sekä jarrulevystä ja jarrusta. TELA kiinnitetään pakettiin kiinnitinlevyn ja akselinpitimen avulla, jotka kiinnitetään toisiinsa ruuvien avulla. Akselinpidin on ruuvattu akselin päähän kiinni. Akseli on laakeroitu laakeripesään, joka on kiinnitetty ruuveilla runkoon. Akselin toiseen päähän tulee jarrulevy. Jarrulevyyn tulee paineilmatoiminen levyjarru, joka ruuvataan runkoon kiinni. Paketti on muuten toimiva, mutta kahden jarrun sisällyttäminen laitteeseen ei ole teknisesti eikä taloudellisesti järkevää. Laitteeseen riittää yksikin jarru, kun jarrutusvoima voidaan siirtää toiselle telalle hihnapyörien ja hammashihnan avulla. Lisäksi selvitettiin servokäyttöisen jarrutuksen hintaa, joka todettiin liian kalliiksi (Ahokas, 2015). Kuviossa 13 on havainnollistettu jarrutustelat ja jarrujen toiminta.



KUVIO 13 Jarrupaketti

Ohjausteloilla pyritään ohjaamaan nauha oikeaan paikkaan oikeassa kulmassa. Ohjaustelojen tulisi olla riittävän kestäviä, yksinkertaisia ja edullisia. Ohjausteloihin kohdistuu kohtuullisen suuria voimia, joten niiden kestävyyttä tarkastellaan myöhemmin tässä raportissa. Edullisia ohjaustelojen pitää olla, koska niitä tulee laitteeseen useita. Akseli on kiinteä ja telan vaippa pyörii. Tällä ratkaisulla saadaan ohjaustela pyörimään huomattavasti heitottomammin kuin rakenteessa, jossa laakerointi on ohjaustelan juuressa. Myös ohjausteloihin rakenne saatiin aiemmin suunnitellusta laitteesta. Ohjaintelapaketti muodostuu telasta, laipasta, akselista ja laakereista. Laipasta paketti kiinnitetään runkoon. Laippa on kiinni akselissa akselimutterin avulla. TELA on laakeroitu molemmista päistään akselille ja akselin toisessa päässä on akselimutteri, jonka avulla tela pidetään paikallaan. Ohjaustelan laipassa on myös kierre-reikiä pidätinruuvia varten, joiden avulla telaa voidaan hieman kallistaa moneen eri suuntaan. Kuviosta 14 nähdään ohjaustelapaketin rakennetta.



KUVIO 14 Ohjaustela halkaistuna

Komponenttien mitoittaminen

Komponentteja pitää mitoittaa, jotta ne ovat sopivia ja käyttötarkoituksen sopivia. Mitoitukseen on käytetty komponenttien valmistajien laskenta ohjelmia, Exceliä ja osa laskuista on toteutettu käsin laskemalla. Mitoitettavia kohteita laitteessa ovat:

- hammashihnan ja hihnapyörien mitoitus
- ohjaustelan akselin mitoitus
- jarrutelan laakeroinnin mitoitus
- nippitelan laakeroinnin mitoitus
- ohjaustelan laakeroinnin mitoitus
- pneumatiikkakaavio ja komponenttien mitoitus.

Hammashihnan ja hihnapyörien mitoitus

Hammashihnan ja hihnapyörien avulla voidaan käyttää vain yhtä jarrua. Niiden avulla jarrutusvoima siirretään jarrutettavalta telalta toisellekin telalle. Olennaista on, että hihnapyörien halkaisija ja hammasluku ovat samat. Hammashihnojen ja pyörien laskemisessa pitää kokeilla monia pyörän halkaisijoita, jotta hihna ja pyörä saadaan optimoituja toisiinsa sopiviksi. Ensin valitaan hihnapyörien toimittajan luettelosta kohteeseen sopivat hihnapyörät. Valitaan hammasluvultaan 30 hihnapyörä, jolloin jakohalkaisija d_0 on 95,49 mm ja maksimiporaus pyörän keskelle on 82 mm. Akseliväliksi a on valittu aiemmin 255 mm. Näin ollen hihnanpituus saadaan laskettua kaavasta yksi:

$$L = 2 * a + \pi * d_0 = 2 * 255 \text{ mm} + \pi * 95,49 \text{ mm} = \mathbf{809,99 \text{ mm}} \quad (1)$$

Valitaan taulukosta 810 mm hihnanpituudeksi.

Ohjaustelan akselin mitoittaminen

Ohjaustelan akselille tulee pahimmassa tapauksessa ratakireyden verran kuormitusta. Suurimmillaan kuormitus on noin 600 Newtonia 150 mm nauhan leveydeltä. Näin ollen akselin mitoittamisella pyritään löytämään sopiva halkaisija kestäämään kuormitukset ilman myötämistä ja muodonmuutoksia. Akselille sallitaan vain pientä taipumaa. Ideana ohjaustelassa on, että akseli pysyy paikallaan ja sen päällä olevat laakeri ja tela pyörivät. Akselin mitoittamiseen on käytetty Valtasen Taulukkokirjasta löytyviä kaavoja.

Ohjaustelojen akselin halkaisijaksi lähdetään kokeilemaan 30 mm, joka tuntuu alustavasti sopivalta. Suurimman jännityksen aiheuttaa taivutus, jota tarkastellaan. Varmuuskertoimeksi valittiin kaksi. Toinen tarkasteltava kohde on akselin taipuma, jota sallitaan vain vähän. Liitteessä yksi nähdään Excelin avulla lasketut mitoittukset akselin taipumalle ja taivutusjännitykselle. Kuten liitteestä nähdään, akseli kestää siihen tulevat taivutusjännitykset ja taipuma on riittävän alhainen. On otettava myös huomioon, että 600 Newtonin kuormitus on vain hetkellistä ja yleisesti ollaan reilusti sen alapuolella. Näin ollen akselin halkaisijaksi voidaan turvallisesti valita 30 mm.

Jarrutelan laakeroinnin mitoitus

Jarrutelassa laakerit sijaitsevat laakeripesässä. Yleisesti laakereita mitoittaessa ovat voimat keskeisessä roolissa, mutta tällä kertaa määrittävä tekijä on tarkkuus. Laakereiden avulla tela pitää saada pysymään sille määrättyssä asemassa. Toisin sanoen laakereiden tulee ottaa vastaan kaikki aksiaali- ja säteiskuormitukset. Tällöin käyttökohteeseen sopivat laakerit ovat viistokuulalaakereita.

Viistokuulalaakerien sisä- ja ulkorenkaan vierintäradat ovat toisiinsa nähden aksiaalisesti siirtyneitä. Tästä syystä viistokuulalaakerit ovat sopivia kantamaan yhdistettyjä kuormituksia eli samaan aikaan vaikuttavia säteis- ja aksiaalikuormituksia. Viistokuulalaakerien aksiaalinen kantokyky kasvaa kosketuskulman α kasvaessa, jolla tarkoitetaan kulmaa, joka muodostuu kuulun ja vierintäratojen kosketuspisteistä säteista-

sossa yhdistyvästä linjasta. Tämän linjan kautta kuormitus siirtyy vierintäradalta toiselle ja linja on kohtisuorassa laakerin geometrista akselia vasten. (SKF Laakerikirja, 1999. 285.)

Laakereiden tulee siis ottaa vastaan kaikki telaan kohdistuvat kuormitukset. Kuormituksia siihen aiheutuu radan kireydestä ja kulkemisesta sekä nippitelojen ajaminen sitä vasten. Säteiskuormitusta aiheuttaa radan kireys ja nippitelat, kun taas radan kulkeminen aiheuttaa aksiaalikuormitusta mahdollisesti kahteen suuntaan. Kolmen voiman hallitsemiseen tarvitaan kolme laakeria. Kaksi laakereista muodostavat laakeriparin, joka ottaa vastaan kuormituksia kahteen suuntaan. Yksittäinen laakeri puolestaan voi ottaa vastaan suuria säteiskuormituksia tai aksiaalikuormituksia kahteen suuntaan. Aiemman vastavan tapauksen perusteella valitaan alustavasti laakeriparin viistokuulalaakereiksi SKF:n 7306 asennettuna O-järjestelmään, jolloin laakeripari on erittäin jäykkä kestämään kippimomenttia. Yksittäiseksi laakeriksi kaksirivinen viistokuulalaakeri tiivistyslevyillä 3306 A-2RS1. Laakeripari, jonka muodostavat laakerit 7306, asennetaan tähän laakerointirakenteeseen kiinteästi ja laakeri 3306 voi liikkua ulkokehältään lämpölaajenemisen mukaan. Laakereiden tiedot löytyvät liitteestä kaksi. Näille laakereille tehdään seuraavaksi tarvittavat laskut.

Mitoitetaan ensin nimelliset kestoajat laakereille. Nimelliskestoikä saadaan kaavasta kaksi:

$$L_{10h} = \frac{1000000}{60 \cdot n} \left(\frac{C}{P}\right)^p \quad (2)$$

jossa

L_{10h} = nimelliskestoikä, käyttötuntia

n = pyörimisnopeus, r/min

C = laakerin dynaaminen kantavuusluku, N

P = laakerin dynaaminen ekvivalenttikuormitus, N

p = eksponentti, jonka arvo kuulalaakereille on 3

Laakeriparin kestoikä on näinollen:

$$L_{10h} = \frac{1000000}{60 \cdot 398} \left(\frac{55900}{600 + 600 + 600 + 0,55 \cdot 180}\right)^3 = \mathbf{1068135 \text{ h}}$$

Yksittäisen laakerin kestoikä on:

$$L_{10} = \frac{1000000}{60 * 398} \left(\frac{41000}{0,62 * 600 * 3 + 1,17 * 180} \right)^3 = \mathbf{1236224 \text{ h}}$$

Seuraavaksi lasketaan vähimmäiskuormitukset laakereille, joka on aina oltava kuula- ja rullalaakereilla, jotta ne toimivat moitteettomasi. Laakeriparin pienin tarvittava säteiskuormitus saadaan kaavasta kolme:

$$F_{rm} = k_r * \left(\frac{v * n}{1000} \right)^{\frac{2}{3}} * \left(\frac{d_m}{100} \right)^2 = \mathbf{303,2 \text{ N}} \quad (3)$$

,jossa

F_{rm} = Pienin tarvittava säteiskuormitus, N

k_r = kerroin pienimmälle tarvittavalle säteiskuormitukselle, 100 tässä tapauksessa

v = öljyn viskositeetti, 100 mm²/s

n = telan max. pyörimisnopeus, 398 r/min (telan halk. 200 mm)

d_m = laakerin keskihalkaisija, 51 mm

Yksittäisen laakerin pienin tarvittava säteiskuormitus saadaan samasta kaavasta kolme kuin yllä on esitetty, mutta arvot tietenkin muuttuvat:

$$F_{rm} = k_r * \left(\frac{v * n}{1000} \right)^{\frac{2}{3}} * \left(\frac{d_m}{100} \right)^2 = \mathbf{167,3 \text{ N}}$$

F_{rm} = Pienin tarvittava säteiskuormitus, N

k_r = kerroin pienimmälle tarvittavalle säteiskuormitukselle, 70 tässä tapauksessa

v = öljyn viskositeetti, 70 mm²/s

n = telan max. pyörimisnopeus, 398 r/min (telan halk. 200 mm)

d_m = laakerin keskihalkaisija, 51 mm

Jarrutelan laakerilaskuista voidaan todeta, että laakerit tulevat kestävämmän siellä pitkään tai ikuisesti. Kuten aiemmin tuli mainittua, niin tärkeämpää kuin kantavuus tai kestoikä on tarkkuus ja jäykkyys. Näillä valituilla laakereilla ja oikeanlaisilla sovitteilla niille saadaan jarrutela pysymään tarkasti asemassaan. Pareittain asennettavat laakerit 7306 ovat valmistettu siten, että puristettaessa laakereita toisiaan vasten syntyy oikea esijännitys automaattisesti.

Nippitelan laakeroinnin mitoitus

Nippitela on laakeroitu molemmista päistään, jolloin siitä saadaan helposti riittävän tukeva. Laakereiden sisäkehät tulevat 20 mm akselin päälle. Niiden ulkokehät kiinnitetään erillisen pitimen ja nippitelan alakannattimen väliin (Ks. kuvio 12.). Laakereihin kohdistuu eniten säteiskuormitusta, mutta pieni aksiaalikuormituskin on jossain tapauksissa mahdollista. Kuormituksia aiheuttavat radan kireys ja kulkeminen. Aiemmassa vastaavassa käyttökohteessa oli käytetty yksirivisiä urakuulalaakereita 6004-2RSR. Laakerin dynaaminen kantavuus on 9360 N ja staattinen kantavuus 5000 N. Laakereissa on tiivisteet molemmilla puolilla (2RS), joiden avulla laakerit ovat valmistajan mukaan huoltovapaita käyttölämpötiloissa -30...+110 °C. Kantavuusluvut ylittävät moninkertaisesti laakereihin kohdistuvat voimat, mutta laakerienpitimien akselin halkaisijaa ei voi pienentää. Liitteessä kolme löytyy laakerin tiedot. Lasketaan seuraavaksi laakerien nimelliskäyttöajat ja vähimmäiskuormitukset.

Nimelliskäyttöaika voidaan laskea kaavasta kaksi:

$$L_{10h} = \frac{1000000}{60 \cdot n} \left(\frac{C}{P}\right)^p \quad (2)$$

jossa

L_{10h} = nimelliskestoikä, käyttötuntia

n = pyörimisnopeus, r/min

C = laakerin dynaaminen kantavuusluku, N

P = laakerin dynaaminen ekvivalenttikuormitus, N

p = eksponentti, jonka arvo kuulalaakereille on 3

Yhden laakerin nimellinen kestoikä on näinollen:

$$L_{10h} = \frac{1000000}{60 \cdot 603} \left(\frac{9360}{600}\right)^3 = \mathbf{104931 \text{ h}}$$

Pienin tarvittava säteiskuormitus voidaan laskea kaavasta kolme:

$$F_{rm} = k_r \cdot \left(\frac{v \cdot n}{1000}\right)^{\frac{2}{3}} \cdot \left(\frac{d_m}{100}\right)^2 = \mathbf{29,1 \text{ N}}$$

jossa

F_{rm} = Pienin tarvittava säteiskuormitus, N

k_r = kerroin pienimmälle tarvittavalle säteiskuormitukselle, 25 tässä tapauksessa

ν = öljyn viskositeetti, $70 \text{ mm}^2/\text{s}$

n = telan max. pyörimisnopeus, 603 r/min (telan halk. 132mm)

d_m = laakerin keskihalkaisija, 31 mm

Laakerit tulevat kestävämmän nimellisen käyttöikänsä puolesta pitkään. Pienin tarvittava säteiskuormitus saadaan jo pelkästä nippitelan ja osien painosta, joten senkään suhteen ei ole ongelmia. Näin ollen voidaan turvallisesti valita nämä laakerit.

Ohjaustelan laakeroinnin mitoitus

Ohjaustelat on laakeroitu telan molemmista päistä. Laakereiden ulkokehä sovitetaan telaan ja sisäkehä akselin päälle. Sekä akselin että laakereiden tulee kestää siihen tulevat kuormitukset, jotka ovat pääasiassa säteiskuormituksia. Kuormituksia aiheuttavat edelleenkin radan kireys ja kulkeminen. Aiemmin laskettu akselin halkaisija määrittää myös laakerin kokoa. Laakerin sisäkehän halkaisijan tulisi olla 30 mm. Jälleen lähdetään tarkastamaan aiemmin vastaavassa käyttökohteessa olleita laakereita. Laakerit ovat olleet aiemmassa kohteessa yksirivisiä urakuulalaakereita, joissa on pienikitkaiset tiivistyslevyt, jolloin ohjaustelat seuraavat rataa helposti. Aiemman käyttökohteen akselin halkaisija on pienempi kuin tässä tapauksessa käytettävässä akselissa, joten etsitään samaa mallia isommalla sisähalkaisijalla. Malli löytyy SKF:n luettelosta merkinnällä 61906—2RZ. Laakerin kantavuus dynaamisesti on 7280 N ja staattisesti 4550 N. Liitteessä neljä on tämän laakerin tiedot. Tehdään myös näille laakereille nimelliskäyttöikä ja vähimmäiskuormituksen laskut.

Nimelliskäyttöaika voidaan laskea kaavasta kaksi:

$$L_{10h} = \frac{1000000}{60 * n} \left(\frac{C}{P}\right)^p$$

jossa

L_{10h} = nimelliskestoikä, käyttötuntia

n = pyörimisnopeus, r/min

C = laakerin dynaaminen kantavuusluku, N

P = laakerin dynaaminen ekvivalenttikuormitus, N

p = eksponentti, jonka arvo kuulalaakereille on 3

Yhden laakerin nimellinen kestoikä on näinollen:

$$L_{10h} = \frac{1000000}{60 * 1105} \left(\frac{7280}{600}\right)^3 = \mathbf{26941 h}$$

Pienin tarvittava säteiskuormitus voidaan laskea kaavasta kolme:

$$F_{rm} = k_r * \left(\frac{v * n}{1000}\right)^{\frac{2}{3}} * \left(\frac{d_m}{100}\right)^2 = \mathbf{53,8 N}$$

,jossa

F_{rm} = Pienin tarvittava säteiskuormitus, N

k_r = kerroin pienimmälle tarvittavalle säteiskuormitukselle, 20 tässä tapauksessa

v = öljyn viskositeetti, 70 mm²/s

n = telan max. pyörimisnopeus, 1105 r/min (telan max halk. 72mm)

d_m = laakerin keskihalkaisija, 38,5 mm

Ohjaustelankin laakerit tulevat kestävämmään laitteessa tarvittavan pitkään. Pienin tarvittava säteiskuormitus tulee teloille helposti. Voidaan valita turvallisesti nämä laakerit.

Pneumatiikkakaavio ja komponenttien mitoitus

Laitteessa pneumatiikalla toimivia komponentteja ovat levyjarru ja nippitelat. Liitteessä viisi on nauhansyöttölaitteen pneumatiikkakaavio ja osaluettelo. Pneumatiikka liitetään valmiina olevaan paineilmaverkostoon. Tarvittavia komponentteja ovat johdesylinterit, paineilmatoiminen levyjarru, virranvastusventtiilit, paineensäätiimet, painemittarit, 5/2 suuntaventtiilit, äänenvaimentimet, letkut ja liittimet.

Johdesylinterin sylinterivoiman ulos ja sisään tulee voittaa maksimi ratakiireys 60 kg. Sylinteri tulee mitoittaa hieman ylisuureksi, jotta haluttu nippi saadaan toimivaksi. Ulos tulevalla voimalla toteutetaan varsinainen nippi. Sisään tulevan voimankin tulee voittaa ratakiireyden maksimi, jotta nippi ei jää päälle hallitsemattomasti. Käyttötarkoitukseen sopivia johdesylinteri malleja MGP toimittaa SMC. SMC:n katalogista löytyy liitteen 6 mukainen taulukko. Laitte voidaan liittää yleiseen paineilmaverkostoon,

jolloin työpaineeksi saadaan 6 baria. Näin ollen käyttökohteeseen sopiva sylinterihalkaisija on 63 mm, jolloin voima ulos on 1870 N ja voima sisään on 1682 N. Sopiva iskunpituus sylinterille on 50 mm. Valitaan johdesylintereiksi SMC:n MGPM63TF-50.

Jarrujen mitoituksessa edellytyksenä on, että jarrun tulee jarruttaa rata vaaditulle kiiheydelle. Jarrujen mitoituksessa toimittiin siten, että annetut vaatimukset lähetettiin jarrujen toimittajalle, joka tarjosi käyttökohteeseen soveltuvaa jarrua. Liitteessä 7 nähdään toimittajan tarjoama paineilmatoiminen levyjarru, jarrujen laskenta ja jarrulevy. Jarruksi valittiin paineilmatoiminen jarru ja jarrulevyn halkaisijaksi 250 mm. Tarvittaessa jarrupalat voidaan vaihtaa esimerkiksi itsevalmistetuiksi teflonpaloiksi, jolloin jarrutusvoima saadaan herkemmäksi pienillä jarrutuksilla.

Virranvastusventtiilillä säädetään sylinterien ja jarrun nopeutta. Venttiilit asennetaan suoraan sylinterien ja jarrun kylkeen. Valintaan vaikutti siis venttiilin liitäntäkoko, jonka pitää olla sama kuin sylintereissä ja jarrussa. Liitäntäkoko sylintereissä ja jarrussa on G1/4. Valitaan virranvastusventtiiliksi SMC:n AS2201F-02-06S.

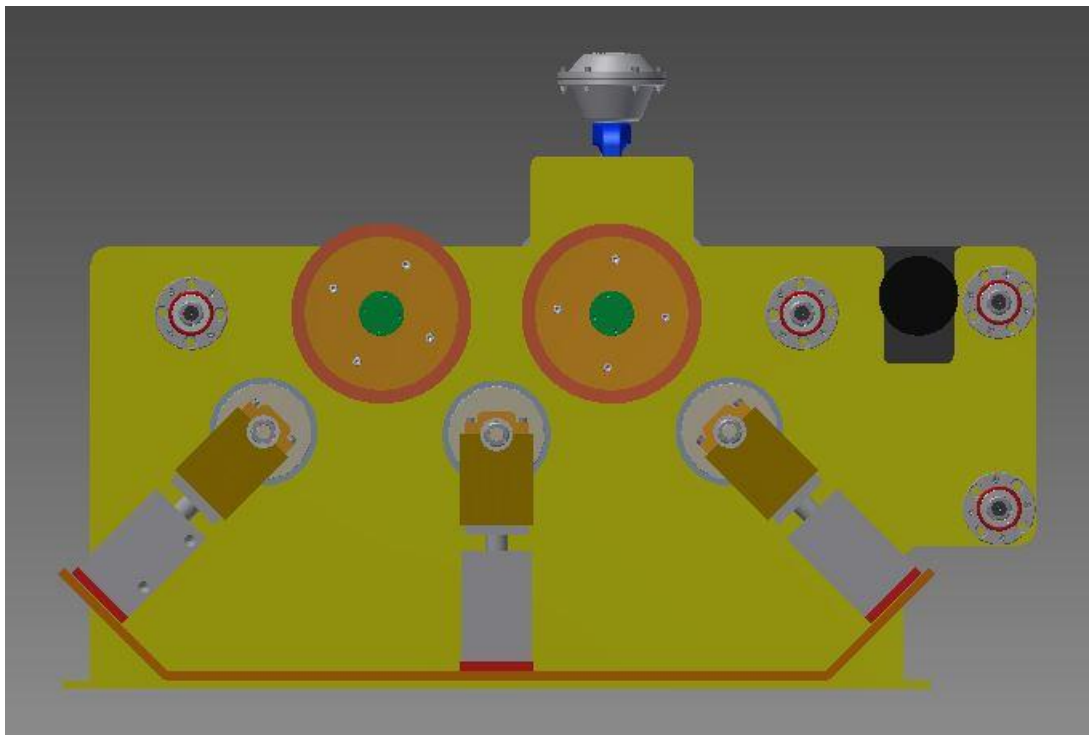
Paineensäätimellä säädetään paineilmaverkoston paine sopivaksi sylintereille ja jarrulle. Paineensäätimen kylkeen asennetaan painemittari, josta painetta voidaan lukea. Valitaan paineensäätimeksi SMC:n EAR2000-F02 ja siihen sopiva painemittari K4-10-50.

Suuntaventtiileillä ohjataan sylinterien sekä jarrun liikettä sisään ja ulos. Venttiilin tulee olla mekaanisesti ohjattava ja jousipalautteinen. Suuntaventtiilin kylkeen asennetaan äänenvaimentimet, jotta järjestelmästä ulos tulevien ilmanpaineiden ääniä saadaan miellyttävämmäksi. Valitaan suuntaventtiiliksi SMC:n EVZM550-F01-00 ja äänenvaimentimeksi AN110-01.

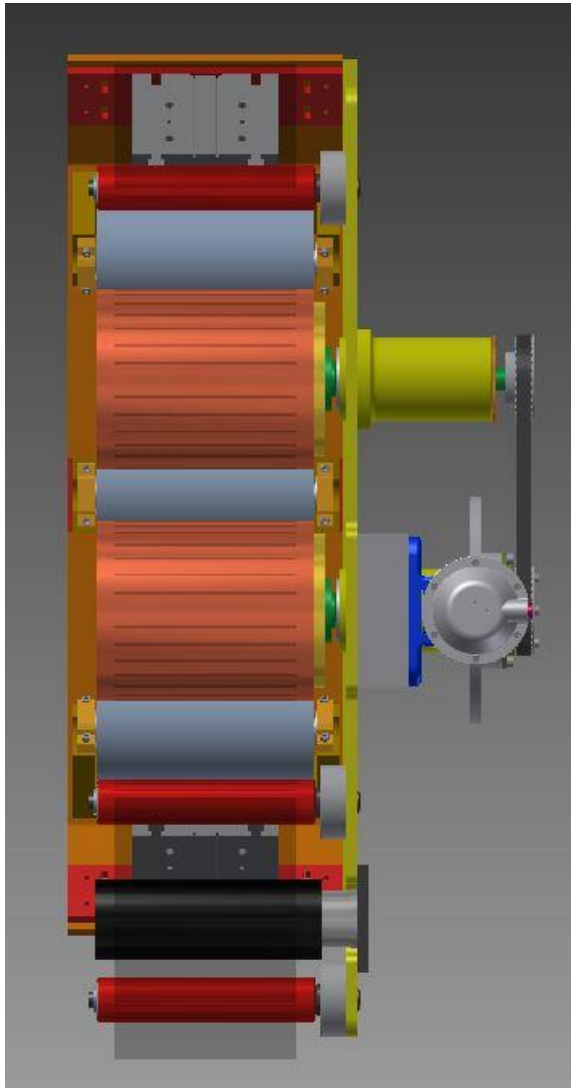
Uusi konstruktio

Edellä kerrottujen vaiheiden jälkeen mallintaminen suoritettiin tarkemmin. Joitakin yksityiskohtia oli jo mallinnettu aiemmin, mutta vasta komponenttien tarkemman mitoittamisen jälkeen ne voitiin mallintaa tarkemmin. Kuvioiden 15 ja 16 laite on mallinnettu kuviossa 11 näkyvän konstruktion pohjalta. Uuteen malliin on otettu huomioon teknistaloudellisen arvostelun perusteella asioita. Uutta tässä mallissa verrattuna edeltävään konstruktion ovat:

- ohjaustelojen määrää lisätty ja paikkoja vaihdettu
- kireydenmittaustela lisätty
- jarru toteutettu pneumaattisella levyjarrulla ja hammashihnalla
- nippitelan liike toteutettu johdesylinterillä
- runkoa hahmoteltu telojen sijoittelun mukaan.



KUVIO 15 Uusi konstruktio edestä



KUVIO 16 Uusi konstruktio päältä

Kuvioissa 15 ja 16 näkyvää mallia laitteesta esiteltiin tilaajayritykselle kommentoitavaksi. Tilaajayritys teki omat havainnot ja puutteet, joiden perusteella tuotetta alettiin kehittää lisää kohti valmista laitetta.

Lopullinen nauhansyöttölaite

Kuten aiemmin kerrottiin, edellisten kuvioiden laitetta esiteltiin tuotteen tilaajalle.

Tilaaja toivoi malliin seuraavia parannuksia:

- ohjausteloihin bombeeraus, jolla saadaan parempi radanohjaus
- kaikille teloille kumipinnoitus, kun aiemmin oli tarkoitus, että kumipinnoitus tulisi vain jarruteloille, joilla saadaan parempi kitka radan ja telan välille
- vinoittain olevien sylinterien taakse pitäisi saada tuentaa.

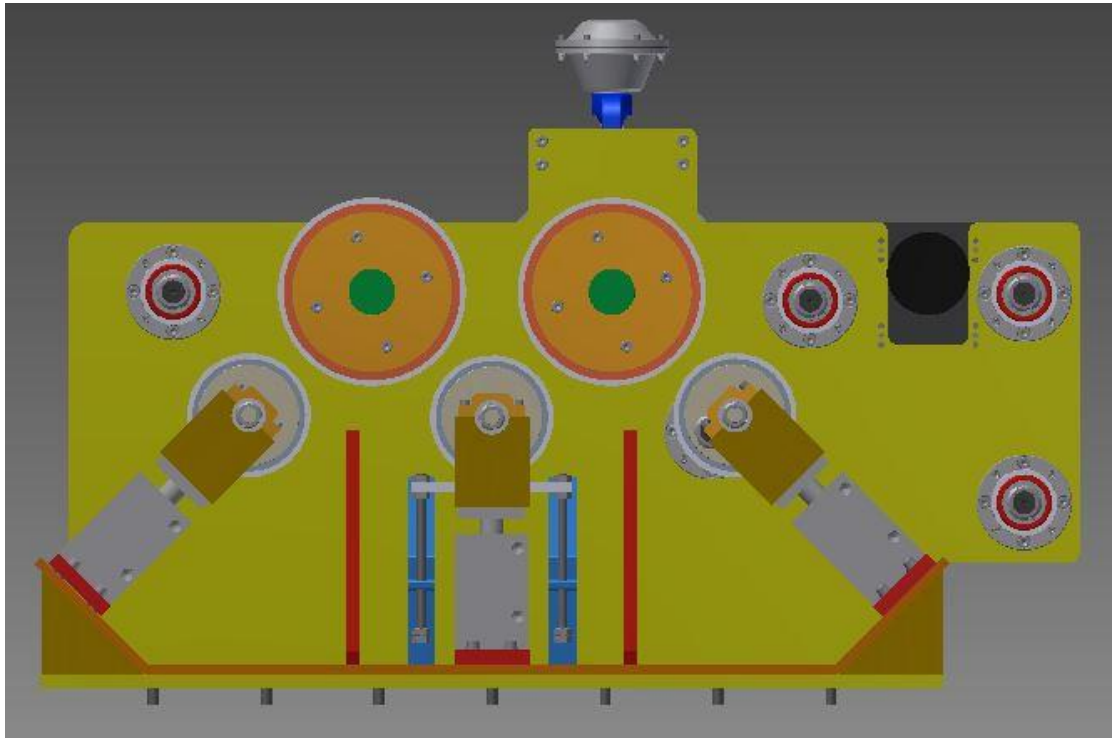
Telojen kumipinnoitteesta kysyttiin tarjouksia eri valmistajilta. Käyttökohteeseen valittiin Ravelast Oy:n NBR vaalea kitkakumi, jonka kovuus on 65–70 shA.

Tämän lisäksi katsottiin aiheelliseksi pitää palaveri toimiston sisäisesti liittyen mallinnetun laitteen riskeihin ja epävarmuustekijöihin. Palaverissa tulikin joitain parannusehdotuksia laitteeseen. Näitä olivat:

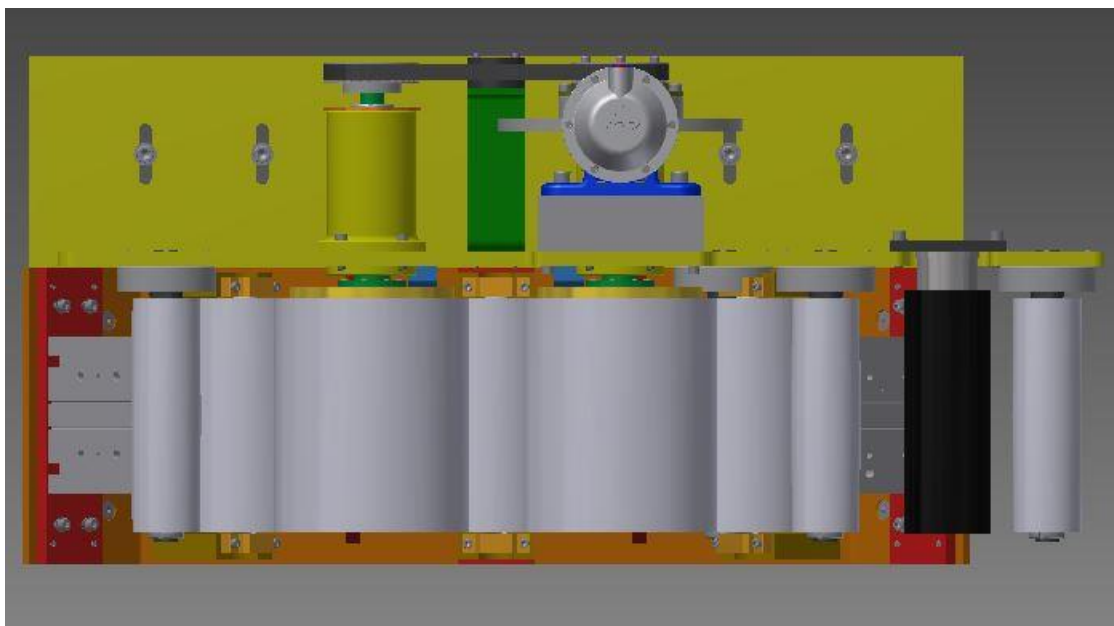
- hammashihnalle mekaanisesti kiristettävä hihnankiristin
- keskimmäiselle nippitelalle mekaaninen stoppari
- pinnoitettavaa telaa lähimpänä olevan nippitelan korvaaminen ohjaustelalla, jos niin halutaan
- tukilevyjä runkoon
- rungon kiinnittäminen varsinaiseen pinnoituskoneeseen.

Palaverissa tulleiden ideat liittyivät laitteen käytettävyyden ja toiminnallisuuden parantamiseen. Hihnankiristimellä otetaan hammashihnasta löysät pois ja varmistetaan näin jarrun toimintaa. Mekaanisella stopparilla saadaan keskimäinen nippitela halluttaessa pysymään sopivassa kohdassa. Nippitelan mahdollisuus korvata ohjaustelalla tehtiin, koska on mahdollista, että ajettava nauhan vetovoima ylittää sylinterin sisään vetovoiman, jolloin nippi jää päälle vaikka ei haluta. Viimeisin korjaus on varmanpäälle suunnittelua eikä välttämättä ole tarpeellinen, mutta näin saadaan varmistettua laitteen toiminta.

Edellä mainitut korjaukset ja toiveet huomioon ottaen saatiin mallinnettua kuvioiden 17 ja 18 mukainen laite. Tämän jälkeen malli vietiin viimeistelyvaiheeseen, jossa siitä tehtiin tarvittavat dokumentoinnit.



KUVIO 17 Lopullinen nauhansyöttölaite edestä



KUVIO 18 Lopullinen nauhansyöttölaite päältä

5.3 Viimeistelyvaihe

Viimeistelyvaihetta edeltävät työvaiheet voidaan todeta onnistuneiksi, jos tarvittavat valmistusdokumentoinnit voidaan tehdä yksikäsitteisesti. Tässä vaiheessa tehdään työpiirustukset ja päätetään lopullisesti raaka-aineet, valmistustavat, toleranssit ja pintakäsittelyt. Vaiheen tuloksena saadaan nauhansyöttölaitteen työpiirustukset, joiden avulla laite voidaan valmistaa.

Viimeistelyvaiheen aluksi tutkittiin suunniteltuja osia ja mietittiin miten niiden valmistaminen olisi järkevintä. Kappaleisiin tehtiin tarvittavia viisteitä ja pyöristyksiä sekä joihinkin osiin tehtiin tarvittavia kiinnitysreikiä. Tämän jälkeen yksittäisistä osista tehtiin valmistuskuvat, joihin merkattiin materiaalit, tarvittavat toleranssit, pintakäsittelyt ja muut huomioitavat asiat.

Toisena vaiheena viimeistelyvaiheessa oli kokoonpanokuvien tekeminen. Kokoonpanokuvien tekeminen pitää tehdä huolellisesti. Osaluettelot ovat osana kokoonpanokuvia ja ne täydentävät niitä. Niidenkin kanssa pitää olla tarkkana, että luettelosta löytyy oikeat osat oikeilla kappalemäärillä. Usein osien tilaaminen tehdään osaluettelosta lukemalla eli huolellisuudella vältetään suuriakin rahallisia tappioita.

Tällä kertaa ei laitteen käyttöön tullut erillisiä asennus- tai käyttöohjeita. Myöskään protoa tai nollasarjaa ei tehty. Viimeisenä vaiheena oli osien valmistuskuvien ja kokoonpanokuvien sekä osaluetteloiden huolellinen tarkistaminen useaan kertaan. Tarkistamisessa huomioitavia asioita ovat mm. seuraavat asiat:

- 3D-malli on virheetön
- kuvasta löytyy osan oleelliset mitat ja merkinnät
- kuvasta löytyy osaan tehtävät reiät, viisteet, pyöristykset jne.
- osan valmistettavuus kohtuullisilla valmistusmenetelmillä
- kokoonpanokuvassa on tarvittavat päämitat
- kokoonpanokuvasta löytyy osaluettelo ja osien numerointi
- kaikki osat löytyvät osaluettelosta ja niitä on oikea määrä.

Liitteessä 8 nähdään kokoonpanokuva ja osaluettelo uudesta nauhansyöttölaitteesta. Kaikkien eri osien valmistuskuvien liittämistä tähän raporttiin ei katsottu tarpeelliseksi. Työn lopuksi kaikkien osien valmistuskuvat ja kokoonpanokuvat toimitettiin PDF- ja DWG-tiedostomuodoissa tuotteen tilaajalle.

6 Tulokset

Tämän opinnäytetyön tuloksena saatiin kehitettyä toimiva kokonaisuus pinnoituskooneen nauhansyöttölaitteesta. Työssä tutkittiin vanhan laitteen toimintaa ja sen ongelmia. Ongelmiin pureuduttiin ja niitä pyrittiin poistamaan. Eri tuotekehityksen vaiheiden jälkeen laitteesta saatiin toimiva versio ja siitä tarvittavat valmistuskuvat. Tässä kappaleessa arvioidaan uuden ja vanhan laitteen hintaa ja toimintaa sekä verrataan niitä keskenään. Lisäksi esitetään ajatuksia siitä, miten tuotetta voisi vielä mahdollisesti tulevaisuudessa kehittää.

Hinta-arviot ja toimintojen vertailu

Taulukossa viisi nähdään uuden laitteen hinta-arvio. Osa hinnoista perustuu arvioihin ja muihin hinnoista on kysytty tarjoukset osien valmistajilta tai toimittajilta. Taulukossa osa sarakkeella on kyseisen osan tai kokoonpanon nimi. Seuraavassa sarakkeessa näkyy kappalemäärä. Hinnoista ensin näkyy yhden kappaleen hinta ja sitten hinta yhteensä. Kaikki hinnat sisältävät sekä raaka-aineen että työn. Taulukon alareunassa on summattu yhteen laitteen valmistushinta. Kokoonpano hinnat ovat pelkästään työhintoja.

TAULUKKO 5 Uuden nauhansyöttölaitteen hinta-arvio

Uuden nauhansyöttölaitteen hinta-arvio				
Osa	kpl	Hinta/kpl €	Hinta yhteensä €	Muuta
Runko kokoonpano	1	320	320	Työhinta kopa
Pystylevy	1	250	250	
Aluslevy	1	190	190	
Nippitelojen aluslevy	1	190	190	
Mittaustelan takalevy	1	90	90	

Jarru välilatta	1	90	90	
Tukilevy	2	60	120	
Runkolevyn tukikolmio	4	50	200	
Ruuvit ja prikat	100	1	100	
Ohjaintela kokoonpano	5	160	800	Työhinta kopa
Ohjaintelan akseli	5	80	400	
Ohjaintela	5	70	350	
Ohjaintelan laippa	5	70	350	
Laakeri	10	30	300	
Akselimutteri	10	10	100	
Kumipinnoite	5	140	700	
Ruuvit ja prikat	50	1	50	
Jarrutela kokoonpano	2	290	580	Työhinta kopa
Jarrutelan laakeripesä	2	250	500	
Jarrutela laakerin pidin	2	40	80	
Laakeri 1	2	60	120	
Laakeri 2	4	60	240	
Jarrutelan akseli	2	140	280	
Jarrutela akselin pidin	2	40	80	
Jarrutela kiinnitinlevy	2	50	100	
Jarrutela rulla	2	120	240	
Kumipinnoite	2	175	350	
Akselimutteri	2	5	10	
Ruuvit ja prikat	80	1	80	
Nippitela pääkokoonpano	3	320	960	Työhinta kopa
Nippitela	3	250	750	
Laakerinpidin N	6	100	600	
Laakeri	6	40	240	
Nippitelan pidin	6	150	900	
Akselimutteri	6	5	30	
Nippitelan alakannatin	3	40	120	
Sylinterin alalevy	3	50	150	
Kumipinnoite	3	155	465	
Ruuvit ja prikat	80	1	80	
Jarru kopa	1	120	120	Työhinta kopa
Jarrulevy	1	245	245	
Jarrutela väliholkki	1	60	60	
Hihnapyörä	2	25	50	
Hihna	1	18,5	18,5	
Jousisokka	2	3	6	
Ruuvit ja prikat	50	1	50	
Hihnankiristys kopa	1	40	40	Työhinta kopa
Hihnankiristyskiinnityslevy	1	60	60	
Hihnankiristyspala	1	40	40	
Ruuvit ja prikat	10	1	10	

Toppari kokoonpano	1	20	20	Työhinta kopa
Kierretanko	1	30	30	
Topparin levy 2	1	60	60	
Topparin pystyosa	2	80	160	
Ruuvit ja mutterit	20	1	20	
Pneumatiikka	1	320	320	Työhinta kopa
Johdesylinteri	3	575	1725	
Levyjarru MSD	1	555	555	
Virranvastusventtiili	8	7,2	57,6	
Paineensäädin	4	14	56	
Painemittari	4	7,2	28,8	
5/2 suuntaventtiili	4	60,5	242	
Äänenvaimennin	8	4,25	34	
Letku	1	30	30	
Liittimet	40	3	120	
YHTEENSÄ	1	6524,65	6524,65	

Taulukossa 6 nähdään vanhan laitteen hinta-arvio. Hinnat perustuvat pelkästään arviointiin. Taulukkoa luetaan samalla tavalla kuin yllä olevaa taulukkoa 5.

TAULUKKO 6 Vanhan nauhansyöttölaitteen hinta-arvio

Vanhan nauhansyöttölaitteen hinta-arvio				
Osa	kpl	Hinta/kpl €	Hinta yht. €	Muuta
Ohjaintela kokoonpano	4	160	640	Työhinta kopa
Tela	4	70	280	
Akseli	4	80	320	
Sisäosa	4	70	280	
Mutteri	10	1	10	
Runko	1	290	290	Työhinta kopa
Laakeripesä	1	250	250	
Pystylevy	1	200	200	
Alalevy	1	150	150	
Tukiosa	1	60	60	
Jarrutela kokoonpano	1	290	290	Työhinta kopa
Kumipinnoite	1	100	100	
Tela	1	120	120	
Akseli	1	140	140	
Laakeri	2	60	120	
Holkki	1	40	40	
Tasakiila	1	3	3	
Rengas	1	5	5	
Suoja	1	20	20	
Ruuvit yms.	20	1	20	
Jarru	1	120	120	Työhinta kopa
Jarrulevy	1	245	245	
Jarru MSH	1	355	355	
Pultit	5	1	5	
YHTEENSÄ €	1	4063	4063	

Luonnollisesti uusi laite on huomattavasti kalliimpi kuin edeltäjänsä, koska osien määrä on kasvanut merkittävästi ja siihen on tullut lisäksi pneumatiikkaa. Hinnan perusteella versioita ei siis voi oikein vertailla. Tietenkin uuden laitteen hinta on asia, mikä kiinnostaa kaikkia. Voidaan todeta, että uuden laitteen hankintahinta pysyi järjestyksessä hinnassa. Sen sijaan versioita on järkevämpi vertailla toiminnan perusteella. Alla olevaan taulukkoon 7 on kerätty tärkeimpiä toimintoja, joita nauhansyöttölaitteella tulee olla. Versioita on arvosteltu toimintojen perusteella yhdestä viiteen siten, että yksi on huono ja viisi on erinomainen. Muuten taulukkoa luetaan samalla tavalla kuin luonnosteluvaiheessa käytettyä taulukkoa neljä.

TAULUKKO 7 Uuden ja vanhan nauhansyöttölaitteen vertailu

Arvostelukriteeri	Painoarvo	Vanha			Uusi		
		Ominaisuus	Pisteet	Painoitettut pisteet	Ominaisuus	Pisteet	Painoitettut pisteet
Kireydensäätö	0,2	huono	1	0,2	hyvä	4	0,8
Valmistushinta	0,05	halvempi	4	0,2	kalliimpi	2	0,1
Osien lukumäärä	0,05	vähän	3	0,15	enemmän	2	0,1
Tarkkuus	0,05	Huono	1	0,05	Hyvä	4	0,2
Asennus	0,05	helppo	3	0,15	helppo	3	0,15
Elinikä	0,1	hyvä	4	0,4	Tyydyttävä	3	0,3
Turvallisuus	0,1	hyvä	3	0,3	hyvä	3	0,3
Käytön helppous	0,1	hyvä	4	0,4	hyvä	4	0,4
Kunnossapidettävyyys	0,05	hyvä	4	0,2	hyvä	4	0,2
Toimintavarmuus	0,15	Huono	1	0,15	hyvä	4	0,6
Säädettävyys	0,05	välttävä	2	0,1	Hyvä	4	0,2
Fyysinen koko	0,05	pienempi	4	0,2	suurempi	3	0,15
Yhteensä	1		34	2,5		40	3,5

Taulukon 7 vertailun arvojen mukaan on perusteltua valmistaa uusi nauhansyöttölaitte. Taulukossa on painotettu nauhansyöttölaitteelta vaadittavia ominaisuuksia. Uusi laite voittaa painotetuissa pisteissä vanhan yhdellä pisteellä, mitä voidaan pitää suurena lukuna tässä tapauksessa. Vaikka uuden laitteen hankintahinta onkin huomattavasti suurempi kuin vanhan, niin on silti perusteltua hankkia uusi laite, koska toimimattomalla laitteella ei pysty tekemään laadukasta ja tuottavaa työtä.

Nauhansyöttölaitteen jatkokehityksen kohteet

Nauhansyöttölaitetta on nyt kehitetty toimivaksi kokonaisuudeksi. Sen suurimmat ongelmakohdat on saatu poistettua ainakin teoreettisesti ja laite toimii todennäköisesti käytännössä edeltäjänsä tarkemmin ja luotettavammin. Seuraava askel on toteuttaa uusi laite käytännössä sekä havaita ja korjata, mikäli siinä on puutteita tai ongelmia.

Teoreettisesti miettien jatkokehityksen kohteita, kannattaa hieman silmäillä edellä esitettyä taulukkoa 7. Siitä voidaan havaita, että mikään arvostelukriteereistä ei saavuta tasoa erinomainen ja muutama ominaisuus saa turhan huonon arvosanan. Seuraavaksi pohditaan, miten ominaisuuksista saisi vieläkin parempia.

Keskitytään ensin painoarvoltaan suurimpiin ominaisuuksiin, joita ovat kireydensäättö ja toimintavarmuus. Kumpikin ominaisuus saa arvosanan neljä, joka on jo valmiiksi hyvä. Kuitenkin näiden ominaisuuksien parantamiseen erinomaiseksi on olemassa keino, joka on servon hyödyntäminen laitteessa. Servon avulla saataisiin kireydensäädöstä tarkempaa ja koko laitteen toimintavarmuus kohenisi. Huonona puolena servossa on sen korkea hankintahinta.

Huonoimmat arvosanat saavat valmistushinta ja osien lukumäärä. Nämä ovat sellaisia ominaisuuksia, joihin ei voi vaikuttaa, mikäli laitteesta halutaan toimiva. Kustannukset ovat kumminkin järkevissä suuruuksissa. Asennettavuus, elinikä, turvallisuus ja laitteen fyysinen koko saivat arvosanan kolme. Näistä muihin kuin fyysiseen kokoon voidaan vaikuttaa. Asennettavuutta ja elinikää voidaan parantaa, kun suunnitellaan laitteen eri osia vieläkin paremmiksi. Turvallisuutta saadaan lisättyä erinäisten suojiin avulla.

Eryteisesti käyttäjän turvallisuuden parantaminen voisi olla tärkeäkin kehittämisen kohde tulevaisuudessa. Asiakkaille toimitettavissa laitteissa pitää olla yleensä CE-merkintä. CE-määräyksistä on kerrottu tarkemmin esim. konedirektiiveissä ja SFS:n standardeissa. Laitteen valmistajan tulee yleensä hakea CE-merkintä hyväksyntä ja kiinnittää CE-tarra. Tässä tapauksessa laitteen tilaajana on Valmet Oyj. Tämä laite on

yksittäislaite ja tilaaja itse liittää sen omaan käyttöön tulevan isomman laitteen kokonaisuuteen. Näin ollen tilaaja huolehtii laitteen turvallisuudesta, kuten esimerkiksi suojauksista, varoituskilvistä ja hätäseis-painikkeesta.

Kokonaisuudessaan laitteen tuotekehitystä voitaisiin jatkaa loputtomasti. Tuotekehitystä tuleekin jatkaa, vaikka varsinainen tuotekehitysprojekti onkin jo saatettu maaliin. Projektin tuloksena on kumminkin laite, joka hyvin todennäköisesti tulee suorittamaan siltä vaaditut tehtävät.

7 Pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää paperikonetelojen pinnoituskoneen nauhansyöttölaitetta. Tavoitteena oli etsiä laitteen ongelmakohtiin ratkaisuja ja ratkaisujen perusteella kehittää siitä valmis laite, josta tehdään tarvittavat dokumentoinnit. Tavoitteena oli myös soveltaa teoriapohjaa käytännön työhön ja toimia teoriassa opetetulla tavalla.

Opinnäytetyön lopputuloksena saatiin kehitetty nauhansyöttölaite. Kehitysprojekti toteutettiin teoriassa opetetulla tavalla niin hyvin kuin se oli järkevää. Työn heikkoutena voidaan pitää suppeahkoa lähteiden määrää. Työssä jouduttiin kumminkin rajaamaan aihetta, jotta se saadaan pidettyä sopivassa suhteessa. Tämä selittää lähteiden vähyyttä. Toisaalta käytetyt lähteet olivat täsmällisiä ja työhön oleellisesti liittyviä eivätkä niin sanotusti vain työn täyteenä. Toisena heikkoutena voidaan pitää alkuperäisen aikataulun pieni viivästyminen, mutta tämän tyyppiset tuotekehitysprojektit ovat usein sen tyylisiä, että niiden aikatauluttaminen tarkasti ei ole hyödyllistä vaan lähtökohtana on pidettävä erityisesti onnistunut lopputulos. Vanhan laitteen ongelmiin keksittiin ratkaisuja ja niistä toimivimmat yhdistettiin kokonaisuudeksi. Kokonaisuudesta hiottiin teknistaloudellisesti järkevä laite. Lopulta tehtiin laitteesta tarvittavat valmistusdokumentit, joiden perusteella laite voidaan valmistaa yksikäsitetesti.

Opinnäytetyön lopputulosta voidaan pitää luotettavana. Tuotekehitysprojektiin osallistui tahoja, joilla on vankka kokemus vastaavista laitteista ja projekteista. Työn suppeahkoa lähteiden määrää korvasi työhön osallistujien kokemus. Vankan kokemuksen johdosta laitteesta saatiin käytössä olevien varojen suhteen niin toimiva kuin mahdollista. Paineilmatoimisen jarrun korvaaminen servotoimisella jarrulla tekisi laitteesta vieläkin laadukkaamman, mutta rajoittavana tekijänä on sen korkea hankintahinta. Servotoiminen jarru lisäisi laitteen luotettavuutta merkittävästi ja siitä tulisi huomattavasti tarkempi. Voidaan kumminkin todeta, että opinnäytetyössä suunniteltu laite tulee todennäköisesti suorittamaan kaikki sille asetetut tavoitteet laadukkaasti ja riittävällä tarkkuudella.

Opinnäytetyön tekeminen antoi hyvää kuvaa tuotekehitysprojektista käytännön työelämässä. Työssä päästiin tutustumaan kaikkiin tuotekehityksen vaiheisiin. Työn tekijänä opin suuren määrän asioita liittyen tuotekehitysprojektiin ja mekaniikansuunnitteluun. Työ oli monipuolinen ja haastava. Siinä päästiin käyttämään ja soveltamaan lähes kaikkia opinnoissa opettuja asioita. Tuotekehitysprojektilla oli oikea tarve ja se todennäköisesti tullaan toteuttamaan myös käytännössä. Lopputulokseen olivat tyytyväisiä kaikki projektiin osallistuneet tahot.

Lähteet

Ahokas, J. Toimitusjohtaja. Aselco Oy. Haastattelu ja tarjouskysely 10.3.2015

Apilo, T., Kulmala, H. I., Kärkkäinen, H., Lampela, H., Mikkola, M., Nevalainen, M., Pappiniemi, J., Ruohomäki, I., Valjakka, T. 2008. Tuotekehitysverkostojen uudet toimintamallit. Tampere: Tammer-Paino Oy

Insinööritoimisto Peura Oy:n kotisivut. Viitattu 30.4.2015. <http://www.peuraoy.fi/index.php?page=1>

Jokinen, T. 2001. Tuotekehitys. Helsinki: Otatieto Oy

Parviainen, S. 2015. Manager, Pilot Operations. Valmet Oyj. Haastattelu 4.3.2015

SKF Laakerikirja. 1999. Luettelo 4000 Fi Reg. 47. Torino: Stamperia Artistica Nazionale

Valmet Oyj:n kotisivut. Viitattu 30.4.2015. http://www.valmet.com/fi/home_suomi.nsf/WebWID/WTB-041026-2256F-F1D6A?OpenDocument

Valtonen, E. 2010. Tekniikan taulukkokirja. Mikkeli: Genesis-Kirjat Oy

Verkostoituneen tuotekehityksen taustaa. 2006. Viitattu 30.4.2015. http://www2.vtt.fi/proj/leanver/files/tuotekehitys_verkostossa.pdf

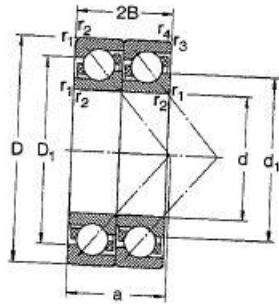
Liitteet

Liite 1. Ohjaustelan akselin mitoitus

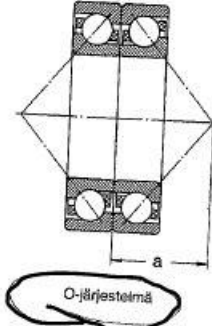
<u>Ohjaustelan akselin mitoittaminen</u>			
Halkaisija d	30 mm		
Pituus L	246 mm		
Kuormitus q	4000 N/m = 4 N/mm		
Kimmokerroin E	210000 MPa		
Neliömomentti I	$I = (\pi \cdot d^4) / 64$ (mm ⁴)	39760,78	mm ⁴
Taipuma f	$f = (q \cdot L^4) / (8EI)$ (mm)	0,22	mm
Taivutusjännitys σ	Varmuuskerroin 2	S355	
Sallittu jännitys σ_{sall}	$\sigma_{sall} = 355 \text{ N/mm}^2 / 2$	177,5	N/mm ²
Taivutusvastus W	$W = \pi \cdot d^3 / 32$ (mm ³)	2650,72	mm ³
Maksimimomentti M_{max}	$M_{max} = q \cdot L^2 / 2$ (Nmm)	121032	Nmm
Taivutusjännitys σ	$\sigma = M_{max} / W$ (N/mm ²)	45,66	N/mm ²
Taivutusjännitys σ	< Sallittu jännitys σ_{sall}	OK!	
Valitaan halkaisijaksi 30 mm			

Liite 2. Jarrutela laakeroinnit

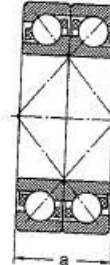
Yksiriviset viistokuulalaakerit,
pareittain asennus
d 12-70 mm



Peräkkäis-järjestelmä



C-järjestelmä



X-järjestelmä

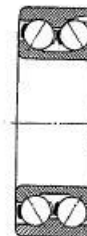
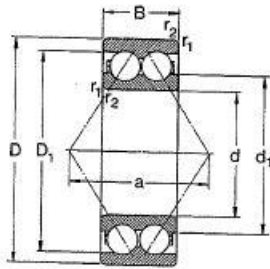
Päämitat Laakeripari			Kantavuusluvut Laakeripari		Väsymis- kuormitus- raja Laakeripari P_u	Pyörimis- nopeusrajat Laakeripari Voitelu rasva öljy		Massa Laakeri- pari	Merkintä Yksi laakeri ¹⁾
d	D	2B	dyn. C	staatt. C ₀		N	r/min		
12	32	20	12 400	7 650	325	15 000	20 000	0,072	7201 BECB
15	35	22	14 600	9 500	405	13 000	18 000	0,090	7202 BECB
	42	26	21 200	13 400					
17	40	24	17 800	12 200	520	11 000	16 000	0,13	7203 BECB
	47	28	26 000	16 600					
20	47	28	22 900	16 600	710	9 500	14 000	0,22	7204 BECB
	52	30	30 700	20 800					
25	52	30	25 100	20 400	850	8 500	12 000	0,26	7205 BECB
	62	34	42 300	31 000					
30	62	32	39 000	31 000	1 320	7 500	10 000	0,46	7206 BECB
	72	38	55 900	42 500					
35	72	34	50 700	41 500	1 760	6 300	8 500	0,56	7207 BECB
	80	42	62 400	49 000					
40	80	36	59 200	52 000	2 200	5 600	7 500	0,74	7208 BECB
	90	46	79 300	65 500					
45	85	38	61 800	56 000	2 400	5 300	7 000	0,84	7209 BECB
	100	50	97 500	81 500					
50	90	40	63 700	61 000	2 600	4 800	6 300	0,94	7210 BECB
	110	54	119 000	102 000					
55	100	42	78 000	76 500	3 250	4 500	6 000	1,25	7211 BECB
	120	58	138 000	120 000					
60	110	44	93 600	91 500	3 900	4 000	5 300	1,60	7212 BECB
	130	62	156 000	140 000					
65	120	46	108 000	108 000	4 450	3 600	4 800	3,50	7213 BECB
	140	66	174 000	160 000					
70	125	48	114 000	118 000	5 000	3 400	4 500	2,00	7214 BECB
	150	70	195 000	180 000					

¹⁾ Tilattaessa on mainittava laakerien kappalemäärä, ei laakeriparien määrää.

300

SKF

Kaksiriviset viistokuulalaakerit
d 10–60 mm



Rakenne A
 ml. laakerit 3207 ja 3305

Rakenne A
 suuremmat laakerit

Rakenne E

Aikaisempi rakenne
 (ei jälkimerkintää)

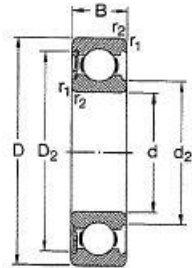
Päämitat			Kantavuusluvut		Väsymis- kuormitus- raja P_u	Pyörimis- nopeusrajat		Massa	Merkintä
d	D	B	dyn.	staatt.		Voitelu rasva	öljy		
mm			N	C_0	N	r/min	kg	-	
10	30	14	7 410	4 300	180	16 000	22 000	0,051	3200 A
12	32	15,9	10 100	5 600	240	15 000	20 000	0,058	3201 A
15	35	15,9	11 200	6 800	285	12 000	17 000	0,066	3202 A
	42	19	15 100	9 150	390	10 000	15 000	0,13	3302 A
17	40	17,5	14 000	8 650	365	10 000	15 000	0,096	3203 A
	47	22,2	21 200	12 500	530	9 500	14 000	0,18	3303 A
20	47	20,6	18 600	12 000	500	9 000	13 000	0,16	3204 A
	52	22,2	22 100	14 300	610	8 500	12 000	0,22	3304 A
25	52	20,6	20 300	14 000	600	8 000	11 000	0,18	3205 A
	62	25,4	31 200	20 800	880	7 500	10 000	0,35	3305 A
30	62	23,8	28 100	20 000	850	7 000	9 500	0,29	3206 A
	72	30,2	41 000	28 500	1 200	6 300	8 500	0,53	3306 A
	72	30,2	45 700	42 500	1 800	6 300	8 500	0,59	3306 E
35	72	27	37 100	27 500	1 180	6 000	8 000	0,44	3207 A
	80	34,9	48 800	34 000	1 460	5 600	7 500	0,73	3307 A
	80	34,9	53 900	51 000	2 160	5 600	7 500	0,79	3307 E
40	80	30,2	44 900	33 500	1 430	5 600	7 500	0,58	3208 A
	80	30,2	48 400	48 000	2 040	5 600	7 500	0,64	3208 E
	90	36,5	58 200	43 000	1 830	5 000	6 700	0,95	3308 A
	90	36,5	66 000	64 000	2 750	5 000	6 700	1,05	3308 E
45	85	30,2	47 500	38 000	1 600	5 000	6 700	0,63	3209 A
	85	30,2	50 100	53 000	2 240	5 000	6 700	0,69	3209 E
	100	39,7	72 100	73 500	3 100	4 500	6 000	1,40	3309
50	90	30,2	47 500	39 000	1 630	4 800	6 300	0,66	3210 A
	90	30,2	52 800	58 500	2 450	4 800	6 300	0,74	3210 E
	110	44,4	88 000	96 500	4 050	4 000	5 300	1,95	3310
55	100	33,3	57 200	67 000	2 850	4 300	5 600	1,05	3211
	120	49,2	95 200	108 000	4 550	3 800	5 000	2,55	3311
60	110	36,5	72 100	85 000	3 600	3 800	5 000	1,40	3212
	130	54	112 000	127 000	5 400	3 400	4 500	3,25	3312

312

SKF

Liite 3. Nippitela laakerit

Yksiriviset urakuulalaakerit
joissa tiivistyslevy(t)
d 17–30 mm



Yksi tiivistyslevy
rakenne RS1

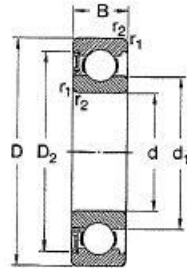


Kaksi tiivistyslevyä
rakenne 2RS1

Päämitat			Kantavuusluvut		Väsymis- kuormitus- raja P_u	Pyörimis- nopeusraja	Massa	Merkinnät	
d	D	B	dyn. C	staatt. C_0				Laakerit joissa yksi tiivistyslevy	kaksi tiivistyslevyä
mm			N		N	r/min	kg	-	
17	26	5	1 680	930	39	16 000	0,0082	61803-RS1	61803-2RS1
	30	7	4 360	2 320	98	14 000	0,018	61903-RS1	61903-2RS1
	35	10	6 050	3 250	137	13 000	0,039	6003-RS1	6003-2RS1
	35	14	6 050	3 250	137	13 000	0,052	-	63003-2RS1
	40	12	9 560	4 750	200	12 000	0,065	6203-RS1	6203-2RS1
	40	16	9 560	4 750	200	12 000	0,083	-	62203-2RS1
	47	14	13 500	6 550	275	11 000	0,12	6303-RS1	6303-2RS1
47	19	13 500	6 550	275	11 000	0,15	-	62303-2RS1	
20	32	7	2 700	1 500	63	13 000	0,018	61804-RS1	61804-2RS1
	37	9	6 370	3 650	156	12 000	0,038	61904-RS1	61904-2RS1
	42	12	9 360	5 000	212	11 000	0,069	6004-RS1	6004-2RS1
	42	16	9 360	5 000	212	11 000	0,086	-	63004-2RS1
	47	14	12 700	6 550	280	10 000	0,11	6204-RS1	6204-2RS1
	47	18	12 700	6 550	280	10 000	0,13	-	62204-2RS1
	52	15	15 900	7 800	335	9 500	0,14	6304-RS1	6304-2RS1
52	21	15 900	7 800	335	9 500	0,20	-	62304-2RS1	
25	37	7	4 360	2 600	125	11 000	0,022	61805-RS1	61805-2RS1
	42	9	6 630	4 000	178	10 000	0,045	61905-RS1	61905-2RS1
	47	12	11 200	6 550	275	9 500	0,080	6005-RS1	6005-2RS1
	47	16	11 200	6 550	275	9 500	0,10	-	63005-2RS1
	52	15	14 000	7 800	335	8 500	0,13	6205-RS1	6205-2RS1
	52	18	14 000	7 800	335	8 500	0,15	-	62205-2RS1
	62	17	22 500	11 600	490	7 500	0,23	6305-RS1	6305-2RS1
62	24	22 500	11 600	490	7 500	0,32	-	62305-2RS1	
30	42	7	4 490	2 900	146	9 500	0,027	61806-RS1	61806-2RS1
	47	9	7 280	4 550	212	8 500	0,051	61906-RS1	61906-2RS1
	55	13	13 300	8 300	355	8 000	0,12	6006-RS1	6006-2RS1
	55	19	13 300	8 300	355	8 000	0,16	-	63006-2RS1
	62	16	19 500	11 200	475	7 500	0,20	6206-RS1	6206-2RS1
	62	20	19 500	11 200	475	7 500	0,24	-	62206-2RS1
	72	19	28 100	16 000	670	6 300	0,35	6306-RS1	6306-2RS1
72	27	28 100	16 000	670	6 300	0,48	-	62306-2RS1	

Liite 4. Ohjaustela laakerit

Yksiriviset urakuulalaakerit
joissa pienikittainen tiivistyslevy(t)
d 30–100 mm



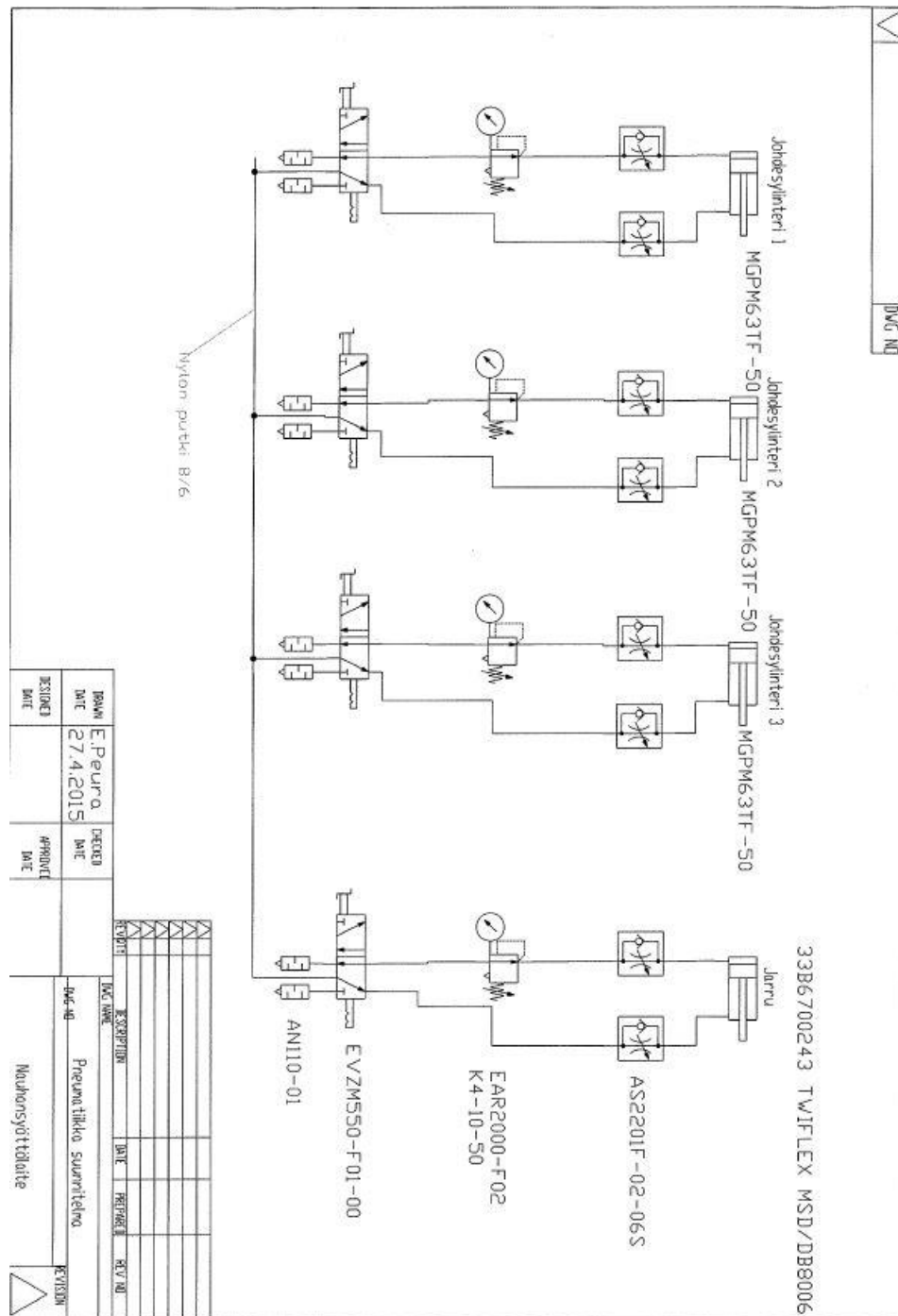
Yksi tiivistyslevy
rakenne RZ



Kaksi tiivistyslevyä
rakenne 2RZ

Päämitat			Kantavuusluvut		Väsymis- kuormitus- raja P_u	Pyörimis- nopeusrajat		Massa	Merkinnät	
d	D	B	dyn. C	staatt. C_0		Voitelu rasva	öljy		Laakerit joissa yksi tiivistyslevy	kaksi tiivistyslevyä
mm			N		N	r/min		kg	-	
30	42	7	4 490	2 900	146	15 000	18 000	0,027	61806-RZ	61806-2RZ
	47	9	7 280	4 550	212	14 000	17 000	0,051	61906-RZ	61906-2RZ
	55	13	13 300	8 300	355	12 000	15 000	0,12	6206-RZ	6206-2RZ
	62	16	19 500	11 200	475	10 000	13 000	0,20	6206-RZ	6206-2RZ
35	47	7	4 750	3 200	166	13 000	16 000	0,030	61807-RZ	61807-2RZ
	55	10	9 560	6 200	290	11 000	14 000	0,080	61907-RZ	61907-2RZ
40	52	7	4 940	3 450	188	11 000	14 000	0,034	61808-RZ	61808-2RZ
	62	12	13 800	9 300	425	10 000	13 000	0,12	61908-RZ	61908-2RZ
45	58	7	6 050	4 300	228	9 500	12 000	0,040	61809-RZ	61809-2RZ
	68	12	14 000	9 800	465	9 000	11 000	0,14	61909-RZ	61909-2RZ
50	65	7	6 240	4 750	250	9 000	11 000	0,052	61810-RZ	61810-2RZ
	72	12	14 600	10 400	500	8 500	10 000	0,14	61910-RZ	61910-2RZ
55	72	9	8 320	6 200	325	8 500	10 000	0,083	61811-RZ	61811-2RZ
	80	13	15 900	11 400	560	8 000	9 500	0,19	61911-RZ	61911-2RZ
60	78	10	8 710	6 700	365	7 500	9 000	0,11	61812-RZ	61812-2RZ
	85	13	16 500	12 000	600	7 500	9 000	0,20	61912-RZ	61912-2RZ
65	85	10	11 700	9 150	490	7 000	8 500	0,13	61813-RZ	61813-2RZ
	90	13	17 400	13 400	660	6 700	8 000	0,22	61913-RZ	61913-2RZ
70	90	10	12 100	10 000	540	6 700	8 000	0,14	61814-RZ	61814-2RZ
	100	16	23 800	18 300	900	6 300	7 500	0,35	61914-RZ	61914-2RZ
75	95	10	12 500	10 800	585	6 300	7 500	0,15	61815-RZ	61815-2RZ
	105	16	24 200	19 300	965	6 000	7 000	0,37	61915-RZ	61915-2RZ
80	100	10	12 400	10 800	585	6 000	7 000	0,15	61816-RZ	61816-2RZ
	110	16	25 100	20 400	1 020	5 600	6 700	0,40	61916-RZ	61916-2RZ
85	110	13	19 500	16 600	880	5 300	6 300	0,27	61817-RZ	61817-2RZ
90	115	13	19 500	17 000	915	5 300	6 300	0,28	61818-RZ	61818-2RZ
95	120	13	19 900	17 600	930	5 000	6 000	0,30	61819-RZ	61819-2RZ
100	125	13	19 900	18 300	950	4 800	5 600	0,30	61820-RZ	61820-2RZ

Liite 5. Nauhansyöttölaiteen pneumatiikkakaavio ja osaluettelo

**Pneumatiikka osaluettelo**

Nimitys	Mallin nro.	Kpl	Muuta
Johdesylinteri	MGPM63TF-50	3	
Levyjarru Twiflex	33B6700243 TWIFLEX MSD/DB8006	1	Konaflex
Vastusvastaventtiili	AS2201F-02-06S	8	
Paineensäädin	EAR2000-F02	4	
5/2 Suuntaventtiili	EVZM550-F01-00	4	
Painemittari	K4-10-50	4	
Äänenvaimennin	AN110-01	8	
Letku	Polyamidi sisähalk 6mm	1	10m

Liite 6. SMC:n MGP johdesylinteri

MGP

Johteilla varustettu kompaktisylinteri

Sylinterivoima (N)  Ulosliike  Sisäänliike

Syl. Ø (mm)	Männän- varsi Ø (mm)	Liike- suunta	Männän ala (mm ²)	Työpaine (bar)									
				2	3	4	5	6	7	8	9	10	
12	6	Ulos	113	23	34	45	57	68	79	90	102	113	
		Sisään	85	17	26	34	43	51	60	68	77	85	
16	8	Ulos	201	40	60	80	101	121	141	161	181	201	
		Sisään	151	30	45	60	76	91	106	121	136	151	
20	10	Ulos	314	63	94	126	157	188	220	251	283	314	
		Sisään	236	47	71	94	118	142	165	189	212	236	
25	12	Ulos	491	98	147	196	246	295	344	393	442	491	
		Sisään	378	76	113	151	189	227	265	302	340	378	
32	16	Ulos	804	161	241	322	402	483	563	643	724	804	
		Sisään	603	121	181	241	302	362	422	483	543	603	
40	16	Ulos	1257	251	377	503	628	754	880	1005	1131	1257	
		Sisään	1056	211	317	422	528	633	739	844	950	1056	
50	20	Ulos	1963	393	589	785	982	1178	1374	1571	1767	1963	
		Sisään	1649	330	495	660	825	990	1155	1319	1484	1649	
63	20	Ulos	3117	623	935	1247	1559	1870	2182	2494	2805	3117	
		Sisään	2803	561	841	1121	1402	1682	1962	2242	2523	2803	
80	25	Ulos	5027	1005	1508	2011	2514	3016	3519	4022	4524	5027	
		Sisään	4536	907	1361	1814	2268	2722	3175	3629	4082	4536	
100	30	Ulos	7854	1571	2356	3142	3927	4712	5498	6283	7069	7854	
		Sisään	7147	1429	2144	2859	3574	4288	5003	5718	6432	7147	

Liite 7. Twiflex levyjarru

Twiflex Limited 30 January 2015
 Twiflex Computer Aided Brake Selection, for web tension control
 Assumed ambient temperature 30 Deg.C

User-controlled selection
 Maximum web tension (N) = 600
 Minimum web tension (N) = 20
 Maximum reel diameter (mm) = 200
 Minimum reel diameter (mm) = 200
 Web speed (m/s) = 4.1666

S E L E C T I O N

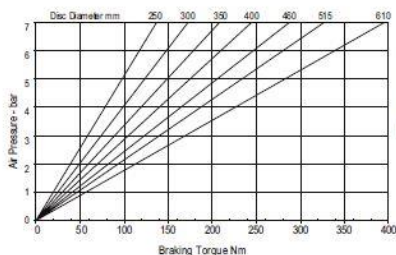
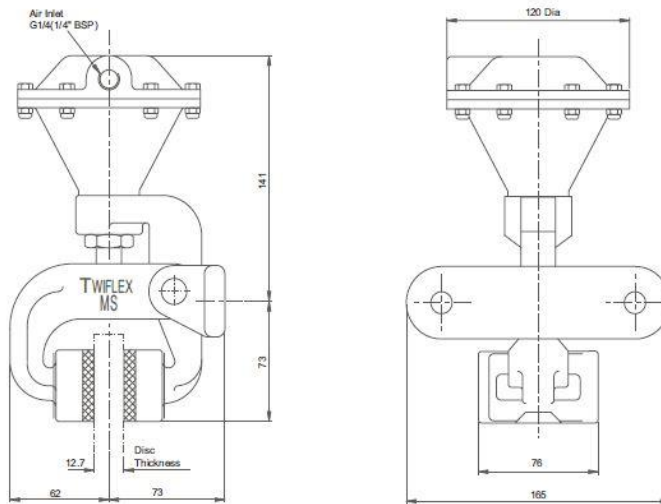
1 model MSD caliper(s)/disc
 2 disc(s) 250 diameter x 12.7 mm thick
 Braking torque range - maximum value (Nm) = 60
 Approx fluid pressure required (bar) = 2.22
 Braking torque range - minimum value (Nm) = 2
 Approx fluid pressure required (bar) = .07
 The wide torque range requires that the number of calipers in operation be reduced for small spool diameters and/or low tensions.
 Estimated braking path temperature (Deg C) = 245
 Estimated brake pad life (hours) = 190
 Mean power dissipation (kW) = 2.49996
 Mean specific power dissipation (kW/cm2) = 2.155138E-02
 Maximum rubbing speed (m/s) = 3.979103
 Reference PEURA3
 CABS version 4.8 ,Copyright Twiflex Ltd 2000.
 Licensed to TWIFLEX Internal



MSD Disc Brake Caliper - Pneumatically Applied, Spring Released

Nominal dimensions given
 For caliper dimensions see DS1500

DS1502



Weight (caliper and thruster) - 2.5kg
 (thruster only) - 1.0kg
 Volume displacement of thruster at full stroke is 150ml.
Maximum pressure 7 bar
Maximum Braking Force = 1.44kN @ 7 bar

STANDARD BRAKE DISCS and HUBS		DB 5002											
		Issue 6	Date: Dec 1989										
BRAKE DISCS													
MATERIAL: S.G. IRON S5279B - SNG420/12 MACHINED ALL OVER		Thickness variation of disc flange: 0.05mm total variation Surface finish 2µm (0.002mm) = 80 micro-inch or better.											
Table 1 Range of 12.7mm thick Brake Discs													
Nominal Diameter (mm)	Nominal Diameter (inch)	Part No.	A	B	C*	D	E	F	G	H	WR ² (kgm ²)	Weight (kg)	Max. Safe Disc Speed (rev/min)
250	10	6830261	250	128	30	116	120.0	12.7	6.0	36	0.04	4.0	6500
300	12	6830259	305	166	51	140	148.0	12.7	12.7	41	0.09	7.3	6000
350	14	6830085	356	210	76	171	184.1	12.7	15.9	54	0.17	10.9	5100
400	16	6830138	406	260	102	222	234.9	12.7	12.7	54	0.28	14.1	4400
460	18	6830080	457	311	102	273	285.7	12.7	15.9	54	0.48	19.1	3900
515	20 1/4	6830005	514	368	102	336	349.2	12.7	15.9	54	0.75	22.7	3500
610	24	6830081	610	464	102	425	438.1	12.7	15.9	54	1.57	33.0	2900
710	28	6830114	711	565	102	527	539.7	12.7	19	54	3.20	52.3	2500
810	32	6830125	813	660	102	593	609.6	12.7	25.4	54	6.57	85.5	2200
915	36	6830142	914	762	102	695	711.2	12.7	25.4	54	10.80	110.9	1900

*Nominal minimum diameters as shown. Bored and drilled to requirements at extra cost.

Liite 8. Kokoonpano kuvat nauhansyöttölaitteesta

