

Mikko Heikkilä
Kone- ja laiteautomaatio
Tampereen ammattikorkeakoulu

Opinnäytetyö

**Paperikoneen levitystelojen huoltotyön suunnittelu ja työssä
käytettävien työvälineiden ja menetelmien modernisointi.**

Esko Kurki MSc, Lic. Tech.
Senior Lecture (Tampere Polytechnic University)

Telatek Nokia Oy, Markku Falck kokoonpanopäällikkö
10/2011

Tiivistelmä

Tampereen ammattikorkeakoulu,
Kone- ja laiteautomaation koulutusohjelma

Mikko Heikkilä:

Paperikoneen levitystelojen huoltotyön suunnittelu ja työssä käytettävien työvälineiden ja menetelmien modernisointi.

Opinnäytetyö s32, liitteet s.13

10/2011

Lopputyön aiheena oli levitystelojen huoltotyön suunnittelu ja ohjeistus. Tavoitteina oli saada työpisteet ja työvälineet suunniteltua niin, että työvaiheista tulisi turvallisempia ja työn tehokkuus paranisi.

Lopputyössä perehdyttiin telojen huoltoprosessin eri vaiheisiin aina hallin layoutista yksittäisiin työvälineisiin asti. Pääpainon lopputyössä sai kuitenkin vaippaholkkien purkutyövaihe, johon suunniteltiin uudentyyppinen ulosvetolaite. Laite parantaa työn tehokkuutta huomattavasti vanhoihin menetelmiin verrattuna.

Telojen huoltoa varten suunniteltiin uudelleen työpisteet sekä niiden sijoittelu, nostovälineet, prässäystyövälineet sekä tehtiin telojen purkutyöohjeet ja tarkastuskortit.

Tämä on opinnäytetyön julkinen versio. Opinnäytetyön liitteet ovat luottamuksellisia, eikä niitä ole esitetty työn julkisessa versiossa.

Avainsanat : Levitystela, ulosvetolaite, koneenpiirtäminen.

Abstract

TAMK University of Applied Sciences

Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

Mikko Heikkilä:

Planning of the maintenance work of the spreading rollers of the paper machine and modernization of the tools and methods which are used in the work.

Bachelor's thesis 32 pages, appendices 13 pages

10/2011

The target of the diploma work was to plan the maintenance work of spreading rollers and create proper instructions for that. The main objective was to plan posts and tools so that work stages would become safer and the effectiveness of the work would improve.

The entire roller maintenance process was studied starting from the layout of the hall and ending up to individual tools. The diploma work focuses on the dismantling stage of diaper sleeves and a new type of pulling tool was designed for that purpose. The new device considerably improves the effectiveness of the work compared to old methods.

As a result of the diploma work new posts and their placing, new lifting tools and pressing tools were designed for the roller maintenance work. Also work instructions and inspection cards were made for the roller dismantling work.

This is a public version of the thesis. The thesis includes also confidential information that is not presented in this public version.

Keywords: spreading roller, pulling tool, machine drawing

Alkusanat

Opinnäytetyö on tehty Tespal Oy:llä Nokialla. Lopputyön tarkastajana on ollut Esko Kurki Tampereen ammattikorkeakoulusta. Hänelle kiitokset mielenkiinnosta työtä kohtaan. Työn ohjaajaa, kunnossapitopäällikkö Markku Falcia haluan kiittää saamastani aiheesta ja neuvoista sekä tämän työn tekemisen mahdollistamisesta. Lisäksi haluan kiittää niitä kaikkia henkilöitä, jotka ovat auttaneet tavalla tai toisella tähän työhön liittyvissä asioissa.

Tämän opinnäytteen valmiiksi saattaminen oli pitkä prosessi. Aihe oli aluksi laajahko, mutta kun tavoitteet selvitettiin tarkemmin, tavoite täsmentyi. Opinnäytteen alkuvaihe oli intensiivinen ja se vaati paljon omaa aktiivisuutta. Lähdemateriaaleja oli käytössä niukasti ja suurin osa työn alkuvaiheesta meni suunnittelussa ja palavereissa. Kirjoitustyön alkuvaiheessa oli hankala saada kunnon otetta työstä, sillä työni vuoksi jouduin matkustelemaan runsaasti ja opinnäytetyön tekeminen venyi. Vaikeudet olivat kuitenkin voitettavissa, josta on osoituksena tämä arvosteltavaksi kelpaava lopputyö.

Orivedellä 16.09.2011

Sisältö

Tiivistelmä	2
Abstract	3
Alkusanat	4
1 Johdanto	6
2 Työn tavoite ja tarkoitus.....	7
3 Lähtökohta.....	8
4 Levitystelan rakenne ja käyttö	9
5 Kokoonpanohallin layout suunnittelu	10
6 Nostoapuvälineet.....	11
7 Prässästyövälineet	12
8 Imupöydän ja imulaitteiston suunnittelu ja valmistaminen	14
9 Ulosvetolaitteen suunnittelu.....	16
9.1 Lähtökohdat	16
9.2 Tehontarpeen määrittely.....	17
9.3 Voimanlähteiden vertailua.....	18
9.4 Moottori ja vaihde	18
9.5 Laitteen rungon valmistaminen	20
9.6 Akseli ja laakerointi	22
9.7 Sähköjärjestelmä.....	27
10 Ulosvetolänkien kehittäminen vaippaholkkien irrotukseen	27
11 Työohjeiden laatiminen.....	30
12 Pohdinta	30
Lähteet.....	32
Liite 1.	33
Liite 2.	34
Liite 3.	35
Liite 4.	36
Liite 5.	37
Liite 6.	38
Liite 7.	39
Liite 8.	40
Liite 9.	41
Liite 10.	42
Liite 11.	43
Liite 12.	44

1 Johdanto

Paperikoneessa käytettäviä levitysteloja on huoltanut yritys nimeltä Finbow. Tilausmäärän kasvaessa yritys siirsi osan huolloista aliurakointina yrityksellemme (Telatek Nokia Oy). Tämän vuoksi yrityksessämme täytyi suunnitella telojen purku- ja huoltopisteet, laatia työohjeet sekä uudistaa ja parannella työssä käytettäviä työkaluja ja välineitä.

Tärkeimmäksi kehityshankkeeksi nousi työvaihe, jossa levitysteloja puretaan. Siinä on aikaisemmin käytetty hidasta ja vaikeaa ulosvetomenetelmää. Tähän työvaiheeseen kehiteltiin aivan uudentyypinen ja ainutlaatuinen ulosvetolaite, jolla työ saatiin helpommaksi ja samalla työhön kuluva aika pieneni huomattavasti. Suunnittelu aloitettiin siitä, mitä vaatimuksia ja tarpeita työvaihe asettaa laitteelle ja kuinka suunniteltavaa laitetta voisi hyödyntää muissakin työvaiheissa. Lopputuloksena syntyi sähkömoottorilla ja kartiokulmavaihteella varustettu vinssin tyylinen siirrettävä ulosvetolaite, jolla voidaan poistaa akselilta vaippaholkit sekä kannattimet yhtäjaksoisesti vetämällä.

Työhöni sisältyi myös vaippaholkkien ulosvetovaiheessa holkkien ulkopinnasta tarttumiseen tarkoitettujen länkien sekä nostoapuvälineiden suunnittelu ja niiden toteutus. Aikaisemmin käytössä on ollut useita raskaita sekä tilaa vieviä työvälineitä. Suunnittelun lähtökohtana oli löytää sellaisia työmenetelmiä ja suunnitella työvälineet niin, että samoilla työkaluilla voitaisiin tehdä useamman eri telakoon työvaiheita, mikä säästäisi aikaa ja varastointitilaa. Lisäksi modernisoitiin erilaisia laakereiden poistossa käytettäviä nosto- ja painintyökaluja.

Kokoonpanohallin tilajärjestelyjä muutettiin siten että, hallin keskelle varattiin telojen kuormausta ja purkua varten oma alue sekä osien pesukoneen läheisyyteen rakennettiin telojen huoltopiste. Sinne hankittiin puominostin sekä hiontapisteeseen imupöytä tarvittavine varusteineen. Työohjeet ja dokumentointi muutettiin vastaamaan Telatek Nokia Oy:n tarpeita ja Finbow Oy:n standardeja sekä yleisiä turvallisuus normeja.

2 Työn tavoite ja tarkoitus

Opinnäytetyö tehdään Telatek Nokia Oy:lle Nokialle. Yritys on erikoistunut paperi- ja metalliteollisuuden huolto- ja modifikaatiotöihin, jotka suoritetaan asiakkaan tuotantolaitoksissa, joita ovat esim. paperitehtaat. Yrityksellä on myös kokoonpanohalli Nokialla, jossa tehdään kokoonpano- ja huoltotöitä. Lopputyön varsinaisena työkohteena ovat nimenomaan kokoonpanotilat, jonne suunnitellaan tulevan levitysteloja huoltoon Finbow Oy:ltä.

Lähtökohtana lopputyön tekemiselle oli uudenlaisen huoltotyön tilaus yritykseltä, mikä johti työvälineiden, työohjeiden ja hallin layoutin uudelleensuunnitteluun. Suunnittelussa paneuduttiin erityisesti uudentyypisen ulosvetolaitteen kehittelyyn ja rakentamiseen. Ulosvetolaitteen suunnittelussa tehtiin yhteistyötä Finbow Oy:n kanssa, joka valmistaa ja huoltaa kyseisiä levitysteloja. Telojen suuri kokovaihtelu tuo oman haasteensa suunnittelulle ja hallin layoutin onnistumiselle.

Tässä työssä minulla oli vastuu Telatek Nokia Oy:n kokoonpanohallin tilojen ja työvälineiden suunnittelusta niiltä osin, kuin se koski levitystelojen purkamista ja huoltoa. Lisäksi vastasin ulosvetolaitteen suunnittelusta ja toteutuksesta lukuun ottamatta sähkötöitä. Markku Falc tuki ja ohjasi minua suunnittelutyössä. Finbow Oy:stä annettiin ohjeita telojen purkutyövaiheisiin ja dokumentointiin.

3 Lähtökohta

Finbow Oy on valmistanut ja huoltanut teloja aikaisemmin ja nyt työtä osittain siirretään alihankintaan Tespal Oy:lle. Työn ohjeistuksen ja vaiheiden suunnittelun lisäksi opinnäytetyössä keskitytään uudistamaan telojen purkuprosessia. Suunnittelussa lähdettiin liikkeelle työn nopeuttamisesta ja yksinkertaistamisesta.

Telojen purkuun on aikaisemmin käytetty käsikäyttöistä hydraulista tunkkia, jonka iskunpituus on 300 mm ja veto on välitetty kahdella lenkkiketjulla ulosvetopantaan (kuva 1). Tunkin iskun ollessa näin lyhyt ja joissakin teloissa ulosvetomatka voi olla useita metrejä, joudutaan vanhalla tavalla tekemään monta tunkkausta ja kiinnitystä, joka on vienyt paljon aikaa. Myös vaippaholkien ulosvetoon on ollut useita raskaita työkaluja erikseen jokaiselle telakoolle.



Kuva 1. Finbow Oy:llä aikaisemmin käytössä ollut työmenetelmä telojen purkamiseksi. Kuvassa näkyy myös vaippaholkin ulosvetoon tarkoitetut länget

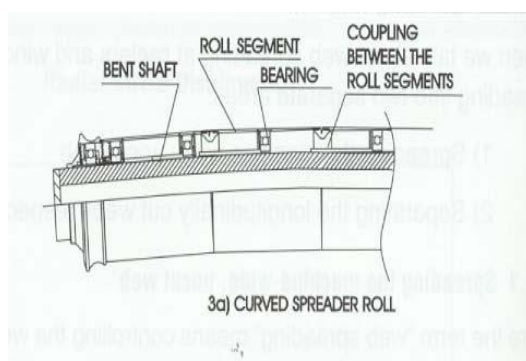
Finbow Oy:n telojen purkuun, työmenetelmiin ja työkaluihin tutustuttiin, ja tämän jälkeen aloitettiin uuden ulosvetolaitteen suunnittelu. Tavoitteena oli kehittää ulosvetolaite, joka pystyisi suorittamaan toimenpiteen yhtäjaksoisesti, riippumatta siitä onko matka 200 mm vai 10 m. Lisäksi tavoitteena oli kehittää koko purkuprosessia tehokkaammaksi niin, että työhön tarvitaan vähemmän aputyökaluja, aikaa ja tilaa.

4 Levitystelan rakenne ja käyttö

Levitysteloja (kuva 2) käytetään paperiteollisuudessa paperiradan levittämiseen ja ryppyjen oikaisuun. Tavallisesti telan kaarevuus on 0,05 % - 0,5 % paperiradan leveydestä. Telan asentoa muuttamalla paperirataan nähden saadaan muutettua kosketuspintaa ja -kulmaa, jolla saadaan aikaan erilainen levitysteho. Telan kulman säätö tapahtuu säätökannattimien sisäänrakennetun kääntömekanismin avulla joko manuaalisesti tai koneellisesti kauko-ohjauksella. Telojen pituudet vaihtelevat 5 m jopa 15 m asti ja halkaisijat voivat olla 225 mm – 450 mm. Telojen akselin perusraaka-aine on teräs, mutta pintamateriaaleina voi olla alumiini, teräs tai haponkestävä teräs. Pinta voi olla sileä tai uritettu sekä pinnoitettu erilaisilla menetelmillä. Tyypillisimpiä pinnoitusmateriaaleja ovat kovakromaus, teflonpinnoitteet ja kumivaippa.



Kuva 2. Levitystela (www.finbow.fi)



Kuva 3. Levitystelan rakenne (Valtanen, 1997.)

Telan rakenne koostuu kolmesta pääosasta, säätökannattimista, kaarevasta akselista sekä vaippaholkeista. TELA kiinnitetään paperikoneen runkoon säätökannattimista. Akseli on kiinteästi kannattimissa ja holkit pyörivät akselin ympärillä (kuva 3.). Telan ulkokuori koostuu useammasta segmentistä, joita kutsutaan vaippaholkeiksi. Jokainen vaippaholkki on laakeroitu erikseen akselille ja niitä yhdistää kytkin. Vaippaholkit voivat olla vapaasti paperiradan mukana pyöriviä, mutta useimmissa on joko kiilahihna- tai hammashihnakäyttö, jotta telan pyörimisnopeutta voidaan säätää.

Tavallisesti tela pyörii paperiradan kanssa samaa nopeutta, toisinaan taas levitysteloja ajetaan jopa 5 % rataa nopeammin tai hitaammin. Telan säätö tapahtuu telan kaarevuuden lakipisteen kulmaa säätämällä suhteessa paperiradan kosketuskulmaan. Säätö tapahtuu telan kiinnityspukkien sisässä olevalla hammasvälityksellä, jolla käännetään akselia rataan nähden. Mitä lähempänä telan lakipistekulma on paperiradan suuntaan nähden, sen pienempi on levitysteho. Maksimiteho saadaan 90 asteen kulmassa.

5 Kokoonpanohallin layout suunnittelu

Layoutin suunnittelussa lähdettiin liikkeelle kartoittamalla levitystelan purkamisen eri vaiheet.

- rekasta purku nosturilla
- pakkauksesta poisto ja dokumentointi
- nosto huoltopukeille nosturilla
- telan purku
 - laakereiden irrotus
 - vaippaholkkien ulosveto
- laakereiden prässäys irti vaippaholkista
- osien pesu ja merkkkaus
- osien pakkaus lavoille

Kuljetuskalustosta purku tapahtuu hallin sisätiloissa joten sille on oltava varattuna erillinen kuormausalue, koska kuormaaminen ja purkaminen sekä telojen nostaminen pois kuljetuslaatikoista vaativat katonosturin käyttöä. Kuljetuslaatikot ja kuormausalue veivät miltei kokonaan kaiken tilan, mitä telojen huoltoon oli varattu. Kuormausaluetta saatiin pienemmäksi sillä, että telat toimitetaan traktorivetoisella kärryllä eikä rekalla.

Pakkauslaatikoista tehdään sellaisia, että niihin mahtuvat yleisimmät telakoot, joten laatikoita tarvitaan kiertoon vähemmän ja laatikoiden säilytystarve pienenee. Telojen käsittely ja huolto sekä huollon aikainen akseleiden säilytys tapahtuvat huoltopukeilla, jotka ovat metallista valmistettuja irrallisia A-pukkeja. Mikäli teloja on vain muutama yhtä aikaa työn alla, on pukkeja helppo siirrellä sivuun ja saadaan tilaa muuhun käyttöön.

Vaippaholkkien käsittelyssä tarvitaan nostinta, joten pesukoneen ja prässin on oltava mahdollisimman lähekkäin. Nykyinen pesukone vastasi kapasiteetiltaan tulevaa kuormitusta, joten se päätettiin jättää paikoilleen ja rakentaa muut työpisteet sen ympärille. Laakerin irrotuksen jälkeen vaippaholkista voidaan joutua hiomaan sisäpinnoille kertynyttä ruostetta ja likaa. Tätä työvaihetta varten suunniteltiin hiontatyöpiste pesukoneen ja prässin läheisyyteen.

Hallissa on yksi katonosturi, jolla teloja voi nostaa ja siirtää, mutta huomattiin, että vaippaholkkien siirrossa nosturi olisi liikaa kiinni vain tässä työvaiheessa ja raskas katonosturi on liian kömpelö pienempien kappaleiden jatkuvaan siirtelyyn. Ratkaisuna päätettiin hankkia puominosturi tähän tarkoitukseen. Puominosturi sijoitettiin niin, että painavien kappaleiden kaikki siirrot akseliilta irrottamisen jälkeen voidaan tehdä sillä.

Suunnittelussa oli otettava huomioon, että kokoonpanohallissa tehdään samaan aikaan myös muita asennustöitä, joihin tarvitaan näitä samoja koneita. Liitteessä 1 näkyy lopullinen suunnitelma kokoonpanohallin huoltotiloista.

6 Nostoapuvälineet

Työskenneltäessä suurien kappaleiden kanssa täytyy osien siirtelyssä käyttää aina nostinta. Suurimpien telojen laakeripesät ja vaippaholkit laakereineen painavat useista kymmenistä kiloista satoihin kiloihin. Sylinterimäisten kappaleiden nostaminen ei ole helppoa, koska kappaleissa ei ole tartuntapintaa ja vaippaholkkien ulkopintaan ei saa tulla naarmuja eikä jälkiä.

Työvaiheita, joissa kappaleita siirretään ja nostetaan, tulee työn aikana useita. Näitä työvaiheita varten suunniteltiin erilaisia nostoapuvälineitä nopeuttamaan työn edistymistä ja luomaan turvallisempaa työympäristöä. Vaippaholkkeja säilytetään työn aikana pystyssä, joten nostonkin tulisi onnistua pystyasennossa, jotta välttyttäisiin turhilta kääntelyiltä ja ylimääräisiltä työvaiheilta.

Aluksi tutustuttiin Finbow Oy:llä käytössä oleviin menetelmiin ja nostoapuvälineisiin. Käyttäjää haastateltiin heidän kokemuksistaan ja tiedusteltiin samalla parannusehdotuksia. Eri työmenetelmiä havainnollistettiin paikan päällä ja kokeiltiin nostoapuvälineitä. Joidenkin nostoapuvälineiden huomattiin soveltuvan suoraan tarpeisiimme ja joissakin kohdin teimme parannuksia Finbow Oy:llä käytössä oleviin malleihin.



Kuva 4. Finbow Oy:llä käytössä oleva tarrain jota käytimme suunnittelun perustana.

Vaippaholkkien nosteluun oli Finbow Oy:llä käytössä saksitoiminen tarrain, jonka alaosassa olevat levyt ulkonevat nostettaessa keskellä olevasta nostosilmukasta (kuva 4). Holkin sisäpinnassa on lukitusura Segerrenkaalle. Holkkien nosto tapahtuu asettamalla tarrain holkin sisälle lukitusuran kohdalle. Kevyesti kädellä auttaen liukuvat levyt uraan ja pitävät holkin suorassa. Mitä kovempi on nostorasitus, sitä paremmin levyt painautuvat uran pohjalle. Näin holkkeja voidaan nostaa pystyasennossa ja käsittely on helppoa ja turvallista.

Koska nostoväline perustuu holkin sisäpinnan myötäilemiseen, sillä pystytään käsittelemään vain säteeltään samankaltaisia kappaleita. Pienempien holkkien käsittely sujuu vaivatta käsivoimin. Suuremmat holkit jaettiin halkaisijansa perusteella useaan ryhmään ja tehtiin erikokoisia tarraimia. Tarraimien ulokelevyjen säde mitoitettiin vastaamaan jokaisen kokoluokan pienimmän holkin sädettä. Kokeilujen perusteella löydettiin kokoluokat, joissa tarrainten ulokelevyt osuivat uraan riittävän suurelta pinta-alalta, jotta nosto olisi turvallinen. Lopputuloksena päädyttiin kolmeen kokoluokkaan (180–250 mm, 260–350 mm, 360–450 mm) ja niitä vastaaviin tarraimiin.

7 Prässäystyövälineet

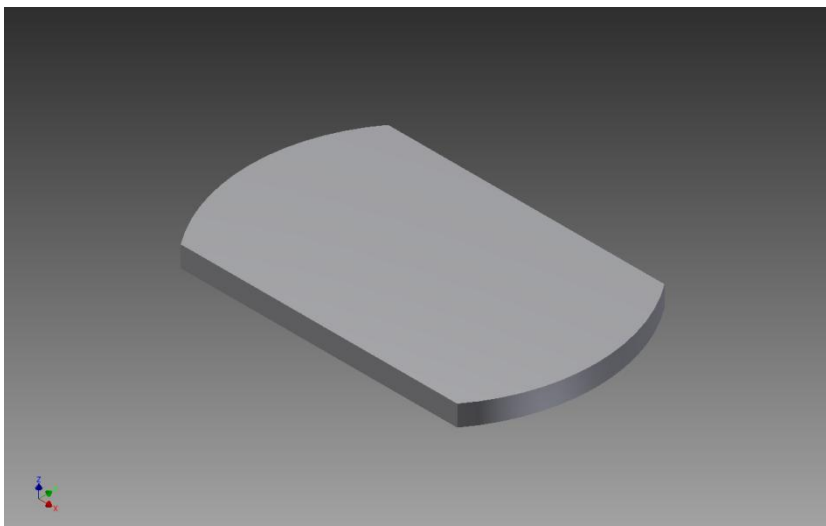
Vaippaholkkien rakenne koostuu kolmesta pääelementistä: ulkokuoresta eli vaipasta, laakereista ja sisimpänä olevasta akseliholkista. Ensimmäisenä työvaiheena painetaan vaippaholkin sisältä laakeri ja akseliholkki pois ja toisessa vaiheessa painetaan laakeri irti akseliholkilta. Tässä työvaiheessa tarvitaan hydraulistoimista ja kiinteärunkoista tunkkia, jota kutsutaan prässiksi. Präksi vaatii erilaisia aputyövälineitä, jotta erikokoisten laakereiden irrottaminen onnistuisi.

Prässäystyövälineitä kehiteltiin läpi koko projektin ja käytössä oli useita erilaisia variaatioita. Kaikissa prässäystyövälineissä ongelmaksi muodostui työkappaleiden koon vaihtelu. Ei ollut tarkoituksenmukaista valmistaa jokaiselle laakerille ja holkikoolle omia työvälineitä, koska raskaita työvälineitä olisi tullut niin paljon, että niiden säilytys olisi ollut miltei mahdotonta.

Laakereiden irrottamiseksi vaippaholkilta tarvittiin ainoastaan laakerin kokoiset levyt, jotta voima saatiin vaikuttamaan tasaisesti ja laakeri liikkuu suorassa. Perusprässipalat suunniteltiin telan laakerikokojen mukaan. Laakerit jaettiin kolmeen ryhmään halkaisijoiden perusteella ja näihin mitoitettiin sopivat painotyökalut (taulukko 1). Ensimmäin käytettiin täyden ympyrän muotoisia levyjä, joita myöhemmin kevennettiin painon ja käsiteltävyyden vuoksi (kuva5).

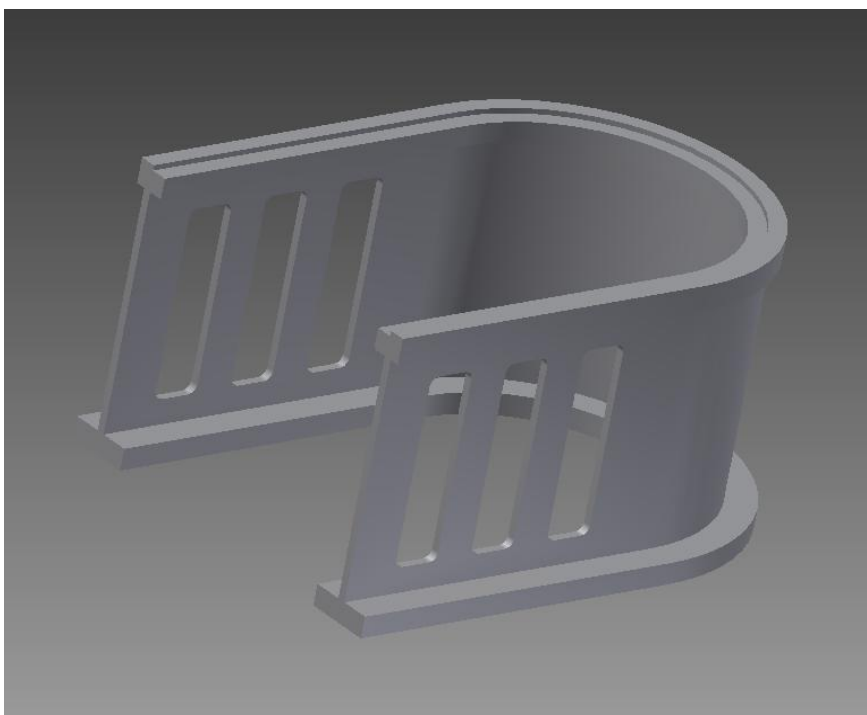
Taulukko 1. Laakerien koot ja ryhmittely.

laakerin koot ja mitat	numero	ulkohalk.	sisä halk.
	16028	210	140
	61832	200	160
	61834	215	170
	61934	230	170
	61836	225	180
	61936	250	180
	painin 1 halkaisija 190mm	16036	280
	61938	260	190
	16040	310	200
	61844	270	220
	61944	300	220
	16044	340	220
	61848	300	240
	61948	320	240
	painin 2 halkaisija 250mm	16048	360
	61852	320	260
	16052	400	260
	61856	350	280
	painin 3 halkaisija 310 mm	61860	380



Kuva 5. Mallinnettu kuva kevennetystä laakerinirrotuslevystä.

Jotta laakeri saadaan pois akseliholkilta, on akselia painettava alaspäin laakerin sisältä. Tämä työvaihe tarvitsee sellaisen työkalun, joka mahdollistaa akseliholkin asettumisen pystyyn ja tukipinnan kohdistuvan laakerin alle. Suunnittelun lähtökohtana oli, mitkä kaikki koot voidaan tehdä samoilla työkaluilla ja kuinka monet työkalut valmistetaan. Suunnittelussa päädyttiin kokeilemaan yhtä järeää pukkia, johon tehdään holkkikauluksia erikokoisille laakereille (kuva 6). Pukin yläpinnassa oleva ura pitää holkkikaulukset paikoillaan työvaiheen aikana. Pukista tehtiin U-muotoinen jotta laakeri ja akseli holkki saadaan helposti asetettua paikoilleen. Yhden pukin valmistaminen tuli huomattavasti edullisemmaksi valmistaa, kuin joka koolle tehty erillinen painotyökalu, ja samalla säästyy tilaa.



Kuva 6. Laakerinirrotuspukki.

8 Imupöydän ja imulaitteiston suunnittelu ja valmistaminen

Vaippaholkkien sisäpintaan on saattanut kertyä likaa ja ruostetta paperikonesalin yleisen kosteuden ja pölyisyyden seurauksena. Purkuvaiheiden jälkeen vaippaholkkien sisäpuolet hiotaan puhtaaksi mahdollisista laakereiden liimauksesta jääneistä aineista ja ruosteesta ennen niiden pesua.

Hiontatyövaihe on pölyinen ja mahdolliset liimajäämät ovat terveydelle haitallisia.

Hiontatyövaihetta varten piti suunnitella erillinen hiontatile. Suunnittelussa harkittiin erillistä hiontahuonetta, josta pöly ei pääsisi muuhun työtilaan. Tämä osoittautui kuitenkin liian kalliiksi ratkaisuksi ja raskaiden holkkien siirtely huoneista toiseen olisi tuottanut ongelmia.

Suunnittelussa keskityttiin erillisen työpisteen kehittelyyn, josta riittävällä kohdeilmanpoistolla saataisiin työvaiheeseen soveltuva ja turvallinen.

Työpiste kannattaa sijoittaa lähelle pesu- ja prässäyspistettä, joten samaa nostinta, joka on tarkoitettu prässille, voitaisiin käyttää kappaleiden liikutteluun. Kohdeilmanpoistossa päädyttiin ratkaisuun, jossa työpisteeseen sijoitetaan imupöytä ja erillinen sähköpuhallin huolehtimaan tarvittavasta ilmanpoistosta. Kappaleiden siirtelyä työvaiheen aikana helpotettiin imupöydän päälle ja sen viereen ulottuvalla rullaradalla, joka mahdollistaa kappaleiden horisontaalisen liikuttelun ja pyörittämisen vaivattomasti (kuva 7).



Kuva 7. Hiontapiste ja rullarata.

Imupöydän ja puhaltimen mitoituksessa käännyttiin puhallinvalmistajan puoleen. Imupöydän paikan ollessa tiedossa voitiin helposti laskea putkiston pituudet. Suodatinyksikkö sijoitettiin lähelle imupöytää putkiston pituuden minimoimiseksi. Itse imupuhaltimelle löytyi paikka ulkoa lämpökeskuksen katolta, jossa se olisi suojassa sekä helposti huollettavissa (kuva 8).



Kuva 8. Puhallinyksikkö.

Valmistajalta saatiin suunnitelmien mukaan putkien halkaisijat ja virtausnopeudet. Putkiston halkaisijaksi tuli 200 mm ja puhaltimen jälkeen laitettiin äänenvaimennus sekä poistoputkea 2 m. Käytännössä imuteho ei kuitenkaan ollut riittävä. Ensin tutkittiin puhaltimen tehon riittävyyttä ja pyörimisnopeuksien säätämisen mahdollisuutta, lopulta huomattiin, että puhaltimessa olisi resursseja suurempaakin kapasiteettiä ja pyörimisnopeus on optimaalinen. Virtausnopeutta mitattiin sekä ennen suodatinta että sen jälkeen ja imupöydän päällä. Mittauksissa huomattiin putkiston olevan halkaisijaltaan liian pieni ja kaikki putket vaihdettiin halkaisijaltaan 300 mm. Samalla tehtiin putkisto, joka kiertää puhaltimelta takaisin sisätilaan, jotta saadaan talvella lämmin ilma puhallettua takaisin sisälle. Putkistoon tehtiin säätöpelti, jolla voidaan valita, meneekö ilma suoraan ulos vai kiertääkö se takaisin sisälle (kuva 9).

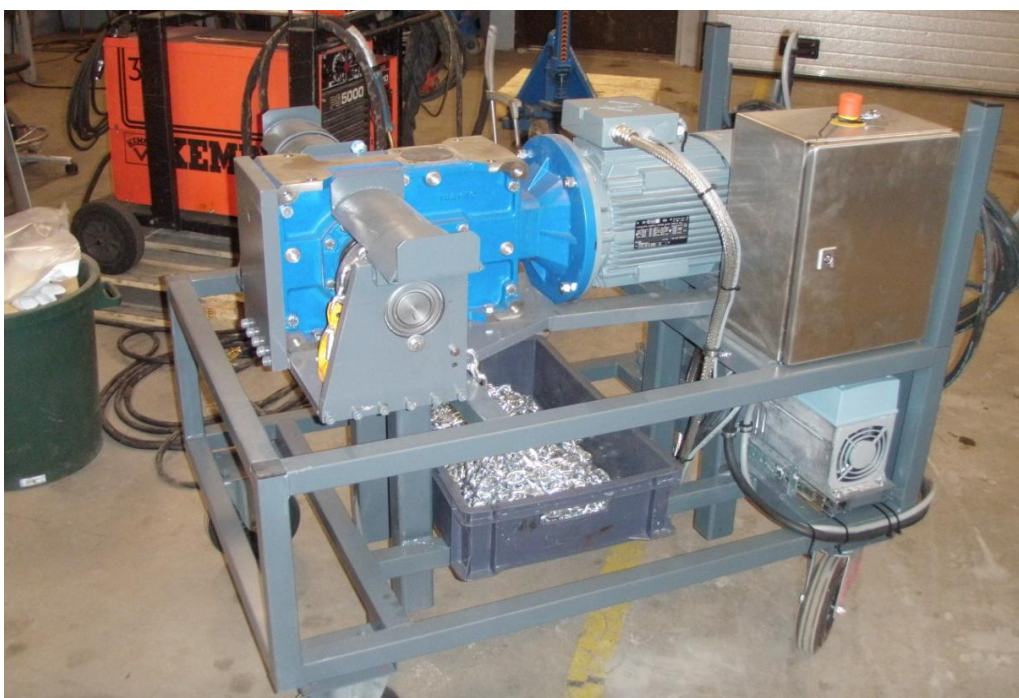


Kuva 9. Imupuhaltimen eristetty putkisto ja säätöpelti.

9 Ulosvetolaitteen suunnittelu

9.1 Lähtökohdat

Lähtökohtana suunnittelulle oli laite, jolla voidaan irrottaa ja asentaa vaippaholkkeja sekä laakereita levitystelaan. Vetolaitteen tulisi olla yhden miehen siirrettävissä hallissa ja sen pitäisi soveltua kaikenkokoisten telojen purkuun (kuva 10).



Kuva 10. Ulosvetolaitteen prototyyppi 1.

Ulosvetolaitteessa vedon pitää olla yhtenäinen ja useita metrejä pitkä, joten suunnittelu aloitettiin erilaisista vinsseistä. Sähkövinssi olisi ollut helppo toteuttaa, mutta ongelmiksi muodostuivat sijoitus ja kiinnitys, sekä vaijereiden epätasainen veto. Tämä johtaisi holkin kääntymiseen ja jumittumiseen matkalla. Vaippaholkkia pitää vetää tasaisesti, jotta laakeri liukuu akselilla. Sähkövinssi hylättiin ja suunnittelua jatkettiin miettimällä kulmavaihdetta, joka ratkaisisi nämä ongelmat.

Vedon välittämiseksi vaihteelta vetopantaan puntaroiitiin lenkkiketjua, rullaketjua sekä vaijeria eli teräsköyttä. Vaijerin kelautuminen vinssin tavoin rullalle olisi ollut muuten hyvä ja turvallinen vaihtoehto, mutta vetoetäisyyttä haluttiin saada muutettua nopeasti. Käytettäessä vaijeria olisi pitänyt kelata rumpua ulospäin moottorilla ja se olisi ollut hidasta. Rummun vapauttamismekanismiin rakentelukin tuntui käytön kannalta hankalalta sekä monimutkaiselta.

Vaijerin huonoja puolia ovat myös sen kulumisesta johtuvat säikeiden nousut pintaan ja siitä aiheutuvat pistohaavat. Ketjuilla ei tällaista ilmiötä ole ja säädön voi tehdä nopeasti nostamalla ketjun ylös pyörältään käsin ja vetämällä oikeaan mittaam. Toteutus rullaketjulla olisi ollut helpointa, koska siihen on helposti saatavilla erikokoisia ketjupyöriä standardimitoituksilla. Rullaketjun varastointi vaunuun tuottaisi kuitenkin ongelmia, koska se pitäisi laskostaa tai muuten rullaketju kasautuu yhteen kohtaan ja vie paljon tilaa. Näin ollen päädyttiin lenkkiketjuun.

9.2 Tehontarpeen määrittely

Tarvittava voiman tarve saatiin laskettua mittaamalla Finbow Oy:llä käytössä olevan hydraulissyinterin maksimipaine käytön aikana. Hydraulissyinteriin asennettiin painemittari ja jota seurattiin eri työvaiheiden aikana. Säätokannattimien kohdalla huomattiin suurin tehon tarve niiden ollessa jumittuneina akselille. Näissä mittailuissa korkeimmaksi paineeksi saatiin 120 bar. Käytössä olevan sylinterin männän halkaisija on 60 mm, josta saadaan laskettua tarvittava voima (kaava 1).

$$\rho = \frac{F}{A} \quad (1)$$

Josta saadaan:

$$F = A \cdot \rho$$

Sijoittamalla pinta-alan kaavan, lopulliseksi kaavaksi muodostuu:

$$F = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \rho$$

Jossa d on männän halkaisija ja ρ paine.

$$F = 33929 \text{ N}$$

Tulos pyöristettiin 35 kN, jotta saataisiin pieni varmuuskerroin laskelmiin. Päivittäisessä käytössä tehontarve on paljon pienempi, mutta suunnittelussa varauduttiin mahdollisiin jumittuneisiin laakereihin ja säätokannattimiin, joissa tehon tarve on suurempi. Laitteen tulisi kestää ja suoriutua kovastakin rasituksesta, jotta siitä olisi oikeasti hyötyä työntehokkuuden parantamisessa.

9.3 Voimanlähteiden vertailua

Tarvittavan voimanlähteeksi harkittiin hydraulista vääntömoottoria. Mahdollisia kokoonpanoja pohdittiin paikallisten yritysten edustajien tapaamisissa. Eri yrityksissä tutustuttiin myös mahdollisiin vaihtoehtoihin. Hydraulikalla toteutettuna ei voiman tuotto eikä hallittavuus ollut ongelma, mutta laitteiston kokonaispaino olisi tullut liian suureksi sekä kokonaisuuden kustannukset olisivat kohonneet liikaa. Hydraulinen vääntömoottori olisi tarvinnut erillisen koneikon tuottamaan tarvittavan paineen moottorille. Sen lisäksi tarvitaan erillinen öljysäiliö sekä tarvittavat suodattimet. Koneikosta ja liittimistä aiheutuvien monimutkaisuusien vuoksi hydraulikka hylättiin liian kalliina vaihtoehtona.

Toisena voiman lähteenä pohdittiin sähkömoottoria. Tutustuttiin eri valmistajiin ja heidän tarjoamiin kokonaisratkaisuihin huolellisesti. Vaihtoehtona sähkömoottori syrjäytti hydraulisen vääntömoottorin melko nopeasti, kustannuksia ja laitteen lopullista kokonaispainoakin silmälläpitäen. Sähkömoottoreita on tarjolla erilaisiin tarpeisiin runsaasti ja niihin saa helposti erilaisia vaihteita sekä taajuusmuuttajia halutun voiman ja nopeuden saavuttamiseksi. Haittapuolena sähköisellä toteutuksella olisi sähköjohto, joka kulki lattialla ja haittaisi ulosvetolaitteiston siirtelyä ja voisi näin olla jopa turvallisuusriski.

Hydraulikan mahdolliset ympäristöhaitat, kuten jäteöljy sekä vuodot, jäivät sähkömoottorilla kokonaan pois. Nykyiset moottorit ovat miltei huoltovapaita ja säästävät siten lopullisia huoltokustannuksia. Kummankin voimanlähteen perusteellisen arvioinnin jälkeen suunnittelua jatkettiin siltä pohjalta, että voiman lähteenä toimisi sähkömoottori.

9.4 Moottori ja vaihde

Kun voiman tuotossa päädyttiin sähkömoottoriin, niin suunnittelua jatkettiin etsimällä vaihteisto, joka kestää tarvittavat voimat ja mitoittamalla lenkkiketju sekä vetovälineet niin, että ne kestävät yli 35 kN voiman. Lenkkiketjuun ei ollut saatavilla kovin helposti ketjupyöriä ja toimittajia löydettiin vain yksi. Ketjupyörän halkaisijalla olisi saanut helposti muutettua välitys suhdetta, mutta ketjupyörän halkaisija määräytyi valmistajan mallin mukaan.

Koska ketjupyörissä ei ollut valinnanvaraa, jouduttiin suunnittelemaan kaikki muut komponentit niin, että ratkaisut soveltuvat nimenomaan näille ketjupyörille. Ketjupyörän jakohalkaisija vaikutti vaihteiston välityksiin, sekä vaihteistoon että akseleihin kohdistuvaan vääntömomenttiin ja voiman tarpeeseen.

Moottoreita sekä vaihteita etsittiin eri valmistajilta ja arvioitiin niiden yhteensopivuuksia.

Ulosvetolaitteen vetonopeuden tuli olla riittävän alhainen, jotta käyttäjällä olisi aikaa reagoida ulosvetotapahtuman aikana erilaisiin tilanteisiin. Suunnittelun ja kokeilujen perusteella osoittautui, että keskimääräiseksi vetonopeudeksi olisi saatava 10–15 m/min.

Ratkaisu vaikutti vaihteen välityssuhteen nousemiseen 1/35 – 1/60. Kartiokulmavaihde oli tähän tarkoitukseen sopivin, koska normaaleissa kulmavaihteissa ei näin suurilla välityksillä saatu riittävää tehonkestoa.

Lopulta tarjouksien perusteella päädyttiin 7,5 kW sähkömoottoriin ja siihen sopivaan kaksiportaiseen kartiokulmavaihteeseen, jonka välityssuhde on 1/50. Moottori ja vaihde ovat kiinni toisissaan pulttiliitoksella ja ne muodostavat yhtenäisen paketin. Moottorin kierroksia säätelemään valittiin raskaaseen käyttöön soveltuva taajuusmuuttaja. Taajuusmuuttajalla säädetään moottorin syöttötaajuutta ja -jännitettä. Näin voidaan moottorin pyörimisnopeus ja sen tuottama vääntömomentti ohjata halutuiksi.

Ketjupyörän vetohalkaisija on 138 mm ja moottorin kierrokset ovat 1490 rpm. Näistä saadaan laskettua vetonopeudeksi $v=12,9$ m/min (kaava 2).

$$v = r\omega$$

$$\omega = 2\pi n_k$$

$$n_k = i \cdot n_m$$

Nopeuden, kulmanopeuden ja välityssuhteen kaavoista johtamalla saadaan

$$v = r2\pi i n_m \quad (2)$$

Jossa r on ketjupyörän jakohalkaisijan säde, i on vaihteen välityssuhde ja n_m on moottorin kierrosnopeus.

Taajuusmuuttaja säättää pyörimisnopeutta portaattomasti, joten lopullinen vetonopeus on säädeltävissä välillä 0,3- 25m/min työskentelyn aikanakin.

9.5 Laitteen rungon valmistaminen

Moottorin ja vaihteistopakettin hahmotuttua nykyiseen konseptiinsa, suunniteltiin laitteen runkoa. Ulosvedintä tulisi pystyä siirtelemään hallissa kevyesti, joten rungon tulisi olla kevyt ja tukeva sekä varustettu kääntyvillä pyörillä. Runkomateriaaliksi harkittiin teräksistä neliöprofiilia sen keveyden ja muokattavuuden vuoksi. Profiilista hitsattaisiin vaunun kehikko ja siihen liitettäisiin moottoripeti ja muut osat sekä varustettaisiin vaunu asianmukaisilla pyörillä.

Vaihteisto ja moottori painavat eniten ja ketjut sekä taajuusmuuttaja lisäävät kokonaispainoa, joten rungon olisi kestävä noin 500 kg:n kuorma. Profiilin hintoja sekä hitsaukseen kuluva työaika laskiessa todettiin vaunun rungon tulevan edullisemmaksi, mikäli se tilattaisiin valmiina.

Valmis runko päätettiin tilata Hexaplanilta ja pohjaksi valittiin eurolavavaunu 1200x800x659 mm, jonka kantavuus on 800 kg. Vaunussa on jo valmiina pyörät, joten siihen pitäisi tehdä vain runko moottorille ja vaihteelle sekä kaukalo ketjulle. Moottorin ja vaihteen runko tehtiin 20 mm:n teräslevystä (liite 2) sekä neliöprofiilista (kuva 11). Moottorivaihteistopaketti kiinnitettiin apurunkoon 4x12 mm pulttiliitoksella.



Kuva 11. Moottorin kiinnitystä varten tehty apurunko. Taustalla näkyy vaunun perusrunko ilman pyöriä.

Purettavan telan ja ulosvetimen vetokorkeuden tulisi olla samalla tasolla turvallisuuden ja laitteiden toimivuuden kannalta. Telojen suuren kokoeron vuoksi tämä ei aina olisi mahdollista, joten pohdimme telapukkien korkeuden säätöä. Se voitaisiin toteuttaa helposti sisäkkäisillä putkijaloilla, joissa lukitussokan paikkaa vaihtamalla voitaisiin telan korkeutta nostaa tai laskea.

Keskusteluissa tuli esille se, että pukien säätäminen unohtuu usein ennen kuin tela niille lasketaan ja aloitetaan työt. Telan korkeudensäätö kesken työvaiheen olisi ongelmallista ja hankalaa. Ongelmaan haettiin ratkaisua ulosvetimen vetokorkeuden säädöllä. Laitteeseen kohdistuu suuria voimia, joten erillisten ohjausketjupyörien käyttö hylättiin niiden kestävyuden vuoksi. Vaihtoehdoksi jäi koko moottorivaihteistopakettin korkeuden säätäminen.

Säätö tapahtuu samalla periaatteella kuin pukeissakin eli sijoitetaan kaksi sisäkkäistä neliöprofiilia pystyyn (kuva 11), jolloin ne liukuvat toistensa sisällä. Säätöön suunniteltiin käyttäväksi paineilmasylintereitä tai sähköisiä lineaarimoottoreita. Säätämisen ollessa kuitenkin harvinaista päätettiin toteuttaa ensimmäinen prototyyppi siten, että moottoria nostettaisiin manuaalisesti haluttuun korkeuteen ja lukittaisiin paikoilleen.

Korkeuden säätö toteutettiin asentamalla 60x60 neliöprofiiliin sisään 50x50 profiilit. Säätö tapahtuu nostamalla nosturilla vaihteistopakettia ylös ja lukitus tapahtuu profiilien läpi menevällä sokkatapilla. Reiät on tehty 50 mm:n jaolle ja säätöjä on 3 kappaletta (liite 3). Telan keskiöt voivat siis olla maasta mitattuna 900 mm -1050 mm:n korkeudella. Tällä tavoin välttyttiin paineilman liittämiseltä sekä sähköistykseltä tulisi huomattavasti yksinkertaisempi.

Runkoon tehtiin moottorin alla olevalle hyllylle paikka taajuusmuuttajalle ja se suojattiin 1 mm:n vahuisella teräspellillä, jotta ulkopuoliset iskut eivät vahingoittaisi herkkiä sähkölaitteita. Taajuusmuuttaja asennettiin kiskoille niin, että sen voi tarvittaessa vetää ulos, kun pitää päästä käsiksi käyttöpaneeliin (kuva 12). Ohjainpaneeli ja sähkökeskus kiinnitettiin taajuusmuuttajan yläpuolelle moottorin viereen.



Kuva 12. Taajuusmuuttaja kiskoilla

9.6 Akseli ja laakerointi

Kun tiedetään maksimivoima ja ketjupyörän jakohalkaisija saadaan laskettua akseliin kohdistuva vääntömomentti M_v (kaava 3).

$$M_v = Fr \quad (3)$$

jossa F on voima ja r on ketjupyörän jakohalkaisijan säde.

$$M_v = 2415 \text{ Nmm}$$

Ulosvetolaitteessa voima välittyy kahden ketjupyörän kautta vaihteen molemmin puolin, joten vääntömomentti jaetaan puoliksi ja saadaan tulokseksi $M_v = 1,2 \text{ kN}$

Akseliin kohdistuu pelkkää vääntöä, joten vääntömomentti M_v jaetaan puoliksi vakio-osaan (M_{vm}) ja tykyttävään osaan (M_{va}).

$$M_{vm} = \frac{1}{2} \cdot M_v$$

$$M_{va} = \frac{1}{2} \cdot M_v$$

Vääntömomenttien laskemisen jälkeen voidaan Söderbergin lausekkeella (kaava 4) ratkaista akselin minimihalkaisija.

$$d = \sqrt[3]{\frac{32n}{\pi} \cdot \left(\frac{M_{vm}}{R_e} + K_{fv} \cdot \frac{M_{va}}{\sigma_{tw}} \right)} \quad (4)$$

M_{vm} on vääntömomentin vakio-osa

M_{va} on vääntömomentin amplitudi,

n on varmuusluku ($n=1,5$)

R_e on akselin myötöraja (aine: teräs S355 $R_e=355 \text{ Mpa}$),

K_{fv} on lovenvaikutusluku väännölle ($K_{fv} = 2,3$)

σ_{tw} on taivutusvaihtolujuus (Smithin piirros Koneenosien suunnittelu, osa 1 s. 155, kuva 1c)

minimihalkaisija d on 47,46 mm.

Ketjupyörän valmistaja ilmoitti akselin maksimikooksi 50 mm ja vaihteiston pystyi tilaamaan samalla akselikoolla, joten akselin halkaisijaksi valittiin 50 mm (liite 4).

Voima välitetään vaihteelta akselille sekä akselilta ketjupyörälle kiilalla. Kiila valittiin 50 mm akselille standardin SFS 2636 mukaan 14x9 mm. Kiilan pituudet laskettiin akselin-, ketjupyörän- sekä kiilanpintapaineen mukaan (kaavat 5,6,7).

Lähtötiedot:

akselin halkaisija	$d = 50 \text{ mm}$
kiilan vaatima ura akselissa	$t_1 = 5,5 \text{ mm}$
kiilan vaatima ura navassa	$t_2 = 3,8 \text{ mm}$
kiilan korkeus	$h = 9 \text{ mm}$
kiilan leveys	$b = 14 \text{ mm}$
navan pintapaine	$\rho_n = 90 \text{ N/mm}^2$ (napa harmaavalurautaa)
akselin pintapaine	$\rho_a = 150 \text{ N/mm}^2$ (akseli teräs S355)
kuormituksen varmuusluku	$n = 0.6$ (yksisuuntainen kuormitus, kovia iskuja)

$$\rho_{sall} = \rho_{n/a} \cdot n$$

Kiilan minimimita navan leikkautumisen suhteen

$$M_{vn} = \frac{1}{2} \rho_n \cdot l \cdot t_2 \cdot (d + t_2) \quad (5)$$

josta saadaan:

$$l = \frac{2M_{vn}}{\rho_{sall} \cdot t_2 \cdot (d + t_2)}$$

$$l = 108,7 \text{ mm}$$

Kiilan minimimita akselin leikkautumisen suhteen

$$M_{va} = \frac{1}{2} \rho_a \cdot l \cdot t_1 \cdot (d - t_1) \quad (6)$$

josta saadaan:

$$l = \frac{2M_{va}}{\rho_{sall} \cdot t_1 \cdot (d - t_1)}$$

$$l = 54,48 \text{ mm}$$

Kiilan minimimita kiilanleikkautumisen suhteen

$$M_{vk} = \tau \cdot A \cdot \frac{1}{2} \cdot d \quad (7)$$

josta saadaan pinta-alan kaava ($A = l \cdot b$) lisäämällä:

$$M_{vk} = \tau \cdot b \cdot l \cdot \frac{1}{2} \cdot d$$

josta saadaan:

$$l = \frac{2M_{vk}}{\tau_{sall} \cdot b \cdot d}$$

jossa

$$\tau_{sall} = 0,58 \cdot \frac{R_g}{N}$$

jossa N = varmuusluku 1,5

$$l = 38,8\text{mm}$$

Vaihteen kohdalla kiilan pituus on mitoitettu valmistajan toimesta niin, että se kestää enemmän kuin vaihteiston ilmoitetun maksimi vääntömomentin. Sen sijaan ketjupyörän kohdalla rajoittavaksi tekijäksi osoittautui ketjupyörän leveys. Ketjupyörän materiaali on harmaavalurautaa, jonka murtolujuus sekä leikkautumiskestävyys eivät ole teräksen luokkaa.

Laskuista nähdään, että ketjupyörän navan kohdalla kiilan pituudeksi saatu 108,7 mm on suurin ja on näin ollen määräävässä asemassa. Ketjupyörän halkaisija kiilauran kohdalla on vain 50 mm (liite 5), joten minimi pituus ei tulisi täyttymään kahdellakaan kiilalla. Seuraava kiilakoko 16x10 mm antaisi kiilan minimi pituudeksi 95,17 mm, joka kahdella kiilalla täytyisi. Kiilan kokoa ei kuitenkaan haluttu kasvattaa, koska se olisi heikentänyt akselia liikaa.

Teräksestä koneistetun ketjupyörän valmistaminen olisi ollut erittäin hankalaa ja kallista, joten päädyttiin kokeilemaan konseptia näillä ketjupyörillä. Ketjupyöriin tehtäisiin kumpaankin kahdelle kiilalle urat, jotta päästäisiin leikkausvoimassa lähemmäksi vaadittuja voimia. Ketjupyörien rikkoutumisen estämiseksi suunniteltiin murtopistettä, joka rikkoutuisi ennen ketjupyöriä.

Akselin halkaisija määräytyi vääntömomentin mukaan, mutta pituus määräytyy vetoleveyden sanelemana. Telan suurin halkaisija on 450 mm, ja kun siihen lisätään vetopannan tarvitsema leveys, saadaan ketjujen vetoleveydeksi 550 mm. Vaihteiston ollessa 180 mm leveä ja vetovoiman näinkin suuri, tapahtuisi akseleiden vääntyminen väistämättä. Tämän vuoksi suunniteltiin tukilaakerit akselin päähän. Laakerien kiinnitystä varten pultattiin kummallekin puolelle 20 mm paksu teräslevy (liitteet 6 ja 7), johon on koneistettu reikä laakerille (kuva 13 s.26).

Tukilaakereiden ollessa lähellä vetopistettä niihin kohdistuu miltei kaikki vetovoima ja näin ollen vaihteiston laakerit pääsevät helpommalla. Tukilaakeriin kohdistuu vain säteiskuormaa vaihteiston laakeroinnin ottaessa vastaa mahdolliset aksiaaliskuormat. Laakereita on kaksi joten maksimivoima voidaan puolittaa kaava 8.

$$P = F/2 \quad (8)$$

$$P = 17,5\text{kN}$$

Laakerin dynaamisen kantavuusluvun ja dynaamisen ekvivalenttikuormituksen suhde lasketaan kaavan 9 avulla. Pyörimisnopeutena käytettiin keskimääräistä pyörimisnopeutta, joka saatiin jakamalla moottorin kierrokset vaihteen välityssuhteella ja nimelliskestoisuuden oletusarvo otettiin taulukosta 5.2-1 (Airila M & al., 2003 s.451)

$$L = \frac{1000000}{60 \cdot n} \left(\frac{C}{P} \right)^p \quad (9)$$

Josta saadaan:

$$\frac{C}{P} = \left(\frac{60 \cdot n \cdot L}{1000000} \right)^{1/p}$$

Jossa:

keskimääräinen pyörimisnopeus $n = 29 \text{ rpm}$

nimelliskestoisuuden oletusarvo $L = 5000$

Kuulalaakerille määrätty eksponentti $p = 3$

Jolloin saadaan:

$$\frac{C}{P} = 2,186$$

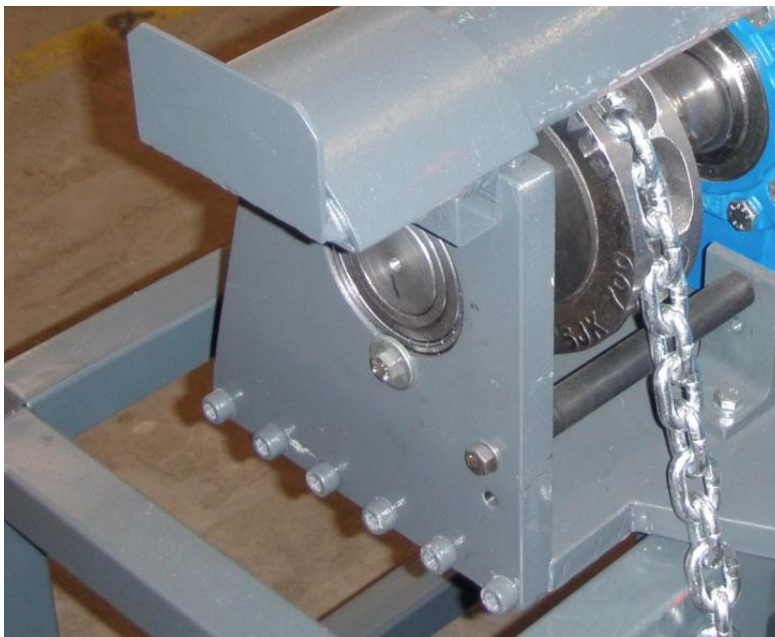
Josta saadaan:

$$C = P \cdot 2,06$$

Jolloin dynaamiseksi kantavuusluvuksi tulee:

$$C = 36,05 \text{ kN}$$

Laakerille 6210 suurin sallittu dynaaminen kantavuusluku saa olla 37,1 kN, joten se täyttää vaatimukset dynaamiselta kantavuudelta. Laakeriksi valittiin SKF:n laakerikirjasta (2005, s. 338) 50mm akselille sopiva urakuulalaakeri 6210-2Z, jossa on molemminpuoliset tiivistimet. Laakerin kiinnitys toteutettiin liimalla ja varmistus akselilta Seger-renkaalla ja tukilevyyn tehtiin lukitusprikalle kierre levyn sivupintaan laakerireiän viereen (kuva 13). Prikka varmistaa sen että laakeri ei lähde luistamaan ulospäin ja akselilla oleva lukitus ehkäisee sisäänpäin liikkumisen.



Kuva 13. Laakerin kiinnitys poskilevyyn ja lukitusprikkan paikka

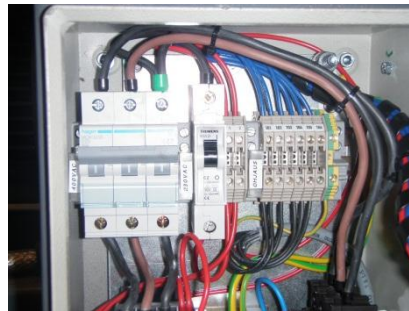
9.7 Sähköjärjestelmä

Sähköjärjestelmä pyrittiin pitämään mahdollisimman yksinkertaisena. Pääosin sähköistä vastasi Telatek Nokia oy:n sähkötekniikko. Suunnittelussa otettiin huomioon selkeä ja yksinkertainen käyttö sekä turvallisuus.

Taajuusmuuttajalla säädetään moottorin syöttötaajuutta ja -jännitettä ja sillä tavalla voidaan hallita pyörimisnopeutta. Käyttöpaneelina toimii sähkökotelo, jonka etuseinään asennettiin eteen- ja taakse- sekä start-kytkimet. Lisäksi koteloon asennettiin päävirtakatkaisija, hätäseis-painike ja potentiometri, jolla säädetään pyörimisnopeutta. Kotelon sisään rakennettiin sähkönsyötön jako, sekä tarvittavat releet ja sulakkeet (kuvat 14 ja 15).



Kuva 14. Moottorinrele ja liitokset.



Kuva 15. Sulakkeiden paikat ja liitokset.

Taajuusmuuttajassa on portaattomasti säädettävä ylikuormituksen raja, joka sammuttaa moottorin ja lisäksi laite varustettiin hätäkatkaisijalla. Ylikuormitusraja säädettiin alemmaksi kuin vetosilmukoiden murtotappien leikkausvoima, näin taajuusmuuttaja katkaisee virran sähkömoottorilta ennen kuin mikään mekaaninen osa rikkoutuu.

10 Ulosvetolänkien kehittäminen vaippaholkkien irrotukseen

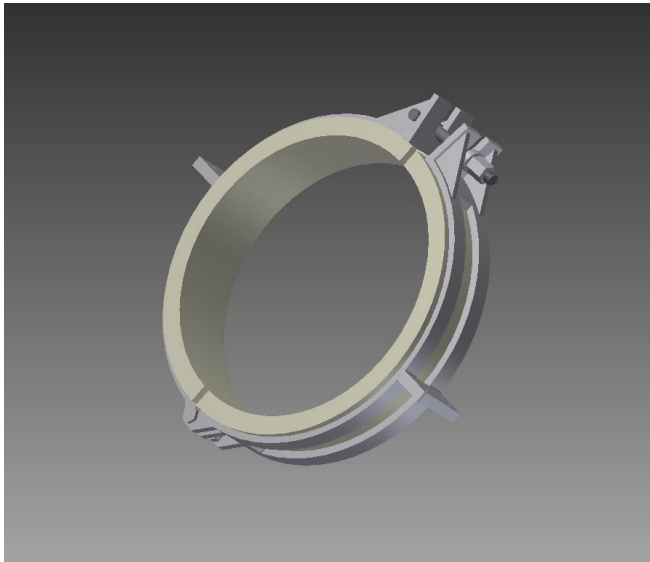
Vaippaholkkien ulosvetoon kehiteltiin ulosvetolänget. Suunnittelun lähtökohtana oli niiden päivittäinen käsiteltävyys, joten paino pyrittiin minimoimaan. Teräs valittiin kuitenkin valmistusmateriaaliksi kestävyys ja hinnan vuoksi.

Suurimmaksi haasteeksi muodostui useiden telakokojen tuoma ongelma. Telojen suuren halkaisijavaihtelun vuoksi länkiä pitäisi olla useita kokoja. Aluksi pohdittiin kuinka yhdet länget saataisiin joustamaan useaan kokoon. Yhtenä mahdollisuutena harkittiin kolmeosaisia länkiä, joissa halkaisijaa muutettaisiin kehälle laitettavilla lisäpaloilla ja kiristysmuttereilla. Tämä ratkaisu osoittautui kuitenkin hankalaksi käyttää ja vaikeaksi myös valmistaa.

Suunnittelussa keskityttiin pohtimaan muutamien länkien valmistusta, joihin voisi laittaa adapteripalikoita muuttamaan halkaisijaa haluttuun kokoon. Telat jaettiin viiteen kokoluokkaan (liite 8) ja päätettiin valmistaa kahdet länget kokoluokasta 420 mm (liite 9) ja 290 mm (liite 10).

Länget valmistettiin teräksestä ja niihin tehtiin käsittelyä ja painoa silmällä pitäen kevennykset (kuva 15). Länget varustettiin saranalla alapäästä helpottamaan paikalleen asennusta ja yläpäähän tehtiin kiristysmutteri, jolla länget saadaan kiristymään vaippaholkin ympärille.

Erikokoisten telojen ongelma ratkaistiin tekemällä vanerista adapterirenkaita näiden kahden erikokoisen längen sisään (kuva 16). Niin vanerit kuin teräsosat päällystettiin niistä kohdista, jotka tulevat vaippaholkkia vasten kuumaa kestäväällä 4 mm paksuisella neopreemikumilla, jotta työvälineet eivät kolhisi arkaa telan ulkopintaa. Lisäksi kumi parantaa pitävyyttä sileällä pinnalla. Kumiksi valittiin kangasvahvisteinen neopreeni, koska se kestää hetkellisesti jopa 140 °C lämpöä mikä on 50–70 °c enemmän kuin tavallinen solukumi, sillä joitakin holkkeja joudutaan lämmittämään kytkimen kohdalta irrotusvaiheessa.



Kuva 16. Vetolänget.

Kuvassa näkyvät kevennykset sivuilla ja vaneriadapteri asetettuna länkien sisään.

Voima välitetään vaihteelta länkiin kahdella lenkkiketjulla. Ketjuihin on valmistajan puolesta kiinnitetty koukut, jotka on laskettu kestävämmän ketjujen maksimikuormat, joten niiden murtolujuuksia ei laskettu erikseen. Vetolänkiin suunniteltiin vetosilmukoihin murtotapit säästämään vaihdetta ja moottoria mahdolliselta ylikuormitukselta (liite 11).

Murtosokkia varten vetopantaan suunniteltiin ulokkeet ja teräksestä valmistettiin U-pala, joka sopi ulokkeeseen. U-palaan ja ulokkeeseen porattiin reiät murtosokkia varten sekä tehtiin kierteet vetosilmukoita varten. Vetosilmukoihin voidaan helposti kiinnittää ketjuissa olevat koukut. Vetosilmukat tilattiin M12 kierteillä ja kovuusluokkaa 8, jotka kestävät 1600 kg suoraa vetoa.

Murtosokan materiaalina on teräs S355, jonka leikkausjännitys τ on 220 N/mm^2 . Murtosokat sijaitsevat vetolängen molemmin puolin ja normaalitapauksissa veto jakautuu tasaisesti molemmille ketjuille, joten kokonaisvoima 35 kN jaetaan kahtia. Voiman ja materiaalin staattisen leikkausjännityksen keston avulla voidaan laskea murtosokan halkaisija (kaava 10).

$$\tau = \frac{Q}{A} \quad (10)$$

Liitos on kaksileikkeinen joten:

$$Q = \frac{F}{2}$$

Näistä saadaan:

$$\tau = \frac{F/2}{A}$$

$$A = \frac{F}{2 \cdot \tau}$$

Jossa $F = 17,5 \text{ kN}$ ja $\tau = 220 \text{ Mpa}$ (Outinen H, Salmi T & Vulli P, taulukko 1, s162)

$$A = 39,7727 \text{ mm}^2$$

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

$$d = 7,116 \text{ mm}$$

Laskennallisesti halkaisijaltaan 7 mm teräs sokkien pitäisi olla tähän käyttöön optimaaliset. Mikäli tappien kesto on oleellisesti muun kapasiteetin alapuolella, vaihdetaan tapit kestävämpään materiaaliin. Murtosokkien katkeaminen voi aiheuttaa ketjujen sinkoutumisen sivulle vedon yhtäkkiä lauetessa. Tätä on pyritty estämään vetolenkin ja längen välille laitetulla 6 mm teräsköydellä.

11 Työohjeiden laatiminen

Finbow Oy määritteli telojen purkamisen työvaiheet ja ohjeisti eri työvaiheiden pääkohtia. Varsinaiset työohjeet piti mukauttaa Telatek Nokia Oy:n työtiloihin ja työmenetelmiin. Ohjeistukseen kerättiin pääkohdat Finbow Oy:n ohjeista. Ensimmäisten telojen saavuttua huoltoon eri työvaiheita tarkkailtiin ja työntekijöiden mielipiteitä kirjattiin ylös. Työvaiheissa panostettiin turvallisuuteen ja jouhevaan läpimenoon. Yhdessä layoutsuunnittelun kanssa hiottiin työohjeet (liite 12) niin, että jokainen pystyy suorittamaan eri työvaiheet oikein ja turvallisesti.

12 Pohdinta

Tämän työn tarkoituksena oli suunnitella Telatek Nokia Oy:lle huoltoon tulevien levitystelojen kunnostukseen ja purkamiseen liittyvät työvälitteet ja työohjeet. Suunnittelussa paneuduttiin erityisesti uudentyypisen ulosvetolaitteen kehittelyyn ja rakentamiseen.

Ulosvetolaitteen valmistuksessa törmättiin muutamaan kohtaan, jossa sovittiin jo valmiiksi hyllystä löytyneitä osia uusien tilaamisen sijasta. Näitä olivat esim. sähkökotelo ja ohjainpainikkeet sekä ketju kaukalo. Näin pystyttiin toteuttamaan suunnittelua konkreettisilla osilla ja säästettiin samalla aikaa ja kuluja. Uusien ja tilattavien osien kohdalla suunnitelmien olisi pitänyt olla valmiita ennen osien tilausta, jotta välttyttäisiin vääränlaisien osien tilaamiselta.

Ensimmäisissä koneen kokeiluissa saatiin erittäin positiivisia tuloksia, mutta kun konetta koeponnistettiin todella suurilla voimilla, huomattiin eräs iso vika, mikä ei ollut tullut suunnittelussa esille. Levitystela on kaareva ja telan ollessa pukeilla ovat telan päädyt vinossa niin että yläpuoli on kallellaan telan keskelle päin. Tämä aiheuttaa sen, että suurilla voimilla koneen vastinlevy pyrkii mukailemaan telan päätyä ja koneen takapää pyrkii nousemaan ylös.

Näin tukipisteiden irtoaminen maasta mahdollistaa koneen kallistumisen ja jopa kaatumisen. Tämän pystyy välttämään säätämällä vetokorkeus oikeaksi eli vähän telan keskiötä alemmaksi, mutta käytännössä uskoimme sen jäävän tekemättä ja vaaratilanne voisi syntyä. Tätä estääksemme koneen vastinlevyyn pultattiin kiinni levitystelän säätöpukista peräisin oleva pallopintainen vastinlevy, joka eläytyy telan pään vinouteen ja veto saadaan tapahtumaan aina suorassa.

Toinen epäkohta, minkä huomasimme vasta koneen ollessa todellisessa käytössä, liittyy tiukkaan jumittuneen laakerin tai säätökannattimen ulosvetotilanteeseen. Tällöin taajuusmuuttajan ylikuormitus suoja laukeaa estäen mekaanisen rikkoutumisen. Tässä

tilanteessa vetovoima on jo erittäin suuri ja ketjut ovat todella kireällä ja vetomatkaa voi olla useita metrejä. Taajuusmuuttajan katkaistua moottorista virran ei kartiovaihteen välitys riitä kumoamaan ketjuihin jääneitä vetovoimia, vaan moottori lähtee pyörimään väärään suuntaan ja ketjut löystyvät äkisti. Tämän seurauksena ketjut saattavat sinkoutua sivuille.

Ulosvetolaitteesta tehtiin toinenkin prototyyppi, jossa tämä ongelma ratkaistiin asentamalla laitteeseen jarruilla varustettu sähkömoottori. Moottori on muuten alkuperäistä vastaava, mutta varustettu jousikuormitteisella jarrulla, joka menee päälle aina, kun virta katkeaa. Prototyyppi ykköseenkin tilattiin samanlainen moottori hyvien käyttökokemusten vuoksi.

Prototyyppi kakkoseen tehtiin vielä turvallisuutta ja käyttömukavuutta edesauttavia muutoksia. Laitteen säätimet asennettiin irrotettavaan käyttöpaneeliin, jolloin konetta voidaan ohjata kauko-ohjauksella. Painimet sijoitettiin muoviseen kevyeen käyttöpaneeliin, josta tieto kulkee keskukselle kierrekaapelilla. Osat löytyivät standardiosina nostovälineitä valmistavalta yritykseltä.

Lopputyössä oli monta osa-aluetta, joita nidottiin yhteen, sekä sovitettiin kahden eri yrityksen toimintatapoja ja tarpeita yhdeksi kokonaisuudeksi. Eniten aikaa kului ulosvetolaitteen suunnitteluun ja sen valmistamiseen. Laitteen kokonaisuus muokkautui kokeilujen ja yhteisten keskustelujen pohjalta loppumetreille asti. Tämä tekikin työstä erittäin mielenkiintoisen ja opetti monia uusia asioita koneensuunnittelusta ja piirustusten tekemisestä.

Aikaisemmin, kun olen joutunut piirustuksia käsittelemään, olen ollut valmistamassa jotain yhtä osaa isompaan kokonaisuuteen ja minun on täytynyt vain osata lukea kuvia. Kokonaisuuden suunnittelu sekä kuvien tekeminen toivat mukanaan uusia haasteita.

Lähteet

Airila M & al., Koneenosiensuunnittelu, WSOY, 2003

Jokio, Mikko, Papermaking part 3, Finishing. Helsinki, Fabet Oy, 1999

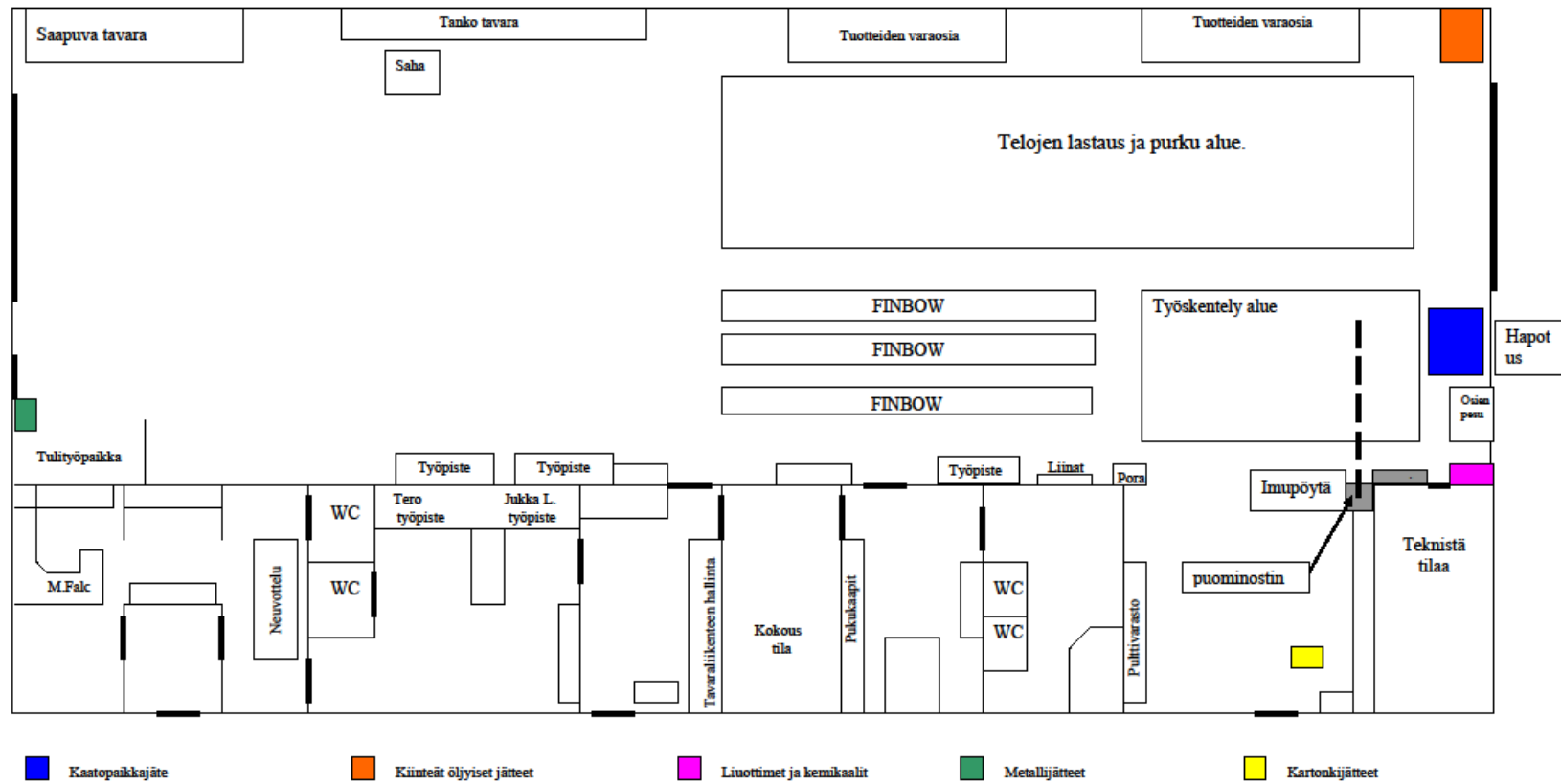
Outinen Hannu, Salmi Tapio, Vulli Pertti, Lujuusopin perusteet Pressus Oy, 2007

SKF General catalogue 6000 EN, 2005

Valtanen Esko, Koneenrakentajan taulukkokirja, 1997

Liite 1.

Kokoonpanohallin layout.



Liite 2.

Piirustus numero 1001.

Liite 3.

Piirustus numero 1014.

Liite 4.

Piirustus numero 1006.

Liite 5.

Piirustus numero 1013.

Liite 6.

Piirustus numero 1002.

Liite 7.

Piirustus numero 1003.

Liite 8.

Telojen koot ja karkea jaottelu.

Vaipan ulkohalk.	Vaneri adapteri	länget
180	30mm	
190		(mahd. ei tule Telatekille)
210		

225	25mm	
230		
240		
<u>250</u>		<u>1 länget</u>
260	30mm	
285		
<u>290</u>		<u>2 länget</u>
318	42mm	
325		
330		
343		
340		
353		
<u>360</u>		<u>3 länget</u>
380	(70mm lisä palikalla)	
410	40mm	
420		
<u>450</u>		<u>4 länget</u>

Liite 9.

Piirustus numero 1007.

Liite 10.

Piirustus numero 1008.

Liite 11.

Piirustus numero 1009.

Liite 12.

Levitystelan purkutyöohje

- **Telan vastaanotto**
 - Avaa tarkastuskortti ja nimeä se telanumerolle.
 - Kirjaa perustiedot, saapumispäivämäärä, varustelu, kuljetuslaatikon mitat, sekä purkuhavainnot.
 - Valokuvaa tela, kannakkeet ja varustelu (kuvaa niin, että telan numero näkyy).
 - Ota tarpeeksi valokuvia, jotta telen rakenne ja kunto on jälkeenpäin todennettavissa ja vastaavuus verrattavissa huollon jälkeen.

- **Telan päämittojen mittaaminen**
 - Kirjaa telan päämitat, kannakointiväli sekä päänviennin ja käyttöpyörän sijainti sekä konekilven ja kannakoinnin tiedot ennen purkua.
 - Tarkista holkkien pinnan kunto ja merkkää huolellisesti joko tussilla tai teippaamalla.
 - Aloita purku joko hoitopäästä (HP) tai käyttöpäästä (KP).

- **Apukannakkeen irrotus telasta, tarkastus ja puhdistus**

- **Säätökannakkeen irrotus telasta (HP)**

- **Kytkimien irrotus (esim. mattopuukolla)**
 - Selvitä kytkimen malli ennen irrotusta (onko kytkin finbow-mallia vai jokin muu).
 - Finbow- teloissa on vaippa holkkien välissä kumikytkin, jonka voi leikata poikki ennen vaippaholkin irti vetoa.
 - Kilpailijan malleissa on tappikytkin, joka irtoaa, kun vaippa vedetään ulos.
 - Poista kytkintä pitelevät lukitusmutterit vaipalta (tarvittaessa käytä lämpöä)

- **Päätyholkkien ja päänvientipyörän irrotus akselilta**
 - Irrota akseliholkin lukitusmutterit.

- **Holkkien poisveto akselilta**
 - Kiinnitä ulosvetolänget laakerin kohdalle ja kiristä huolellisesti paikalleen.
 - Vedä holkit yksi kerrallaan akselilta.

- **Kytkinpuolikkaiden irrotus**
 - Poista kytkinpuolikkaat rekkaria ja aluspalaa käyttäen tarvittaessa kuumenna holkin ulkopintaa (isommat kytkimet kiinnitetty sikaflexillä).
- **Laakerin ja akseliholkin irrotus vaippaholkilta**
 - Poista lukitus Segerit (vaippaholkilta ja akseliholkilta).
 - Paina prässissä akseliholkki ja laakeri irti.
- **Kokoonpanojen purku, osien puhdistus ja tarkastus sekä numerointi**
 - Poista isommat rasvat rätillä ja pese osat koneessa.
 - Kuivaa osat pesun jälkeen.
 - Lado vaippaholkit lavalle ja numeroi huolellisesti.
 - Hio akseliholkeista mahdolliset ruosteet ja naarmut.
- **Kannakkeiden pesu ja testaus**
 - Pese kannakkeet ja hio mahdolliset ruosteet.
 - Koekasaa ja testaa (HP pitää pyöriä kokonaisen kierroksen).
- **Akselin tarkastus ja puhdistus**
 - Hio ruosteet ja mahdolliset naarmut pois.
 - Poista silikoni ja muut jäämät.
 - Muista suojarasva ja muovitus.
- **Merkkaukset ja hylättyjen osien erottaminen käyttökelpoisista osista.**
 - Hylätyt osat kerätään erilliselle lavalle poistoa varten.
- **Raportointi havainnoista ja poikkeamista**
 - Merkitse havainnot tarkastuskorttiin.