

Tuukka Rintala

Hammasröntgenlaitteiden toimitusprosessin laadunparannus ja kehittäminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

16.3.2015

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Tuukka Rintala Hammasröntgenlaitteiden toimitusprosessin laadunparannus ja kehittäminen 49 sivua + 2 liitettä 16.3.2015
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Terveystieteiden tekniikka
Ohjaajat	Tuotespesialisti Miika Susi Tuotantopäällikkö Kai Mäenpää Lehtori Timo Kasurinen
<p>Insinöörityön tavoitteena oli suunnitella uudelleen röntgenlaitteiden tarvikkeiden kuljettamista varten käytetty tarvikelaatikko. Tarvikelaatikko tuli suunnitella mahdollisimman selkeäksi ja kustannustehokkaaksi. Kaikki tarvikkeet jaoteltiin tarvikkekokonaisuuksiin ja niille tehtiin omat pakkaukset. Suunnittelussa tuli myös ottaa huomioon asiakkaan, työntekijän ja yrityksen tarpeet.</p> <p>Tavoitteena oli myös parantaa pakkaamon tehokkuutta ja vähentää virheiden määrää. Työssä tehtiin tutkimuksia puutteista, asiakastyytyvyydestä ja tarkastajien kirjauksista. Suunnittelun kannalta oleellista oli myös tutkia erilaisten materiaalien ominaisuuksia ja valmistusmenetelmiä.</p> <p>Työn toteutuksen kannalta oli tärkeää selvittää siihen kuuluvat kustannukset, joista tehtiin kustannuslaskelma. Pakkauksista suunniteltiin prototyyppejä, joiden avulla uutta järjestelmää voitiin testata ja simuloida. Käsintehtyjen mallien pohjalta valmistettiin lopulliset mallit.</p> <p>Työn tuloksena saatiin yritysjohtajan hyväksymä, entistä tehokkaampi järjestelmä. Järjestelmää ei tämän työn aikana ehditty ottaa käyttöön. Tuleva järjestelmä tulee palvelemaan asiakkaan tarpeita paremmin kuin aikaisempi järjestelmä. Suunnitellun järjestelmän jatkokehitysmahdollisuudet ovat myös hyvät.</p>	
Avainsanat	röntgen, pakkaus, tarvike, laatu, setti

Author Title	Tuukka Rintala Quality Development of the Dental X-Ray Delivery Process
Number of Pages Date	49 pages + 2 appendices 16 March 2015
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical engineering
Specialisation option	Medical Engineering
Instructors	Miika Susi, Product Specialist Kai Mäenpää, Production Manager Timo Kasurinen, Senior Lecturer
<p>The main objective of this thesis was to redesign an accessory box for x-ray machine accessories. Accessory box was designed to be as clear and cost efficient as possible. All of the accessories were divided into smaller sets. All of the individual sets were designed their own package. Customers', employees' and the company's needs were taken into account during the design process.</p> <p>One goal was also to increase the performance of the packaging department and reduce the amount of deficiencies. In this thesis, researches concerning deficiencies, customer satisfaction and inspectors' records were made. During the design process, it was essential to study different kinds of packaging materials and methods.</p> <p>It was also important to investigate all of the expenses of the new system. Therefore cost calculations were made. To make testing of the new system possible, prototypes of each of the packages were made. Final product models were made based on the handmade models.</p> <p>As a result of this thesis, a more efficient system was designed. This system was also approved by the management of the company. Because of lack of time this system was not put to use. The new system will serve customers' needs better than the old system. There are also many possibilities to develop this system in the future.</p>	
Keywords	x-ray, packaging, accessory, quality, set

Sisällys

Tiivistelmä

Abstract

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Panoramaröntgenlaitteen kokoonpano ja toimitusprosessi	2
2.1	Panoramaröntgenlaitteen kokoonpano	2
2.2	Lisätarvikkeiden keräys	5
3	Työhön liittyvät tutkimukset	8
3.1	Asiakaspalautetutkimus	8
3.2	Tutkimus tarkastajien kirjauksista	10
3.3	Tutkimus erikoislisätarvikkeista	11
3.4	Asiakastyytyväisyyskysely	12
3.5	Kannattavuuslaskelma	14
4	Lisätarvikeseitit	15
4.1	Setteihin jaottelu	15
4.1.1	Asennustarvikkeet	16
4.1.2	Asiakkaan kuvaustarvikkeet	17
4.1.3	Kalibrointitarvikkeet	17
4.1.4	Laitteen mukana toimitettavat ohjeet	18
4.1.5	Laadunvarmistustyökalut	19
4.2	Lisätarvikkeiden valmistuksen lisäys	19
4.3	Kalibrointityökalujen tarkkuuden parantaminen	20
5	Pakkauksien suunnittelu	21
5.1	Prototyypivaihe	21
5.2	Prototyyppien esittely	25
5.3	Materiaalivaihtoehdot ja kierrätys	26
5.3.1	Sisäiset materiaalivaihtoehdot	27
5.3.2	Ulkoiset materiaalivaihtoehdot	29

5.3.3	Materiaalivalinnat tyhjän tilan täyttöön	32
5.4	Valmistus ja kustannustehokkuus	34
5.5	Pakkauksen rakenne	34
5.5.1	Sisäinen rakenne ja valmistusmenetelmät	34
5.5.2	Rakennesuunnittelu ja pinnoitus	38
6	Ohjeistus	40
6.1	Keräilylistan selkeyttäminen	40
6.2	Keräilyn ohjeistuksen parantaminen	41
6.3	Pakkauksien pikaohjeet	42
6.4	Pika-asennusohje	43
7	Jatkokehitys	44
7.1	Pakkauksen ikkunointi	44
7.2	RFID- <i>tagit</i> pakkauksiin	44
7.3	Pakkauksien punnitseminen	45
7.4	Kalibrintitarvikelaatikoiden ESD-pinnoitus	46
8	Yhteenveto	46
	Lähteet	49
	Liitteet	
	Liite 1. Survey of X-ray packaging	
	Liite 2. Kuvia valmiista malleista	

Lyhenteet

2D	kaksiulotteinen
3D	kolmiulotteinen
CAD	Computer-aided Design; tietokoneavusteinen suunnittelu
CAM	Computer-aided Manufacturing; tietokoneavusteinen valmistus
CNC	Computerized Numerical Control; tietokoneistettu numeerinen ohjaus
ESD	Electro Static Discharge; sähkömagneettinen purkaus
Jigi	valmistuksen tasalaatuistava tarkoitukseen muokattu työkalu
KMK	kuolleen miehen kytkin eli turvamekanismi, joka estää säteilyntuoton ilman käyttäjän läsnäoloa.
LAM	ohjelmisto työajan laskentaan ja ylläpitoon
Lean	tuotannonohjausjärjestelmä
MDF	Medium density fibreboard; puolikova kuitulevy
NC	Numerical Control; numeerinen ohjaus
QUART	Quality Assurance in Radiological Technologies; säteilyn tuoton ja laadun varmistamiseen tehty työkalusarja
RFID	Radio Frequency Identification; radiotaajuinen etätunnistus

1 Johdanto

Tämä insinöörityö on tehty Planmeca Oy:lle. Röntgenlaitteiden tuoteperhe on laaja ja tämä työ keskittyy panoramaröntgenlaitteiden pakkaamon toimintaan. Toimitusprosessissa on suuri määrä keräiltävää. Keräiltävät lisätarvikkeet vaihtuvat jokaisen laitteen ja tilauksen mukaan. Lisätarvikkeet pakataan asiakkaalle menevään tarvikelaatikkoon kuplamuoviin käärittynä, jokainen keräilijä tavallaan. Tästä syystä asiakkaan näkökulmasta tarvikelaatikko näyttää sekavalta ja vaatii uudelleensuunnittelua. Työntekijän kannalta pakkaustapa on työläs ja hidas, mikä on osittain syynä puuttuviin tarvikkeisiin.

Toimitusprosessin laadunparannuksessa tavoitteena on suunnitella pakkaus, joka palvelee asiakkaan, yrityksen ja työntekijän tarpeita. Keräilytyötä pyritään nopeuttamaan mahdollisimman paljon sekä poistamaan turhia vaiheita ja vanhaksi käyneitä menetelmiä. Virheiden määrä pyritään minimoimaan erilaisin toimenpitein. Perimmäisenä tarkoituksena on luoda asiakkaalle ja yritykselle lisäarvoa laadukkaamman lopputuotteen avulla. Uusi pakkauskokonaisuus lisää laadun tunnetta jo valmiiksi laadukkaaseen laitteeseen. Se myös mahdollistaa asiakkaalle tarvikkeiden helpomman ja mielekkäämmän käytön sekä säilytyksen.

Työssä tutustutaan erilaisiin valmistusmenetelmiin, tutkitaan virheiden lähteitä, sekä asiakkaiden ja työntekijöiden tyytyväisyyttä. Uuden järjestelmän luonnissa on otettu huomioon kustannukset ja niiden minimointi sekä järjestelmän kannattavuus isossa mittakaavassa. Prototyyppien tekeminen ja niiden testaaminen kuuluvat myös olennaisena osana tähän työhön.

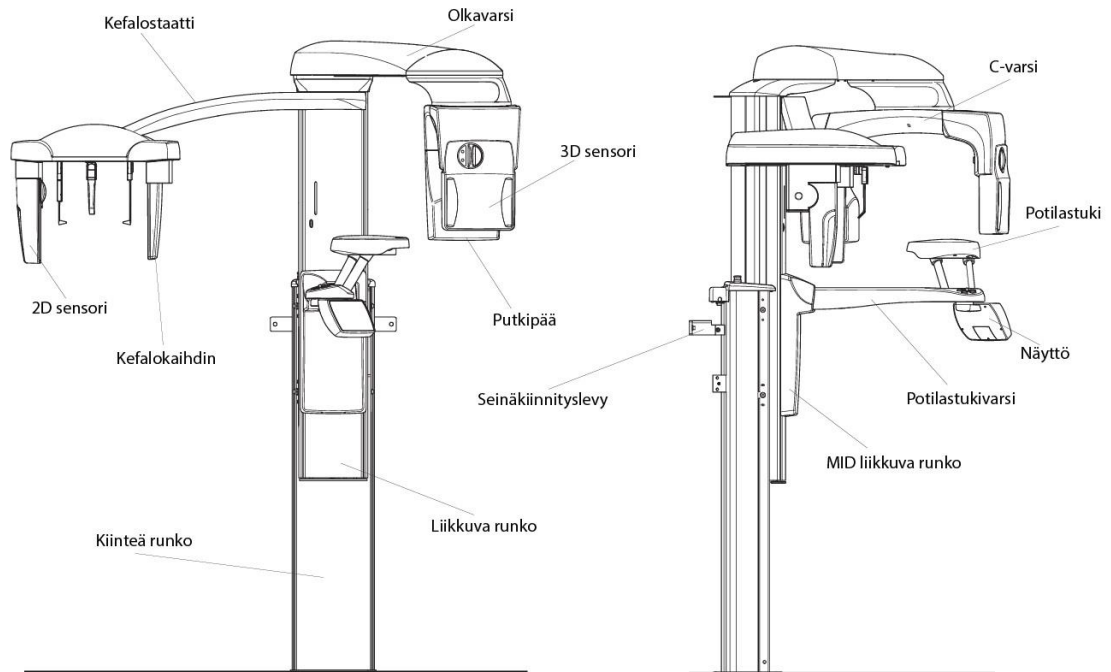
2 Panoramaröntgenlaitteen kokoonpano ja toimitusprosessi

2.1 Panoramaröntgenlaitteen kokoonpano

Myyjä ottaa vastaan asiakkaan laiteilauksen ja kirjaa sen yksityiskohdat Lean-järjestelmään. Tuotannonsuunnittelija avaa tilauksen ja kuormittaa kokoonpanolinjastoa tasaisella tahdilla. Tuontantolinjalla laitteeseen asennetaan kaikki asiakkaan tilauksen vaatimat komponentit ohjelmistot. Jokainen tilaus on yksilöllinen, joten valmiiden laitteiden välivarastoa ei ole mahdollista toteuttaa. Kuva 1 (ks. seur. s.) selkeyttää luettelon ymmärtämistä ja kertoo laitteen eri komponenttien nimet.

Linjastolla laite kootaan seuraavassa järjestyksessä:

- rungon pystytys ja liikkuvan rungon kiinnitys (pystytys)
- olkavarren kokoonpano ja kiinnitys (pystytys)
- C-varren, potilastukivarren, putkipään ja kefalostaatin kiinnitys (olkavarsi)
- piirikorttien asennus, esiasetukset ja laitteen sähköinen testaus (elko eli testaus),
- laitteen kalibrointi ja testikuvaus (suuntaus)
- tarvikkeiden keräys, laitteen verhoilu ja paketointi (pakkaamo).

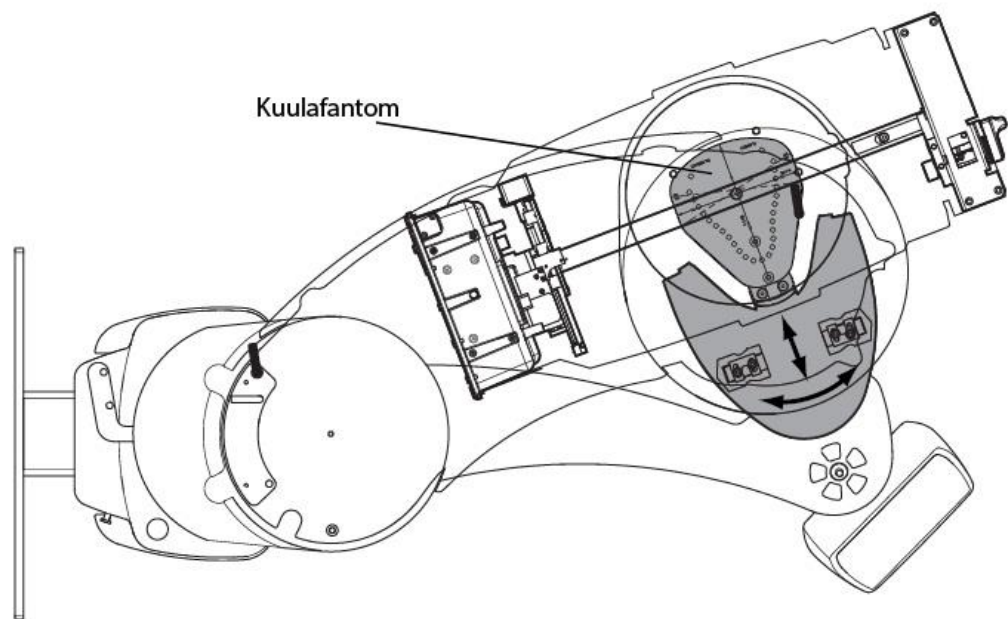
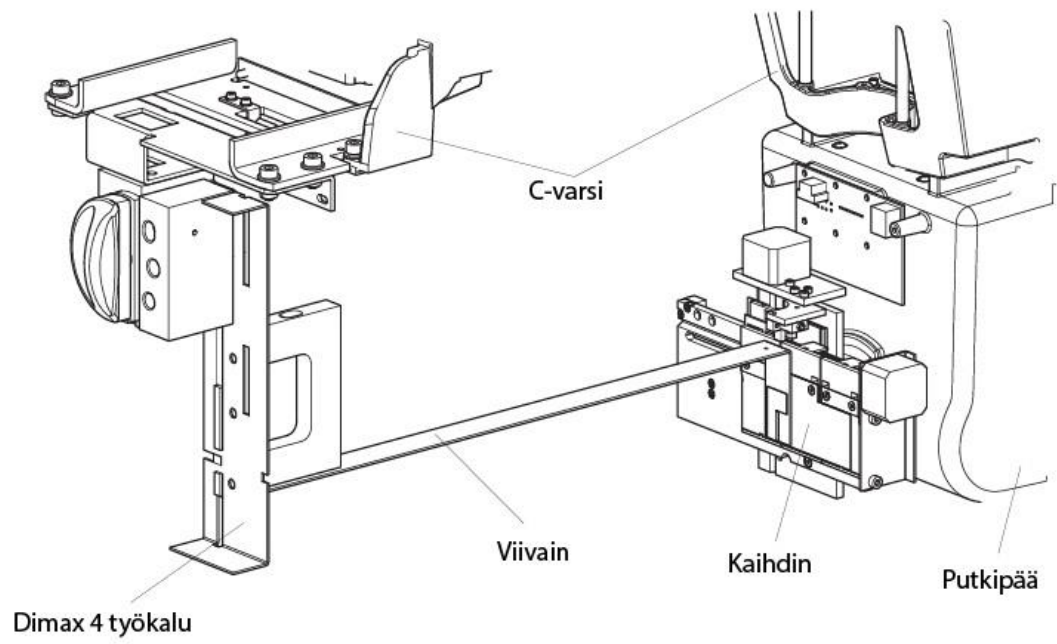


Kuva 1. ProMax MID -laite (1, s. 183 - 184).

Tämän insinööriyön kannalta tärkeimmät osa-alueet ovat suuntaus ja pakkaamo. Suuntaajien tärkeimmät työvaiheet ovat kuvausgeometrian säätö ja laitteen kalibrointi. Toinen tärkeä elementti on kefalostaatin säätö. Kefalostaatilla voidaan ottaa potilaasta koko kallon kattava kuva, josta voidaan määrittää esimerkiksi leuan asento. Kuvausgeometrian säätöön käytetään kolmea työkalua, jotka ovat kuulafantom, viivain ja Dimax 4 -kalibrointityökalu. Kuulafantom kiinnitetään potilastukeen ja viivain asetetaan Dimax 4 -työkalun (sensorin paikalla) ja putkipäässä olevan kaihtimen väliin.

Viivaimen ja kuulafantomissa olevien viivojen avulla suuntaaja säätää ns. linjat x- ja y-suunnassa. Kun viivat asettuvat viivaimen kanssa kohdilleen molemmissa suunnissa, kuvausgeometria on kohdallaan ja askelmootorit voidaan kalibroida. Kuvassa 2 (ks. seur. s.) selvennetään kuvausgeometrian säätöä. Näitä tarvikkeita ei ole aikaisemmin lähetetty asiakkaille, elleivät he niitä erikseen ole toivoneet. Järjestelmän käyttöönoton jälkeen nämä ja muita kalibrointitarvikkeita lähetetään jokaiselle asiakkaalle.

Asiakas tarvitsee kalibrointitarvikkeita asennusvaiheessa, huoltojen yhteydessä ja aina, jos vaihdetaan osa, joka vaikuttaa kuvausgeometriaan. Hyötynä kyseisten tarvikkeiden lähettämisessä on se, että asiakas saa työkalut, joilla laite on suunnattu, eikä laitteen asennus voi epäonnistua työkalujen puutteellisuuden tai viallisuuden takia.



Kuva 2. Kuvausgeometrian säätö sivusta ja ylhäältä (1, s. 110 - 111).

2.2 Lisätarvikkeiden keräys

Asiakkaan tilaaman röntgenlaitteen mukaan toimitetaan tarvikelaatikko, joka sisältää kaikki tarvittavat kalibrointi- ja kuvaustarvikkeet. Asiakas voi halutessaan tilata lisätarvikkeita, jotka pakataan samaan laatikkoon. Tarvikelaatikon sisältö näin ollen vaihtelee jokaisella asiakkaalla.

Tarvikkeet paketoidaan kuplamuoviin tai minigrip -pusseihin ja asetetaan laatikon pohjalle. Laatikon avatessaan asiakas joutuu etsimään jokaiseen työvaiheeseen tarvittavan osan erikseen pussien seasta. Ongelmaksi muodostuu se, että joitain osia saattaa jäädä pussien sekaan ja päätyä roskakoriin. Tarvikkeiden pitkäaikainen säilyttäminen on myös hankalaa.

Erikseen pakatut työkalut myös liikkuvat herkemmin tarvikelaatikossa ja saattavat aiheuttaa vaurioita muille työkaluille. Nämä seikat johtavat siihen, että asiakastytyväisyys pakkauksen osalta ei ole toivotun mukainen. Kuvassa 3 esitellään tarvikkeet, joita tyypillisesti toimitetaan asiakkaalle:



Kuva 3. Lisätarvikkeet pöydällä ennen paketointia.



Kuva 4. Vanha pakkausmetodi, jossa tarvikkeet kuplamuovipusseissa.

Kuvasta 4 voitiin havaita pakkauksen epäjärjestelmällisyys nykyisellä järjestelmällä. Hyvän kokonaiskuvan aikaansaamiseksi asiakkaiden tilauksia keräiltiin kahden viikon ajan. Käytännön työ opetti paljon tarvikkeista ja laitteista, sekä niiden valmistusprosessista.

Tarvikelaatikkoon tulee suunnitella lisätarvikesettejä, jotka sisältävät kaikki tarvikkeet erillisissä laatikoissa siististi paketoituna. Näin asiakas saa ehjän tuotteen eikä hävitä tarvikkeita niin helposti, kuin ne olisivat erillisissä pusseissa. Perehdytyksen aikana työntekijöiltä sai hyviä vinkkejä settien suunnitteluun ja jaotteluun.

Työntekijän kannalta keräilyprosessi on hidas ja epäjohdonmukainen. Tarvikkeita löytyy tarvikeshyllyn molemmiin puoliin, ja niiden löytäminen koodien perusteella on hankalaa, varsinkin uudelle työntekijälle. Kuvassa 5 nähdään keräilyhylly (ks. seur. s.), josta työntekijä kerää tarvikkeet.

Lisäksi ohjeita on kymmeniä vaihtoehtoja eri laitteille ja kielivaihtoehdoille. Kiireen aikana syntyy pakkauspuutteita ja virheellisiä toimituksia. Pakkauspuutteet ovat turhia ja kalliita korjata, sillä puuttuva osa joudutaan lähettämään asiakkaalle erikseen pakattuna. Tämä on tehtävä mahdollisimman nopeasti, jotta asiakastytyvyisyys ei kärsisi enempää.



Kuva 5. Keräilyhyllyn etupuoli, josta suurin osa ohjeita.

Tuotteiden valmistusmäärät ovat sidonnaisia saatuihin tilauksiin. Kun tuote valmistetaan tilauksesta, saatetaan joutua valmistamaan suuria määriä yhtenä viikkona, mutta seuraavana taas ei ollenkaan (2, s. 113). Runsaan kuormituksen ja kiireen aikana tämä tapa johtaa viivästyksiin ja virheisiin. Tuotannon tasaus kiireen aikana on oleellista toimitusvarmuuden kannalta.

Uudentyyppisellä järjestelmällä, jossa suurin osa tarvikkeista on jo valmiiksi pakattuna päästään paljon parempaan tulokseen kiireen aikana. Silloin kun ei ole kiirettä, tyhjiä pakkauksia voidaan täyttää ja saada näin ostettua lisää aikaa kiireen varalle. Tämä johtaa myös tehokkuuden parantumiseen, koska työntekijöiden työaika voidaan hyödyntää paremmin myös hiljaisempina ajankohtina.

Välivaraston olemassaolo on välttämätöntä tasaamaan vaihtelut toimitusprosessissa. Välivarastoa tulisi olla silti mahdollisimman vähän, jottei hukkaa syntyisi. Hukka on kaikki lisäarvoa tuottamaton toiminta valmistusprosessissa (2, s. 28). Pienen puskurin varastointi auttaa tasoittamaan tilauksien epäsäännöllisyydestä ja laitetyyppien vaihteluista johtuvan kiireen ja viivästyksien vaikutusta.

Vanhassa pakkaamon pohjakaavassa oli työn sujuvuuden kannalta ongelmakohtia. Tarvikkeet olivat sijoiteltu ajan mittaan niille vapautuneille paikoille ja kokonaisuus oli jäänyt miettimättä. Pakattavat tarvikkeet eivät olleet johdonmukaisesti aseteltu työvaiheen vaatimalla tavalla.

Työntekijä joutuu liikkumaan turhaa hakiessaan osan tarvikkeista toisaalta, vaikka paremman suunnittelun avulla tarvikkeet saataisiin työpisteen välittömään läheisyyteen. Kaikki turha liike työaikana, kuten tarvikkeiden hakeminen toisaalta on hukkaa (1, s. 29). Pohjakaavan ongelmakohtiin paneuduttiin opiskelijaharjoittelijan toimesta. Uuden pohjakaavan toteuttaminen vaatii nykyisen pakkaustavan muuttamista.

3 Työhön liittyvät tutkimukset

3.1 Asiakaspalautetutkimus

Asiakaspalautetutkimuksen ensisijaisena tarkoituksena oli etsiä mahdollisia virheitä Lean-järjestelmän rakennemallista. Rakennemalli määrittää kaikki, mitä laitteen mukana toimitetaan. Sen perusteella tilauksen vastaanottaja konfiguroi laitteen asiakkaan toivomusten mukaiseksi. Rakennemalli sisältää paljon ehtoja, jotka lisäävät tai poissulkevat joitakin komponentteja tilauksesta.

Ehtoesimerkkinä on USA:han toimitettavien laitteiden maakohtainen ehto. Se määrittää laitteen käyttöjännitteen ja vaihtaa laitteen mukana toimitettavan virtajohdon. Samaan aikaan tämä kytkee päälle muita ehtoja, jotka liittyvät USA:n toimituksiin. Tämä on monimutkainen järjestelmä, johon on helposti voinut jäädä virheitä. Suurin osa virheistä on korjattu jo aikaisemmin, mutta osa on saattanut jäädä piiloon.

Rakennemalli määrittää myös talon sisäisessä toiminnassa tarvittavia lomakkeita ja työkortteja. Pakkaamon toiminnassa tärkein lomake on keräilylista, jonka mukaan keräilijä kerää asiakkaan tilaamat tuotteet tarvikelaatikkoon. Virhe tässä listauksessa tarkoittaa suoraan virheellistä toimitusta, joka ei kuitenkaan ole keräilijän tekemä virhe.

Ennen palautteet syötettiin Lean-järjestelmään manuaalisesti asiakkaan palautteen perusteella. Tämä oli kankeaa ja uuden järjestelmän kehittäminen koettiin tarpeelliseksi.

Yksi uuden järjestelmän tavoitteista oli helpottaa palautteen antamista ja antaa asiakkaalle polku palautteen antamiseen internetin välityksellä. Kehitystyö jäi hieman kesken, eikä järjestelmästä ole otettu vielä kaikkea hyötyä irti. Todellisuudessa palaute joudutaan nykyäänkin manuaalisesti kirjaamaan järjestelmään, asiakkaan täyttämän excel-lomakkeen pohjalta. Koska palautteen kirjausta ei ole automatisoitu, kaikki palautteet eivät päädy järjestelmään, vaan jäävät roikkumaan sähköposteihin, muistioihin ja jälleenmyyjille. Tästä huolimatta järjestelmässä on suuri määrä palautteita, joista puutteita voitiin etsiä.

Kaikki pakkaamon toimintaan liittyvät palautteet käytiin läpi ja järjestettiin järkeväksi kokonaisuudeksi. Kävi ilmi, että puutteet toimituksissa, virheet maalipinnassa tai verhoiluissa ja väärän väriset verhoilut olivat suurimmat pakkaamo koskevat ongelmat. Puutteellisten toimitusten tapauksissa Leanista etsittiin laitteen keräilylista, josta katsottiin olisiko toimitukseen kuulunut kerätä kyseinen tarvike. Jos keräilylistalla ei lue kyseistä puuttuvaa osaa on kyseessä joko myyjän tekemä virhe tai rakennemallivirhe. On myös mahdollista, että asiakas on olettanut saavansa jotain hänelle kuulumatonta. Tarvikkeen puuttuessa keräilylistalta tutkittiin sen aiheuttamaa syytä Leanin rakennemallista.

Kaikki asiakkaiden antamat palautteet eivät olleet tarvittavan täsmällisiä, jotta niistä olisi saanut kunnolla selvää. Monesta palautteesta puuttui osa tiedoista, jotka helpottavat suuresti työtä lukijan puolella. Kielitaito ja tietous laitteesta vaikuttavat myös siihen millainen palaute saadaan. Joidenkin palautteiden osalta täytyi siis tehdä kattavampi selvitys ja etsiä Lean-järjestelmästä vihjeitä siitä mitä asiakas on mahdollisesti tarkoittanut.

Laitteen mukana toimitetaan kaksi kopiota keräilylistasta asiakkaalle. Keräilylistalta asiakas löytää kolme koodia, jotka liittyvät eri toimintoihin Lean-järjestelmässä. Koodit ovat nimiketunnus, tilaustunnus ja työnnumero. Näiden lisäksi listalta löytyy sensorin sarjanumero. Nimiketunnus kertoo laitteen mallin, josta ei ole hyötyä tässä tutkimuksessa. Tilaustunnus kertoo kaikki laitteet, jotka ovat toimitettu asiakkaalle samalla tilauksella. Tämäkään ei hyödytä laitteen kohdennuksessa, jos tilauksessa on useampi laite. Työnnumero on se, jonka avulla löytää kaikki tiedot laitteesta suoraan. Sensorin sarjanumerolla saa myös laitteen tiedot helposti esiin. Osassa palautteista oli kirjattu lukijan kannalta väärät tunnukset, mikä hankaloitti tutkimusta.

Järjestelmään kirjattuja toimituspuutteita on runsaasti, mutta suhteutettuna toimitettujen laitteiden määrään se on mitätön. Puutteet ovat silti aina epätoivottuja, jonka takia niistä

halutaan kokonaan eroon. Nykyinen järjestelmä mahdollistaa virheiden synnyn liiankin helposti. Pakkauspuutteista päästään eroon ainoastaan tarkkaavaisemmalla työllä ja uudella virheiden mahdollisuuden minimoivalla järjestelmällä.

3.2 Tutkimus tarkastajien kirjauksista

Röntgenlaitteiden saapuessa pakkaamoon, osa laitteista otetaan tarkastukseen. Ennen tarkastusta laite verhoillaan verhoilupisteellä ja laitteen mukana toimitettavat lisätarvikkeet kerätään tarvikelaatikkoon. Tarkastuspisteellä tarkastajat käyvät laitteen perinpohjaisesti läpi. He tarkastavat linjastolla syötetyt asetukset ja loppusuuntauksessa tehdyt säädöt sekä kalibroinnit. Lisäksi he tarkastavat maalipinnat, ajoäänet kaikista moottoreista ja tarvikelaatikon sisällön.

Kaikista puutteista kirjataan yksityiskohtainen tieto siitä, mitä puutteita oli ja missä laitteessa ne havaittiin. Nämä kaikki kirjataan samaan tiedostoon Excelin välityksellä. Microsoft Excel macro enabled document (.xlsm) mahdollistaa tallennuksen verkon välityksellä samaan dokumenttiin usealla eri laitteella.

Kaikki tiedostoon kirjatut virheet käytiin läpi ja järjestettiin aiheen perusteella. Näin niistä voitiin jäljittää ongelman syntyipaikka ja niihin pystyttiin puuttumaan. Kirjauksista löytyi paljon hyödyllistä tietoa linjaston kehittämiseen. Näistä suodatettiin ongelmat, jotka olivat syntyneet pakkaamossa ja keskityttiin niiden eliminoimiseen. Muut ilmi tulleet ongelmat otettiin esiin kokouksessa, jotta nekin saataisiin poistettua. Suurimmat pakkaamon toimista johtuneet ongelmat olivat tarvikepuutteita.

Kiinnitysruuvipussin sisällössä oli ollut paljon puutteita, jotka olivat riippumattomia pakkaamon toiminnasta. Myös kokonaisia pusseja oli unohtunut toimituksesta. Kiinnitysruuvit ovat laitteen asennuksen kannalta olennainen osa, sillä ilman laitteen kiinnitystä seinään sitä ei voi ottaa pois suojapakkauksesta. Näissä tapauksissa on täytynyt luottaa asentajan ammattitaitoon ja toivoa sitä, että hänellä on mukana ylimääräisiä kiinnitystarvikkeita. Tämän ongelman korjaamiseksi tuli ehdotuksia pussin punnitsemisesta, sen muuttamiseen vakuumpakkaukseksi. Näin sen tarkastaminen silmämääräisesti olisi helpompaa.

Toinen vakava ongelma löytyi Dimax 4 -kalibrointityökalun väärästä säädöstä, joka ei usein mahtunut sille tarkoitettuun liittimeen. Tämän korjaamiseksi työkalujen kokoonpanijoille ilmoitettiin muutoksesta ohjeeseen, joka estäisi tämän tulevaisuudessa.

Ongelmia oli myös leukatuen ja ohimotukien sopivuudessa. Tähän ongelmaan oli kaksi korjausvaihtoehtoa. Ensimmäinen vaihtoehto olisi ollut suuntaajien työkalujen vaihtaminen uusiin puolivuositain, mikä estää niiden liiallisen kulumisen. Toisena vaihtoehtona olisi ollut käyttää asiakkaalle toimitettavia kuvaustarvikkeita. Lopulta päädyttiin siihen, että järjestelmän käyttöönoton jälkeen suuntaajat alkavat käyttää asiakkaan tarvikkeita samalla testaten niiden sopivuutta. Tämän takia suuntaajien työhön tulee lisää pakkauksien avaamista ja kuljetusta.

Pakkaaja oli myös joissain tapauksissa unohtanut laittaa takuuohjeet mukaan tilaukseen. Tähän ongelmaan esitettiin kahta parannusvaihtoehtoa, jotka olivat takuuohjeiden esikereäys ohjekansioihin, minkä johdosta ohjeiden tulostajille tulisi lisätyötä. Toinen vaihtoehto oli kaikkien ohjeiden sähköistäminen (muistitikulle) ja korvaaminen pika-asennusohjeella. Sähköistämisen esteenä oli joidenkin maiden lainsäädäntö siitä, että ohjeet täytyy olla paperisena, eikä näin ollen päästy yhteisymmärrykseen.

3.3 Tutkimus erikoislisätarvikkeista

Tarvikelaatikkoon pakataan tiettyjä tarvikkeita, jotka menevät asiakkaille vain jos ne erikseen tilataan. Nämä erikoislisätarvikkeet oli syytä selvittää työn jatkon kannalta, jotta setteihin jaottelu olisi mahdollisimman helppoa. Lisätarvikesetteihin on myös tehtävä ylimääräinen paikka näille tarvikkeille. Tällä vältetään turhien pussien ja pakettien toimittaminen sekä saadaan kaikki tarvikkeet kätevästi samaan laatikkoon.

Sekaannusten välttämiseksi pakkauksiin ei haluta ylimääräisiä koloja tarvikkeille, joita ei toimiteta asiakkaalle. Jokainen tarvikkeen paikka, joka ei täyty olisi hyvä saada piilotettua niin, että sen näkee vain, jos tarvike on tilattu. Sekaannus voidaan välttää myös hyvällä kuvallisella ohjeistuksella, joka samalla poistaisi työvaiheen vaahtomuovin asettelusta. Lopulta päädyttiin vaihtoehtoon, jossa vesileikattujen vaahtomuovien ylijäämäpalat asetetaan paikalleen.

Tuoteperheen kalleimmissa laitteissa on 3D-sensori, eikä 2D-kuvaustarvikkeita tarvita, ellei 2D-kuvausominaisuutta ole erikseen tilattu. Leukakuppia tarvitaan riippumatta laitteesta. Sen sijaan, että laukakuppi olisi ollut molemmissa pakkauksissa, sijoitettiin se ainoastaan 2D-kuvaustarvikelaatikkoon. Tämän myötä tehtiin päätös, että 2D kuvaustarvikelaatikko toimitetaan jokaisen laitteen mukana.

Leukatuen korottamista varten suunnitellut korokepalat toimitettiin aikaisemmin kaikille 3D-laitteen tilanneille asiakkaille. Tutkimuksessa saatiin selville, että ne ovat täysin turhia asiakkaille. Vain MaxMax laitteen käytön yhteydessä ne ovat tarpeellisia. Tähän tehtiin muutos ja jatkossa korokepaloja lähetetään vain MaxMax laitteen mukaan.

Tutkimuksessa täytyi lisäksi selvittää joidenkin harvoin toimitettavien tarvikkeiden käyttöä. Impression Scan Set niminen tarvike oli yksi näistä. Tarvikkeen käyttötarkoitus täytyi selvittää tuotespesialistien kanssa. Tarvike voitiin tilata vain 3D-laitteiden mukaan, jonka takia sen paikka laitettiin 3D-kuvaustarvikepakkaukseen.

3.4 Asiakastyytyväisyyskysely

Asiakkaan kannalta on tärkeää, että hänen toiveensa on otettu huomioon uutta järjestelmää kehitettäessä. Pakkauksien suunnittelun kannalta on myös tärkeää nähdä asiakkaan tarpeet pakkauksien toimivuudessa. Asiakkaita tässä tilanteessa ovat asentaja ja loppukäyttäjä. Asentaja avaa tarvikelaatikon ja asentaa laitteen sieltä löytyvillä tarvikkeilla. Kysely suunnattiin asentajille sillä tietokantaa loppukäyttäjistä ei ollut, minkä vuoksi heidän mielipidettään ei voitu kysyä.

Asiakastyytyväisyyskyselyn kysymykset laadittiin yhteistyönä muiden työntekijöiden kanssa. Kysymykset suunniteltiin niin, ettei niitä voida ymmärtää väärin. Kysymykset liittyivät suoraan tai epäsuorasti tarvikelaatikon paketointiin ja käyttöön, yhtä yleistä kysymystä lukuun ottamatta. Kysely lähetettiin kaikille suurimpien jälleenmyyjien asentajille. Vastausaikaa annettiin viikon verran. Jos asentaja ei ollut vastannut kyselyyn, järjestelmä lähetti automaattisesti uuden viestin viimeisenä päivänä. Kyselyyn johtanut linkki toimi samalla katkaisijana uudelle ilmoitukselle.

Kyselyn vastaukset saatiin helposti poimittua järjestelmästä ja siirrettyä Exceliin tarkempaa käsittelyä varten. Kyselyn tulokset olivat valaisevia, vaikka eivät niin yksimielisiä, kun aluksi luultiin.

Asentajat olivat suurelta osin tyytyväisiä tarvikelaatikon nykytilaan. Tähän saattaa vaikuttaa huomattavasti se, että he ovat ajan mittaan tottuneet tähän järjestelmään, eivätkä ole pohtineet muita vaihtoehtoja. Seuraavassa tuloksia kysymyksiin, joissa vastausvaihtoehdot olivat numeroin asteikolla 1 - 5:

1. Minkälaisen kokonaiskuvan sait pakkauksesta? Keskiarvo 4
2. Kuinka helppoa pakkauksen sisältö oli tarkastaa keräilylistan avulla? Keskiarvo 3,75
3. Kuinka hyvin tarvikelaatikon paketointi vastasi odotuksiisi? Keskiarvo 3,85
4. Kuinka hyvin tarvikelaatikko oli järjestelty? Keskiarvo 3,625
5. Kuinka tärkeänä pidät kierrätettävyyttä? Keskiarvo 4.

Kierrätettävyyttä pidettiin tärkeänä ominaisuutena ja se huomioitiin uudessa pakkausratkaisussa. Kysely kokonaisuudessaan ja sen vastaukset löytyvät liitteistä. Huomioitavaa kyselyn lopputuloksessa on se, että keskiarvo ei ole kovin hyvä mittari sillä vastaajamäärä ei ollut suuri. Niihin kohtiin, jotka saivat arvosanoja 2 ja 3, keskityttiin enemmän. Kysely kokonaisuudessaan löytyy liitteenä.

3.5 Kannattavuuslaskelma

Yrityksen näkökulmasta on tärkeää olla perillä säästöistä ja kuluista, joita uusi järjestelmä tuo tullessaan. Työn tarpeellisuuden ja kulujen selventämiseksi yritysjohdolle, täytyi tehdä tutkimusta uuden järjestelmän kustannusvaikutuksesta. Uusi järjestelmä helpottaa ja nopeuttaa pakkaamon arkea ja täten säästää aikaa pakkaajilta. Työn tehostaminen ja ajan säästö johtaa säästöihin työkustannuksissa. Kuluja nostavat tarvikkeiden kulutuksen lisääntyminen sekä pakkauksien pehmusteet ja laatikot. Laskelma tehtiin vuoden varrella tehtyjä toimituksia tutkimalla.

Uudessa järjestelmässä suurinta osaa tarvikkeista kulutetaan samaa tahtia kuin aiemmamassakin järjestelmässä. Neljä tarviketta ovat sellaisia, joita tulee kulumaan jatkossa enemmän. Nämä tarvikkeet ovat kuulafantom, viivain, varjostinlevy ja Frankfortlevy. Laitetoimitukset jaettiin niin, että listasta saatiin eroteltua maat joihin näitä tarvikkeita toimitetaan. Ennen kuulafantom on mennyt vain USA:han ja Japaniin ja viivain USA:han. Nämä ovat tarvikkeita, jotka toimitetaan myöhemmin kaikille asiakkaille.

Lopuista toimituksista voitiin laskea prosentuaalinen osuus laitteista, joiden mukana jatkossa kyseiset tarvikkeet menevät. Niiden avulla pystyttiin laskemaan arvio tulevasta kulutuksesta. Laskelmasta selvisi, että kuulafantomien kulutus lisääntyy 140 % ja viivaimen 118 %. Fluoresenssilevy kuuluu jokaiseen toimitukseen, mutta uuden järjestelmän myötä kefalostaatin tilanneille asiakkaille toimitetaan toinen fluoresenssilevy kefalosensorin suoruuden tarkastamiseen. Tämä kasvattaa fluoresenssilevyjen kulutusta 70 %. Frankfort levyn kulutus kasvaa 102 % entisestään. Tarvikkeiden kulutuksen kasvua ei toisaalta voida laskea uuden järjestelmän kuluiksi, koska asiakkaiden toiveiden ja yritysjohton päätöksen pohjalta nämä oltaisiin jatkossa lähetetty asiakkaille joka tapauksessa.

Työvaiheen nopeutumisen arviointiin käytettiin LAM-ohjelmistoa, johon kaikki työt ja niiden vaiheet ovat yksityiskohtaisesti kirjattu. Tietokannasta voitiin erotella kaikki työn vaiheet, jotka tulevat säilymään ja poistaa katoavat vaiheet. Kadonneiden työvaiheiden tilalle sijoitettiin työvaiheet, jotka korvaavat nämä tulevaisuudessa. Laskennan lopputulos ei ollut luotettava sen takia, että LAM-kuvaukseen kirjatut työvaiheet olivat epäinhimillisen nopeita. Myöhemmin kuitenkin selvisi, että kyseessä oli virhe, koska osa ajoista puuttui.

Virheestä johtuen keräilyaikojen mittaaminen suoritettiin sekuntikellolla mittaamalla, jokainen vaihe erikseen ja lopuksi kaikki ajat summattiin yhteen. Ensin keräily suoritettiin vanhalla järjestelmällä, jonka avulla saatiin mitattua pohja-aika, jonka perusteella säästetty työaika voitiin laskea. Tämän jälkeen sama keräys suoritettiin uutta järjestelmää jäljittelemällä, sillä sitä ei oltu vielä otettu käyttöön. Mittaus tehtiin 2D-laitteen keräilytyöstä, jonka avulla pystyttiin arvioimaan muiden laitteiden keräilyajat. Arviot olivat mahdollisia, koska tarvikkeet ovat suurelta osin samoja, määrien vaihdellessa.

Kannattavuuslaskelmaan otettiin huomioon tarvikkeiden kulutuksen kasvaminen, työkulujen pieneneminen ja uusien pakkauksien hinnat. Kokonaisuutena uusi järjestelmä tulee maksamaan yritykselle enemmän, kuin entinen järjestelmä. Järjestelmän asiakkaalle tuottama lisäarvo on olennaista huomioida mietittäessä kuluja. Keräilyvaiheen kokonaisajan säästöä saatiin 30 - 50 % riippuen siitä, pakataanko pakkaukset talon sisäisesti ja onko ohjeet sähköisessä muodossa muistitikulla. Lopputulokseen myös vaikuttaa pohjakaavan muutos, jonka suunnittelu aloitettiin projektin loppupuolella.

4 Lisätarvikesetit

4.1 Setteihin jaottelu

Panoramaröntgenlaitteperhe on laaja, mikä sisältää yhteensä seitsemän laitetta. Jokaisen laitteen mukaan toimitetaan toisistaan eroava kokonaisuus tarvikkeita ja samankin laitteen välillä on eroja tarvikkeiden määrissä.

Karkea setteihin jaottelu aloitettiin pohtimalla, mitä tarvikkeita tarvitaan missäkin työvaiheessa. Työkalut jaoteltiin asennustarvikkeisiin, asiakkaan kuvaustarvikkeisiin, kalibrointityökaluihin, ohjeisiin ja laatutyökaluihin. Jokaiselle laitteelle tehdään oma setti. Settejä tulisi olla mahdollisimman vähän varastopaikkojen säästämiseksi, sillä varastointi on kallista eikä ylimääräistä varastointitilaa löydy.

Ihannetilanteessa pakkaus olisi sellainen, että siihen mahtuu useampi kuin yksi tarvikekokonaisuus. Tähän ideaan päästiin vain pienessä osassa pakkauksista, sillä yhdistäviä tekijöitä ei kaikista löytynyt tarpeeksi niiden yhdistämiseksi. Jos eri laitteille tarkoitettuja settejä ei voitu yhdistää samaan vaahtomuoviin, niistä pyrittiin tekemään ulkomitoiltaan samankokoisia. Laatikoiden valmistusmäärän lisääntyessä yhden laatikon hinta tippuu samalla, kun varastotilan tarve pienenee. Nämä johtavat kustannusten pienemiseen.

4.1.1 Asennustarvikkeet

Kiinnitystarvikkeisiin kuuluvat seinäkiinnityslevy ja siihen tarvittavat kiinnitystarvikkeet. Nämä tulevat alihankkijalta lavalla, isoihin laatikoihin paketoituna. Tehtaalla niihin lisätään osia ja pehmustetaan. Ratkaisuksi tähän suunniteltiin laatikko, johon valmistaja laittaa seinäkiinnityslevyn ja siihen lisättävät osat valmiiksi.

Taloon saavuttaessa laatikon sisältö tarkastetaan ja sinne lisätään kiinnitystarvikkeet. Muita asennustarvikkeita ovat ns. kuolleenmiehen kytkimen asennustarvikkeet ja verkkojohtopakkaus Lan-verkkoon kytkemiseksi. Asennustarvikepakkauksia on kokonaisuudessaan viisi:

1. seinäkiinnitystuen setti ProMax
2. seinäkiinnitystuen setti ProOne
3. KMK-kytkin setti (USA ja japani malli)
4. KMK-kytkin setti (muu maailma)
5. kaapelilaatikko.

4.1.2 Asiakkaan kuvaustarvikkeet

Asiakkaalle jää kuvaustarvikepakkaus, joka sisältää kaikki tarvikkeet potilaan asetteluun. Kaksi- ja kolmiulotteiseen kuvantamiseen suunniteltiin omat pakkaukset. Laitteen ominaisuuksista riippuen asiakkaalle toimitetaan joko yksi tai kaksi kuvaustarvikepakkausta.

Kaikille tarvikkeille ei ollut selkeää paikkaa pakkauksissa. Näissä tapauksissa tarkastettiin rakennemallista ehdot, jotka määrittävät milloin kyseiset tarvikkeet tulevat. Yksi näistä lisäosista oli korvatuet ja nenätuki. Nämä toimitetaan asiakkaalle ainoastaan kefalostaatin mukaan. Kefalostaatin voi tilata sekä 2D- että 3D-laitteeseen, josta seurasi kysymys kumpaan pakkaukseen ne kuuluvat. Paikaksi näille tarvikkeille päätettiin 2D-pakkaus, koska kefalostaatissa on 2D-sensori ja sen mukaan toimitetaan 2D-pakkaus.

4.1.3 Kalibrintitarvikkeet

Röntgenlaitteet kalibroidaan tehtaalla ja kalibrointiin vaikuttavat osat sinetöidään lakalla, että niistä näkee, ovatko osat liikkuneet toimituksen aikana. Kun laite saapuu asiakkaalle, asentaja asentaa laitteen ja viimeistelee asennuksen ottamalla testikuvia. Näitä kuvia hän vertaa tehtaalla otettuihin kuviin ja tekee päätöksen, tarvitseeko laitetta kalibroida uudelleen.

Kalibrintitarvikesettejä tulee olemaan neljä, vaikka laitteita on seitsemän. Osa laitteista voidaan yhdistää samaan settiin niin, että molempien laitteiden työkaluille tehdään omat paikat. Osa työkalujen paikoista suunnitellaan niin, että niitä voidaan käyttää molempien laitteiden työkaluilla. Kalibrintityökalu setit ovat:

- ProOne
- ProMax 2D
- ProMax 3D, ProMax MID ja ProMax Plus
- ProMax Max ja ProMax Maximity.

4.1.4 Laitteen mukana toimitettavat ohjeet

Ohjeet ovat suurin vaihtuva osa tilausten välillä. Ohjeita on käännetty monelle eri kielelle, mistä on seurauksena kymmeniä eri nimikkeitä. Kaikille kielille ohjeita ei kuitenkaan ole. Osa ohjeista korvataan näissä tapauksissa englanninkielisillä ohjeilla. Ohjeita on niin valtava määrä, että osan lajitteleminen valmiiksi selkeyttäisi hyllyjärjestystä ja auttaisi keräilijää työssään. Nimikkeiden määrä on keräilijälle suorastaan painajainen varsinkin silloin, kun laite toimitetaan johonkin vähemmän volyymin maahan.

Kaikki hyllyssä olevat ohjeet löytyvät myös sähköisessä muodossa Planmecan verkkosivuilta. On eri asia, tarvitseeko asiakas kaikkia ohjeita paperisena. Paperinippujen tuostaminen tilanteissa, joissa asiakas ei niitä tarvitse, on turhaa ja ympäristöä kuormittavaa. Ratkaisuksi tähän on antaa asiakkaille vaihtoehto siitä, mitä ohjeita he haluavat paperisena.

Muita vaihtoehtoja toimittaa ohjeet on tallentaa ne laitteen muistiin, muistitikulle, DVD-levylle, käyttää verkkotallennusta tai jopa toimittaa ohjeet sisältävä tablet-laite asiakkaalle. Ohjeet voidaan jakaa suurten tilaajamaiden mukaan. Paperisena versiona ohjeiden setit ovat:

- USA:n ohjeet
- Ranskan ohjeet
- Saksan ohjeet
- Kiinan ohjeet.

4.1.5 Laadunvarmistustyökalut

Laadunvarmistukseen on kehitetty QUART-työkalusarja, jonka avulla voidaan tarkistaa säteilyntuoton laatu ja määrä. Laadunvarmistustyökalut ovat suunniteltu siihen, että niillä otetaan testikuvia säännöllisin väliajoin laadun säilymisen varmistamiseksi. Laatutyökalut ovat erillinen kokonaisuus muuhun laitteistoon nähden ja tästä syystä ohjeet niiden käyttämiseen sisällytetään pakkaukseen lisättävälle USB:lle. Paperisilta ohjeilta vältytään jatkossa, sillä kaikki kieliversiot ovat kätevästi samalla muistitikulla. Kätevyys piilee siinä, että suurin osa QUART-setin toimituksista menee Saksaan, minkä takia muut ohjeiden kieliversiot vievät vain tilaa hyllystä.

2D- ja 3D-laitteille on omat *fantomit*, täten ne tarvitsevat eri pakkaukset. 2D-*fantomeja* on kaksi erilaista joista molemmat ovat samankokoisia ulkopuolelta. 2D-setti suunniteltiin niin, että *fantomi* lisätään muiden tarvikkeiden jälkeen siinä vaiheessa, kun tiedetään, mihin maahan se toimitetaan. Suunnitteilla on, että tulevaisuudessa toisesta fantomista luovutaan, mikä helpottaa keräilyä siinä mielessä, ettei settiin tarvitse enää jälkepäin lisätä mitään.

3D-laitteiden oma QUART-työkalusarja toimitetaan yritykselle salkkuun pakattuna. Salkun huonona puolena on se, että osa tarvikkeista ei mahdu salkkuun. Valmistajaan otettiin asiassa yhteyttä ja pyydettiin ongelman ratkaisua, mutta ratkaisua tilanteeseen ei saatu. 3D-QUART-pakkaus ei kuulunut tähän työhön, sillä päätös siitä, että se toimitetaan salkussa oli tehty, eikä muutokseen oltu vielä valmiita.

4.2 Lisätarvikkeiden valmistuksen lisäys

Alkutilanteessa lisätarvikkeiden valmistus ei ollut riittävää, ja kiireessä tarvikkeet saattoivat yllättäen loppua. Suurta haittaa tarvikkeiden loppumisesta ei ollut, sillä tarvikkeet voitiin lisätä tarvikelaatikkoon vielä juuri ennen laitteen pakkauksen sinetöintiä. Vanha järjestelmä oli suunniteltu pienemmän määrän valmistamiseen, sillä tarvetta lähettää tarvikkeet kaikille asiakkaille ei nähty. Uuden näkemyksen mukaan laite kalibroidaan asiakkaalle toimitettavilla työkaluilla. Näin saadaan testikuvat näyttämään samalta asiakkaallakin. Tämä johtaa siihen, että lisätarvikkeita joudutaan valmistamaan huomattavasti enemmän.

Osa tarvikkeista tilataan valmiiksi koottuna valmistajalta ja niiden valmistusta on täten helppo lisätä. Sellaisten tarvikkeiden valmistusmäärää, jotka kootaan yrityksessä on hankalampi lisätä, sillä nykyistä työntekijäkapasiteettia täytyy silloin lisätä. Lisätarvikkeiden tuotannon täytyy lisäksi olla vakaata, koska myöhemmin ne eivät saa loppua kesken. Tarvikkeiden loppuminen kesken johtaisi siihen, että suuntaajat eivät voisi tehdä työtään ja tuotanto pysähtyisi.

4.3 Kalibrointityökalujen tarkkuuden parantaminen

Suuntaustyön kannalta kolme työkalua ovat avainasemassa kuvausgeometrian säädössä. Jokaiseen näistä työkaluista on tarkoituksellisesti jätetty toleranssi. Sen tarkoituksena on pitää työkalut helposti koottavina. Tämä on suunnitteluvaiheessa ollut täysin riittävä toimenpide, mutta nykyisellään toleranssi on liian suuri.

Asiakkailta on tullut palautetta siitä, että kalibrointikuvat eivät aina näytä samalta heidän omilla työkaluillaan. Tämä johtuu siitä, että suuntaajien ja asiakkaille toimitettavien työkalujen säädöt eivät ole identtisiä. Pieni ero kuvassa tuskin haittaa suurta osaa asiakkaista, mutta joskus se voi aiheuttaa sekaannusta esimerkiksi siinä, onko laite säilyttänyt säädöt kuljetuksen aikana. Tällainen tilanne voi tapahtua esimerkiksi silloin, kun suuntaajan työkalu on toleranssin toisessa ääripäässä verrattuna asiakkaan työkaluun. Jotta nämä sekaannukset voitaisiin välttää ja samalla tehdä asiakkaasta entistä tyytyväisempi, tarjotaan hänelle omat työkalut, jotka ovat kalibroitu juuri hänen laitteelleen.

Suuntaustyökalujen tarkkuuden parantamiseksi ja tasalaatuistamiseksi tulee niiden valmistukseen kehittää jigi, jonka avulla voidaan valmistaa identtisiä työkaluja. Jigien suunnittelusta vastasi tuotannon menetelmäsuunnittelija. Näillä työkaluilla suuntaaja suuntaa laitteen. Laitteissa ilmeneviä pieniä poikkeamia mitoissa voidaan vielä suuntauksen aikana kompensoida kalibroimalla viivain laitteen mukaan, jonka jälkeen kiinnitysruuvit si-
netöidään lakalla.

Tämä muuttaa suuntaajien työtapaa niin, etteivät he enää työskentele omilla kalibrointityökaluillaan. Asiakkaalle toimitettavien kalibrointityökalujen hyvänä puolena on se, että vuosihuollon ja uudelleenkalibroinnin tarpeessa, asiakkaalla on työkalut valmiina. Uudelleenkalibrointi tulee tarpeen, jos jokin kuvausgeometriaan vaikuttava mekaaninen osa vaihdetaan, kuten sensorin liitin, potilastukivarsi tai säteilylähde. Kalibrointitarvikkeiden toimittamisella varmistetaan myös asentajan suorittaman kalibroinnin tarkkuus.

5 Pakkauksien suunnittelu

5.1 Prototyypivaihe

Pakkausten suunnittelu aloitettiin tekemällä pakkauksista prototyypit. Näin niitä voitiin esitellä ja kokeilla. Suunnittelu alkoi etsimällä sopiva laatikko varastosta. Laatikot eivät olleet kaikille pakkauksille valmiiksi sopivia, joten niitä täytyi muokata tai joissain tapauksissa tehdä itse alusta alkaen. Prototyypipakkausten sisältö valmistettiin joko aaltopahvista tai vaahtomuovista, riippuen pakkauksen käyttötarkoituksesta. Prototyypipakkausten valmistukseen käytettiin vaahtomuovia, jolla oltiin pehmustettu sisääntulevaa tavaraa. Näin säästyttiin lisäjätteeltä ja ylimääräinen vaahtomuovi pääsi uusiokäyttöön. Myös aaltopahvia oli käytetty sisääntulevan tavaran kuljetuslaatikoissa ja välipahveina.

Tarvikkeet olivat kaikki erimuotoisia ja vaativat täten erisyntyisen kuopan vaahtomuoviin. Tämän takia vaahtomuovituoki oli toteutettava kerroksittain. Saatavilla olleet vaahtomuovit olivat paksuudeltaan 1 ja 1,5 cm, joista molempia kokovaihtoehtoja käytettiin suunnitteluun. Asentajalle tarkoitettuihin pakkauksiin sisältö suunniteltiin aaltopahvista, jotta säästyttäisiin turhalta jätteeltä ja saataisiin pakkauksesta kokonaisuudessaan kierätettävä. Vaahtomuovin käyttö näissä pakkauksissa olisi kaikin puolin turhaa, sillä heti asennuksen jälkeen nämä pakkaukset käsitetään jätteeksi. Seuraavissa kuvissa 6 ja 7 nähdään kokonaan aaltopahvista valmistetut prototyypit KMK-seteistä (ks. seur. s.).



Kuva 6. USA:n KMK-setti (alla näkyy asennuskaapeli).



Kuva 7. Muualle maailmaa toimitettava KMK-setti tarvikkeilla.

Sisällön hahmottelu aloitettiin sommittelemalla tarvikkeita laatikkoon. Samalla pohdittiin asiakkaan näkökulmasta, mitä tarvikkeita tarvitaan eniten ja sijoitettiin ne sitä silmällä pitäen. Tarvikkeiden vaihtoehtoisuutta ei saanut myöskään unohtaa. Osat, joita ei aina toimiteta, tulee sijoittaa niin että ne ovat helposti lisättävissä. Kun hyvä asetelma oli saavutettu, täytyi pohtia miten kaikki tarvikkeet saataisiin pakkauksen pinnalle samaan tasoon. Tämä toteutettiin mittaamalla vaahtomuovikappaleiden avulla jokaisen tarvikkeen tarvitsema kerrosten lukumäärä ja laittaa se muistiin leikkausvaihetta varten.

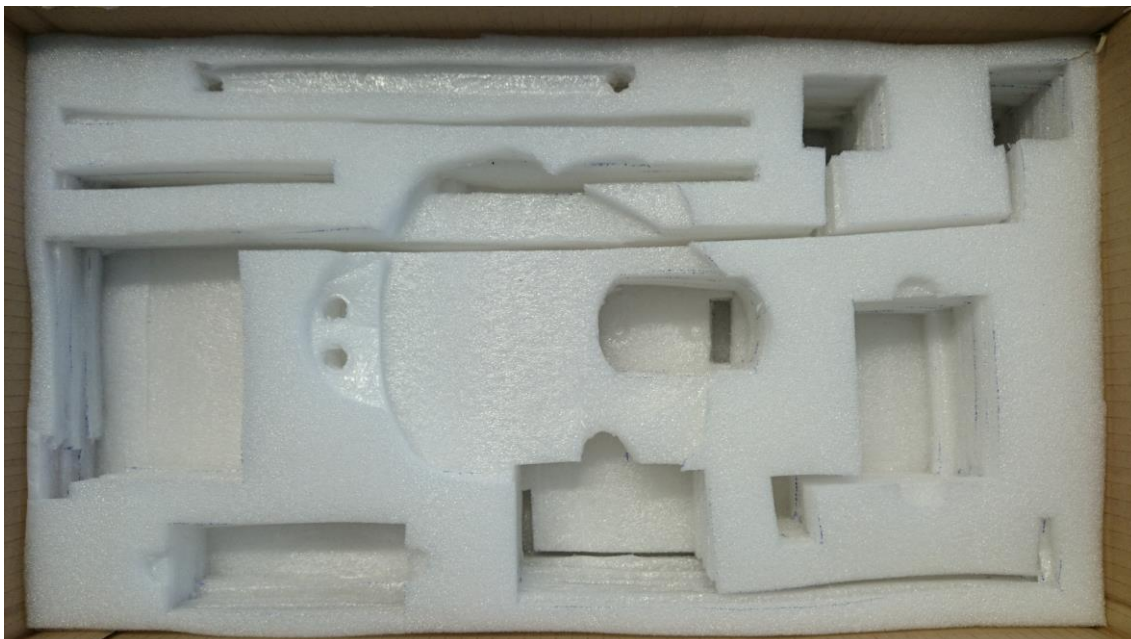
Leikkaaminen aloitettiin päällimmäisestä kerroksesta, koska siihen tulee kaikki reiät tarvikkeille. Päällimmäisen kerros täytyi leikata tarkasti, sillä jokainen virhe monistuisi kaikkiin kerroksiin. Kun ensimmäinen kerros oli leikattu muotoonsa, voitiin aloittaa leikkaaminen alimmasta kerroksesta ja siirtyä mallin avulla kerros kerrokselta ylemmäs.

Parhaimpaan lopputulokseen päästiin teippaamalla mallikerroksen kulmat kiinni leikattavaan kerrokseen, ettei leikattava kerros päässyt liikkumaan leikattaessa. Joihinkin laati-koihin tarvikkeiden sijoittaminen oli hankalaa, ja paras tapa oli leikata ensin osa rei'istä ja sommitella sitten jäljelle jääneet tarvikkeet. Seuraava kuva 8 näyttää vaahtomuovisen prototyypin 3D-potilaskontaktiosien setistä.



Kuva 8. 3D potilaskontaktiosetti sommitteluvaiheen edetessä

Päällimmäisiä kerroksia leikatessa tuli ottaa myös huomioon tarvikkeiden helppo irrottaminen ja tehdä sormille kolot tarvikkeen viereen. Sormien koloja suunniteltaessa tuli ottaa huomioon myös asiakkaan kätsisyys ja suunnitella kolot niin, että ne ovat käytettävissä molemmilla käsillä. Kaikkien kerrosten leikkauksen jälkeen ne liimattiin yhteen, jotta kunnollinen testaaminen olisi mahdollista. Parhaiten vaahtomuovien kiinnittämiseen toimi kaksipuoleinen teippi. Teippi oli helpointa leikata mattoveitsellä, kuin vaahtomuovikin, sillä teippi tarttui todella helposti saksiiin. Seuraavassa kuvassa 9 (ks. seur s.) nähdään 3D-kalibrointitarvikkeiden pakkaus kerrokset toisiinsa teipattuna. Tämä pakkaus toimii kahden erilaisen laitteen pakkauksena. Tarvikkeiden vaihtoehtoisuus otettiin siinä huomioon. Kuva lopullisesta mallista löytyy liitteestä 2.



Kuva 9. 3D- ja 3D MID-laitteiden kalibroitotarvikkeiden pakkaus.

Testatessa pakkausta huomattiin asioita, joita olisi voinut tehdä toisin, joka todistaa prototyypivaiheen tärkeyden. Tästä johtuukin, että joidenkin tarvikkeiden paikkaa tullaan siirtämään lopulliseen tuotteeseen, jotta niiden käyttö olisi mahdollisimman helppoa. Myös joitain tarvikkeita jouduttiin siirtämään toisiin setteihin järkevämmän sijoittelun takia, samalla niille täytyi luoda uudet ehdot Leanin rakennemalliin. Esimerkki tarvikesiirrosta on leukakuppi, joka kuuluu 2D-potilaskontaktiosasettiin, mutta ProMaxMax-laitteen mukana tätä settiä ei mene, jonka takia leukakuppi oli myös 3D-potilaskontaktiosasetissä. ProMaxMax laitteita tilataan suhteessa niin vähän, että oli järkevämpää lähettää laitteen tilaajalle myös 2D-potilaskontaktiosasetti sen sijaan, että tehtäisiin jokaiseen 3D-potilaskontaktiosasettiin ylimääräinen reikä leukakupille.

Pakkauksien monikäyttöisyys oli myös tärkeä osa pakkauksia suunniteltaessa. Samaa laatikkoon tulisi saada mahdollisimman paljon eri tarvikkeita, ettei laatikoiden määrä paisuisi ja varastointitilan tarve kasvaisi mahdottomiin. Suunnittelutyössä selvisi kumminkin, ettei kaikkia laatikoita voidaan käyttää eri tarvikkekokonaisuuksille. Samaa laatikkoa voidaan käyttää KMK-seteissä. Samoin seinäkiinnitysrautojen paketoinnissa voidaan käyttää samaa laatikkoa, jos USA:han toimitettavien ProOne laitteiden mukaan toimitettava lisärauta lisätään kaikkiin toimituksiin. Seuraavassa kuvassa 10 (ks. seur. s.) nähdään kyseinen lisärauta kiinnitettynä. Tämän tavan hyötynä olisi myös ProOne-laitteen helpompi kiinnittäminen riippumatta seinämateriaalista.



Kuva 10. ProMax (laatikossa) ja ProOne seinäkiinnikkeet.

5.2 Prototyyppien esittely

Prototyyppien teko oli tärkeää idean esittämiseksi johtoryhmälle, jotta tulevan järjestelmän muoto ja laajuus selviää heille. Esittelytilaisuudessa käytiin läpi pakkaamon nykyistä toimintaa ja pakkauksen ongelmakohtia. Samalla tuli ilmi uusia ideoita pakkauksen ohjeistukseen ja pohdintaa siitä, miten uusia pakkauksia esitellään ja mainostetaan asiakkaille. Johtoryhmän hyväksyntä uudelle järjestelmälle oli välttämätöntä, sillä uusien pakkauksien käyttöön liittyy kustannuksia. Uuden järjestelmän toteuttaminen vaatii myös paljon varastointitilaa.

Prototyyppijä esiteltiin myös Yhdysvaltojen jälleenmyyjälle, jotka tulivat katsomaan niitä ja antoivat vinkkejä uuden järjestelmän toteuttamiseen. Kävi ilmi, että osassa osavaltioista on lainsäädäntöjä, jotka edellyttävät testikuvien oton tietyin väliajoin. Tämän mahdollistamiseksi kalibrintityökalupakkauksien tulee olla erittäin siistejä, jotta asiakas säilyttäisi ne, eikä hävitä niitä vahingossa tai tahallaan.

Pakkauksien käyttäjien kannalta olisi ollut epäreilua olla kysymättä heidän mielipidettään pakkauksista, joten suuntaajien mielipiteet tuli ottaa myös huomioon. Heiltä tuli hyviä huomioita, jotka liittyivät esimerkiksi kuulafantomien käyttöön.

Suuntaajien kuulafantomit ovat hieman erilaisia muihin verrattuna siltä osalta, että niissä on silkkipainatukset potilasasetteluvalojen säätöä varten. Silkkipainatukset tulivat alun perin käyttöön sen takia, että potilasasetteluun tarkoitetuissa lasereissa oli vääristymiä ja niistä johtuneita lasereiden hylkäämisiä. Lasereita hylättiin niin paljon, että tarvittiin yhteinen toleranssi, jonka avulla hylättyjen lasereiden määrää voitiin vähentää. Ongelma voidaan ohittaa sillä, että kaikki normaali suuntaustyö tehdään asiakkaan kuulafantomilla ja lasereiden säätäminen tehdään suuntaajien nykyisillä kuulafantomeilla.

Muita suuntaajilta tulleita huomioita olivat työkalujen kiinnittämiseen tarkoitettujen kiinnityspalan käyttäminen suuntauksen läpi, sillä se menee myös asiakkaalle potilaskontakiosien kiinnitystä varten. Ongelmana kiinnityspaloissa on se, että ne ovat muovia ja kuluvat ajan saatossa, eivätkä suuntaajien kiinnityspalat täten aina vastaa suoraan muotista tulleita asiakkaan työkaluja.

Sama ongelma on ohimotuissa, sillä niitäkin käytetään useita kertoja päivässä, vuosien ajan. Ratkaisuja tähän ongelmaan on kaksi. Ensimmäinen vaihtoehto on käyttää asiakkaan kiinnityspalaa ja ohimotukia suuntauksessa. Tämä lisää suuntaajien tarvitsemia pakkauksia yhdellä kappaleella. Toisena vaihtoehtona on vaihtaa suuntaajien kiinnityspalat ja korvatuot puolivuositain, tarvittaessa useammin. Suuntaajien kannalta parempi vaihtoehto on vaihtaa työkaluja tarvittaessa, että välttäisi turhalta laatikoiden aukomiselta, mutta asiakkaan kannalta parempi vaihtoehto olisi se että kaikki tarvikkeet testataan. Lopulta päädyttiin ensimmäiseen vaihtoehtoon.

5.3 Materiaalivaihtoehdot ja kierrätys

Materiaalivalinta on pakkauksen kannalta tärkeä osa. Materiaalivalinnoilla voidaan vaikuttaa pakkauksen kestävyYTEEN, ympäristöystävällisyyteen ja esteettisyyteen. Asiakkaan näkökulmasta pakkaus tulisi olla esteettisesti miellyttävä, helppokäyttöinen ja helposti hävitettävä. Yrityksen puolesta pakkaus tulisi olla ympäristöystävällinen ja kustannustehokas, ottaen samalla huomioon asiakkaan tarpeet.

Kaikkia näitä seikkoja ei voida samalla painoarvolla ottaa huomioon, mutta kuitenkin lopputuloksen täytyy miellyttää kaikkia osapuolia. Ennen lopullisten päätösten tekemistä

erilaisia pakkausvaihtoehtoja täytyi kokeilla käytännössä, jonka takia valmistajaa pyydettiin tekemään prototyypit pakkauksista testiä varten.

5.3.1 Sisäiset materiaalivevaihtoehdot

Pakkauksien sisältö tulee saada pysymään paikoillaan vahingoittumatta asiakkaalle asti ja asiakkaalle jäävissä pakkauksissa siitakin eteenpäin. Pakkauksen täytyy suojata tarvikkeita iskuilta ja tärinältä kuljetuksen aikana. Huono materiaalivevaihto ja säästäminen tässä vaiheessa voivat kostautua. Tarvikkeita saattaa rikkoutua tai tärinän vaikutuksesta löystyneet ruuvit aiheuttavat tehtaalla tehtyjen kalibrointien häviämisen.

Asiakkaan pakkauksissa sisältö tulee myös olla materiaalivevaihto niin vahvaa, että se kestää kulutusta vuosia, mahdollisesti jopa koko laitteen elinkaaren ajan. Tähän tarkoitukseen löytyy useita erilaisia vaahtomuovilaatuja, joista valitaan ominaisuuksiltaan pakkaukselle sopivin vaihtoehto. Asentajalle tarkoitettuihin pakkauksiin sisältö suunnitellaan pahvista, näin pakkaus on asennuksen jälkeen helppo hävittää ja on kokonaisuudessaan kierrätettävä pahvijätteen mukana.

Pakkausfoamit

Pakkauspehmustukseen on markkinoilla monta erilaista foamivaihtoehtoa, joihin käytettäviä polymeereja ovat muun muassa:

- polystyreeni (PS)
- polypropeeni (PP)
- polyeteeni (PE)
- polyuretaani (PU).

Muita pakkauksissa käytettäviä muovilaatuja ja niiden johdannaisia on lukuisia määriä. Monia muovilaatuja voidaan vaahtottaa ja niin niistä saadaan valmistettua vaahtomuovia. Eri vaahtotetuilla muoveilla on erilaisia ominaisuuksia, kuten puristuvuus ja palautuvuus. Jotkin vaahtomuovit eivät normaalisti puristu ollenkaan ja puristuessaan eivät

enää palaudu oletustilaan, tästä esimerkkinä *styrox*. Toiset taas puristuvat helposti ja palautuvat oletustilaan.

Suunnitellussa järjestelmässä yksittäisen tarvikkeen paino mitataan grammasta 200 grammaan. Kilojen painoisten tarvikkeiden suojaamiseen tarvitse varautua, joten vaahdotuovin ei tarvitse olla kovaa suojatakseen ja pitääkseen tarvikkeet paikoillaan. Sen sijaan palautuvuus ja kestävyys on avainasemassa asiakkaalle käyttöön jäävissä pakkauksissa, joiden käyttö on päivittäistä ja niiden on tarkoitus kestää pitkään. Tähän tarkoitukseen valittiin neliömassaltaan kevyt kotimainen materiaali, jonka kestävyys pitkällä aikajänteellä on hyvä.

Kuituvalos

Kuituvaloksia käytetään paljon esimerkiksi kananmunien pakkauksissa ja hedelmien kuljetuspakkauksissa. Se on halpa materiaali ja vaatii vain vähän energiaa valmistukseen. Aloituskustannukset voivat olla mittavia muotin suuren hinnan takia, jonka takia tuotantomäärät on oltava suuria. Kuituvalokset valmistetaan samantyyppisellä prosessilla, kuin kartonki ja paperi. Tavoitteena prosessissa ei kuitenkaan ole saada tasaista levyä, vaan muotin mukainen valos. Kuituvalokset ovat valmiina tavallisesti harmaita tai valkoisia, mutta niitäkin voidaan värjätä. Myös vedenpitävyyttä voidaan lisätä erilaisin kemikaalein. Elinkaaren päättyessä kuituvaloksen voi kierrättää kartonkijätteen mukana, kompostoida tai polttaa energiaksi. (3, s. 141)

Kuituvaloksen iskunvaimennuskyky on hyvä, jonka takia sitä käytetään paljon myös sisäosien valmistukseen. Uusiin pakkauksiin kuituvalos oli varteenotettava vaihtoehto sen vaimennuskyvyn, edullisuuden ja pienen ympäristörasitteensa takia. Pitkäaikaisen kestävyuden ja esteettisyyden kannalta se ei kuitenkaan sopinut asiakaspakkauksiin. Ainoita järkeviä pakkauksia olisivat olleet kuljetuspakkaukset, mutta muottien määrän ja suhteellisen vähäisen tarpeen takia sekin olisi tullut kalliiksi. Myös kuljetuksen aikana tapahtuvat voimakkaat ilmankosteuden vaihtelut olisivat saattaneet pehmentää valoksen ja tehdä siitä kelvottoman tarkoitukseensa.

5.3.2 Ulkoiset materiaalivaihtoehdot

Aaltopahvilaatikko

Aaltopahvi valmistetaan yleisimmin kolmesta kartonkikerroksesta. Pintakartonki (*liner*) on kaksiosainen, tiheä ja sileä kartonki. Pintakartongit kiinnitetään toisiinsa aallotuskartongin (*fluting*) ja liiman avulla. Aallotuskartonki on pintakartonkia heikompaa, sen tarkoituksena on jäykistää ja pitää pinnat samalla etäisyydellä toisistaan.

Aaltopahvista voi nykyään valmistaa mitä monimuotoisempia pakkauksia, vieläpä kustannustehokkaasti. Aaltopahville ominainen holvimuoto tuo sille rakenteellista lujuutta jäykistäen tasaiset pahvipinnat. Jäykkyyttä saadaan lisättyä tekemällä aalloista korkeampia tai lisäämällä kerroksia. Aaltopahvi on myös erittäin kestävä suhteutettuna sen massaan. Nämä ominaisuudet ovat johtaneet siihen, että aaltopahvi on kaikkein yleisin pakkausmateriaali ja sen käyttö yleistyy edelleen. Aaltopahvi sopii hyvin kuljetukseen sen keveyden ja rakenteellisen kestävyuden johdosta. Se on myös edullista ja ympäristöystävällistä sen hyvän kierrätettävyyden ansiosta. (4.)

Yrityksessä käytetään tälläkin hetkellä paljon aaltopahvipakkauksia. Ne ovat erinomaisia kuljetuksessa, eikä niistä olla sen osalta siirtymässä pois. Laadukkuuden kannalta ne eivät pärjää muille pakkausvaihtoehdoille, vaikka kustomointimahdollisuudet ovat laajat.

Kartonkilaatikko

Kartonki valmistetaan samalla tavalla kuin paperi, erona paperiin on vain neliömassa ja käyttötarkoitus. Kartonki on usein kerrostettua ja kerrosten lukumäärä riippuu tavoitelluista ominaisuuksista. Kartonki saa vahvuutensa kuitujen sidoksista, jotka saadaan aikaan valmistuslinjan kuivausvaiheessa. (5.)

Kartonki on vahvempaa kuin paperi ja käyttökelpoista monessa kohteessa. Enimmäkseen kartonkia käytetään aaltopahvin valmistukseen ja myyntipakkauksissa. Kartonki on kestävämpää ja esteettisesti paremman näköistä kuin aaltopahvi.

Asiakkaalle jääviin tarvikepakkauksiin kartonki sopii loistavasti sen kestävyuden ansiosta. Pinnoitettuna kartongista saa hyvinkin arvokkaan näköinen ja siten siitä voidaan valmistaa tarvikelaatikoita, joita asiakas ei edes halua hävittää. Kestävyys tekee kartongista jopa ympäristöystävällisempää kuin aaltopahvi, sillä kartonkilaatikkoo voidaan säilyttää hyvin pitkään.

Kartongin käytön esteenä on se, että tuleviin pakkauksiin tarvittava kartonki tarvitsisi olla erikoispaksua. Erikoispaksun kartongin valmistajia ei ole helppo löytää, eikä niitä käsitteleviä yrityksiäkään. Tavallinen myyntipakkauksissa käytettävä kartonki ei ole rakenteellisesti tarpeeksi kestävä tähän tarkoitukseen.

Vanerilaatikko

Vaneri valmistetaan liimaamalla useita kerroksia puuviiluja ristikkäin toisiinsa nähden. Puu on erittäin kestävä materiaali päivittäisessäkin käytössä ja kaiken lisäksi se näyttää hyvältä ja tuntuu laadukkaalta. Puu on kuitenkin suhteellisen kallista materiaalia verrattuna esimerkiksi pahviin, joten kaikissa laatikoissa sitä ei voitu kustannussyistä käyttää.

Paino myös lisääntyy puun osuuden kasvaessa, joka johtaa korkeampiin rahtikustannuksiin. Kustannustehokkuuden kannalta vain asiakkaalle päivittäiseen käyttöön jäävät kuvaustarvikepakkaukset voidaan tehdä vanerista. Varastohallinnan kannalta nämä pakkaukset suunniteltiin samankokoisiksi, etteivät ne veisi kahta varastopaikkaa. Tämä johtaa myös siihen, että tuotantomäärää kyseisille pakkauksille voidaan nostaa lähes tuplata ja alentaa täten hintaa. Laatikoiden samankokoisuudella on myös varjopuoli, nimittäin se, että 2D-versiosta tehtiin tarkoituksella isompi.

Vanerilaatikoita valmistava yritys tuli konsultoimaan laatikoiden tarvetta ja antamaan vinkkejä toteutukseen. He valmistavat laatikoita normaalisti 6mm paksuisesta vanerista, mutta 3mm paksuisesta vanerista valmistaminen onnistuu myös. Vanerin ohuus on avainasemassa, sillä vetolaatikkomallissa kerroksia sivusuunnassa tulee olemaan yhteensä neljä. Konsultoinnissa kävi ilmi, että ohuen vanerin kulmien kiinnitys on hankalaa ja usein johtaa huteraan laatikkoon. Jos kiinnitykset onnistuvat ja laatikosta saadaan kestävä, kaikki muu, kuten pinnoitus maalaamalla on helppoa.

MDF-laatikko

MDF-levy valmistetaan kuumapuristamalla puukuituja ja sideaineita tiheäksi levyksi. Levyä löytyy useaa eri tiheysvaihtoehtoa, riippuen käytetyistä puukuiduista. Sideaineena käytetään usein formaldehydiä, joka on suurina määrinä myrkyllistä. MDF-levyistä vapautuu formaldehydiä ajan myötä ilmaan, jonka takia onkin suositeltavaa pinnoittaa levyn pinnat ja estää täten terveyshaitat. Nykyään käyttöön on tullut myös korvaavia aineita, joilla voidaan vähentää terveydelle haitallisia yhdisteitä.

Pakkauskäytössä päästöt ovat minimaalisia, eivätkä ne tule aiheuttamaan terveyshaittoja. MDF levy ei sisällä oksia, eikä muita epätasaisuuksia vaan on tasaista sileää levyä, jonka ominaisuudet ovat samat jokaisessa suunnassa. Sen työstäminen ja pinnoittaminen on myös on helppoa, joka tekee siitä käytetyn materiaalin. (6; 7)

Vetolaatikoista valmistettiin mallikappaleet MDF-levystä. Mallien testauksen yhteydessä tuli ilmi ongelmia, jotka korjattiin seuraavaan malliin. Seuraavassa kuvassa 11. nähdään ensimmäiset vetolaatikkomallit.



Kuva 11. Vetolaatikkomallit maalattuna ja ilman maalia.

5.3.3 Materiaalivalinnat tyhjän tilan täyttöön

Tarvikelaatikkoon jää väkisinkin tyhjää tilaa laatikoiden väliin, koska tarviketekonaisuudet vaihtelevat jokaisen toimituksen mukaan. Tämä tila olisi hyvä täyttää, ettei pienemmät pakkaukset sinkoile tarvikelaatikon sisällä ja aiheuta vahinkoa muille pakkauksille. Tarkoitukseen kehitettyjä pakkaustäytteitä ja pehmusteita on useita, kuten:

- voimapaperikääre ”snapsi”
- voimapaperiannostelijat
- vaahtomuovinen pakkaustäyte
- ilmatäytteiset pehmusteet
- kuplamuovit.

Voimapaperikääre on ympäristöystävällinen ja kokonaisuudessaan paperijätteen mukana kierrätettävä pakkausmateriaali. Se on myös antistaattista, eikä täten aiheuta ESD vaaraa asennustilanteessa. Snapsi kääreet ovat tehty 100% paperista, eivätkä sisällä solmumaisen muotonsa ansiosta ollenkaan liimoja tai tartunta-aineita. Sen hinta ei myöskään useimmilla jälleenmyyjillä oleellisesti eroa vaahtomuovisista pakkaustäytteistä (8). Samankaltaisia täytettä löytyy myös ”flupseina”, jotka ovat uusiopaperista tehtyjä palleroita.

Voimapaperia voi ostaa myös rullittain ja rutata tarvittavan määrän paperia laatikoiden tueksi, näin säästyy paperia mutta lopputulos ei ole niin kaunista. Tähän tarkoitukseen on myös kehitetty annostelijoita, jotka ruttaavat voimapaperin valmiiksi ja tekevät täten lopputuloksesta siistimmän. Annostelija on myös nopeampi ja helpompi tapa täyttää laatikko, kuin itse paperin rytistäminen.

Asentajan kannalta tämä on helpoin ratkaisu, sillä täytteet saa helposti pois. Työntekijän ja samalla kustannuksien kannalta tämä on myös paras vaihtoehto, sillä tyhjä tila saadaan täytettyä pienimmällä määrällä pakkaustäytettä. Annostelijoita saa puhtaasti mekaanisina jotka ovat selvästi edullisempia sähkökäyttöisiin verrattuna. Mekaanisissa annostelijoissa ei lisäksi etuna se ettei niissä ole liikkuvia osia, jotka voisivat vikaantua, eikä laitetta tarvitse sijoittaa pistokkeen lähelle.

Vaahтомуoviset pakkaustäytteet soveltuvat parhaiten pakkaustäytteeksi pakkauksiin, joihin ei saa sitoutua ollenkaan kosteutta, sillä vaahтомуovi ei sido tai vapauta kosteutta. Se on myös paloturvallista, sillä se ei ylläpidä palamista. Vaahтомуovi antaa myös hyvin suojaa hetkellisiä lämpötilanvaihteluilta kohtaan (9).

Edellisillä ominaisuuksilla ei ole paljolti merkitystä uutta järjestelmää ajatellen, sillä suojaavuus iskuilt ja ympäristöystävällisyys ovat päätavoitteina. Keveyttä ajatellen vaahтомуovi on hieman kevyempää, kuin paperiset täytteet, mutta kierrätettävyyden kannalta hankalampia, sillä ne tarvitsevat erillisen muovin kierrätyspisteen.

Ilmatäytteiset pehmusteet ovat tilankäytön kannalta parhaimpia vaihtoehtoja, sillä ne voidaan täyttää koneellisesti paikan päällä. Ne ovat tyhjinä hyvinkin kätevästi rullalla kiinni täyttökoneessa, eivätkä vie paljoa varastotilaa. Ilmatäytteiset pussit ovat tehty muovista ja täten ovat ylimääräinen rasite ympäristölle, eikä niiden kierrättäminen ole kovin helppoa. Huonona puolena on myös se, että niiden täyttämiseen kuluu aikaa. Pehmusteet toki voidaan täyttää jo etukäteen, mutta silloin häviää menetelmältä yksi valttikortti, eli tilantarve.

Kuplamuoveja saa valmiiksi täytetyissä rullissa, joita tälläkin hetkellä käytetään yrityksessä tai sitten tyhjinä rullina. Tyhjät rullat täytetään koneellisesti paikan päällä, säästäen tilaa varastosta. Kuplamuovilla on kaikki samat ympäristörasitteet ja kierrätyongelmat, kuin kaikilla muillakin muovisilla pakkaustäytteillä. Lisäksi koneellisesti täytettäville kuplamuoveille ja pehmusteille tarvitaan myös alkuinvestointina täyttökone.

5.4 Valmistus ja kustannustehokkuus

Valmistuksen kustannuksia kartoitettiin ottamalla yhteyttä valmistajiin ja pyytämällä heitä käymään katsomassa prototyyppejä, joidenka perusteella he pystyivät arvioimaan kustannuksia. Erilaisten materiaalien ja pinnoitteiden vaikutusta hintaan vertailtiin ja valittiin kaikkein paras kombinaation hinnan, käytettävyyden ja laadun väliltä.

Aaltopahvi on loistava ratkaisu kustannustehokkuuden kannalta, jonka takia suurin osa pakkauksista toteutetaan juuri aaltopahvista. Pinnoitteella ja viisaasti suunnitelluilla taitoksilla saadaan aikaan laadukkaan tuntuinen pakkaus. Aaltopahvin paljaat reunat tuli piilottaa parhaan ulkonäön aikaansaamiseksi.

Pakkauksien piirustuksien teko ja lopullinen suunnittelu oli mahdollista ulkoistaa valmistajalle, näin säästyi yrityksen resursseja, eikä tarvinnut ostaa ylimääräisiä ohjelmistolisenssejä. Samalla vastuu piirustuksissa esiintyvistä mittausvirheistä siirtyi valmistajalle. Valmiiden prototyyppien perusteella piirtäminen on paljon nopeampaa, kuin se ettei tarvitse olisi missään järjestyksessä.

5.5 Pakkauksen rakenne

5.5.1 Sisäinen rakenne ja valmistusmenetelmät

Pakkauksien sisällöt suunniteltiin joko aaltopahvista tai vaahtomuovista. Kuljetuspakkauksiin sisusta tehtiin aaltopahvista, ympäristöystävällisyytensä takia. Asiakkaalle jäävät pakkaukset tehtiin vankasta ja kestävästä vaahtomuovista, jotta ne kestäisivät käyttöä vuosia. Vaahtomuovin leikkaamiseen käytetään yleisesti vesileikkausta, sillä se on nopea ja ympäristöystävällinen leikkausvaihtoehto. Kuumuudella toimivat leikkausmenetelmät, kuten laserleikkaus ja plasmaleikkaus eivät sovellu kovin hyvin muovin leikkaamiseen, sillä se sulaa ja syttyy herkästi. Mekaaninen terällä tapahtuva leikkaus vaatii aloitusreiän terää varten ja on tässä mielessä huono vaihtoehto, sillä reikiä täytyisi tehdä paljon ja se olisi hidasta. Seuraavaksi muutama valmistusmenetelmä.

Alipainemuovaus

Vakuumimuovaus eli alipainemuovaus on menetelmä, jossa muovilevy kuumennetaan ja alipaineen avulla venytetään muotin päälle. Alipainemuovauksen avulla saadaan koptoitua muotin pinta tarkasti. Menetelmän hyötynä on se, että sillä voidaan valmistaa ohuempia kappaleita, kuin esimerkiksi ruiskuvalulla. Menetelmässä kuitenkin syntyy suhteellisen paljon hukkaa, sillä muotti ei aina täytä koko aihiota ja osa muovista jää raamin alle. Muovauksen jälkeen kappale täytyy irrottaa levystä, joka yleensä tehdään vannesahalla (10).

Vakuumimuovattuja pakkauksia mietittiin vaihtoehtona osaksi uutta järjestelmää, sillä se on edullinen ja nopea tapa tehdä pakkaus. Ohut muovi ei suojaavuuden kannalta ollut kuitenkaan vaahtomuovin tasolla. Yksi potentiaalinen käyttökohde löytyi kiinnitystarvikepussista, sillä sieltä on usein puuttunut jotain. Vakuumimuovattu pakkaus helpottaisi pakkauksen tarkastamista silmämääräisesti, mutta vie enemmän tilaa.

Muottiin paisutus

Muottiin paisutus on menetelmä, jossa esipaisutetut polypropeeni- tai polystyreenirakeet asetetaan muottiin ja höyryn avulla niiden sisällä oleva ponneaine saadaan laajenemaan ja paisuttamaan rakeet, täyttäen muotin. Höyryn vaikutuksesta rakeet pehmenevät ja sulautuvat kiinni toisiinsa. Paisutuksen jälkeen muottia viilennetään kylmällä vedellä, jotta valmis kappale saadaan irti muotista. Prosessin nopeuttamiseksi muotit valmistetaan usein alumiinista sen hyvän lämmönjohdon takia. Muottiin paisuttamalla valmistettuja tyyppillisiä tuotteita ovat pyöräilykypärät, pakkausten iskunvaimennus ja kylmälaukut. (10.)

Muottiin paisutettuja tuotteita ei tässä projektissa ollut tarpeen käyttää, sillä paremmat palautumisominaisuudet omaavat vaahtomuovit olivat parempia tähän sovellukseen. Itse laitteen pakkauksessa käytetään paljon muottiin paisutettuja styrox-kappaleita.

Laserleikkaus

Laserleikkurissa voimakasenerginen laser ohjataan kuituja pitkin ja fokusoidaan linssin avulla leikattavaan pintaan. Polttopisteen halkaisija on 0,1 - 0,2 mm ja energiatiheys polttopisteessä on 1 - 10MW/cm². Laser kuumentaa pintaa ja sulattaa, polttaa tai höyrystää sen. Leikkauksessa irtoava materiaali puhalletaan pois leikkausurasta korkealla paineella.

Leikattavasta materiaalista riippuen valitaan oikeanlainen kaasu, esimerkiksi terästä leikatessa käytetään usein happea, sillä eksotermisen reaktion vaikutuksesta leikkausteho paranee. Laserleikkausta käytetään paljon metallin leikkaamiseen, mutta se soveltuu hyvin myös monien muiden materiaalien leikkaamiseen, kuten muovin, kumin ja puun, mutta paras leikkaustulos näillä materiaaleilla saavutetaan vesileikkaamalla. (11.)

Stanssaus

Stanssaus on menetelmä, jossa terien avulla kappaleeseen painetaan taitos tai puristetaan haluttu reikä. Menetelmä mahdollistaa useiden erilaisten muotojen ja rakenteiden valmistamisen. Menetelmiä on käytössä kaksi erilaista, taso- ja rotaatiostanssaus. Rotaatiostanssauksessa käytetään kahta telaa vastakkain, joista toinen on stanssaustyökalut sisältävä sylinteri ja toinen polyuretaanilla pinnoitettu puristussylinteri. Stanssausta käytetään paljon pahviteollisuudessa, mutta menetelmällä voidaan leikata muitakin materiaaleja, kuten muovia ja metallia. (4.)

Vesisuihkuleikkaus

Vesileikkauksen toiminta perustuu korkeapaineiseen vesisuihkuun (tyypillisesti 1300-6200 bar) ja veden kuluttavaan vaikutukseen. Vesileikkaus on ympäristöystävällinen ja turvallinen tapa leikata. Pehmeiden materiaalien leikkaamiseen ei tarvita muuta, kuin vettä ja sähköä. Ympäristön kuormittavuus lisääntyy vaarallisten materiaalien leikkauksessa, kuten lyijyä leikatessa. Samoin hionta-aineita (abrasiiveja) käytettäessä täytyy huomioida niiden asianmukainen kierrätys ja puhdistus, ennen viemäriverkkoon laskeamista. Materiaaleja leikatessa kuluvan materiaalin määrä on loppujen lopuksi pientä, eikä usein aiheuta ympäristölle haittaa. (12).

Veden leikkaava vaikutus on seurausta energian säilymislaista, jossa vesisuihkussa on aluksi kineettistä energiaa ja sen osuessa leikattavaan materiaaliin, muuttuu kineettinen energia potentiaalienergiaksi ja kuluttaa materiaalia. Osa energiasta kuluu ilmanvastukseen matkalla leikattavaan materiaaliin ja vesisuihkun energiatiheys pienenee, jonka takia leikkausetäisyys ei voi olla kovin suuri.

Vesileikkaus on erittäin monipuolinen leikkausmetodi nykypäivänä. Sillä voidaan leikata pehmeitä materiaaleja kuten puuta, vaahtomuovia, pahvia ja jopa paperia. Kovempien materiaalien kuten kiven ja metallien leikkaus onnistuu myös pidemmällä leikkausajalla. Materiaalin kovuudesta riippuen voidaan tarvittaessa veteen lisätä hionta-aineita (abradiiveja), niin saadaan vesisuihkun leikkausvoimaa kasvatettua ja näin lyhennetään leikkausaikaa kovilla materiaaleilla huomattavasti. Leikkausuran tasaisuus riippuu paineesta ja leikkausnopeudesta, hitaampi leikkausnopeus saa aikaan puhtaamman jäljen ja leikkausnopeuden kasvaessa jäljestä tulee rosoisempi. (13, s. 3)

Vesileikkauksellakin on puutteita tiettyjen materiaalien kanssa. Sillä ei voida leikata karkaistua lasia, sillä sen hajoaa. Timantin ja joidenkin nykyaikaisten keraamisten materiaalien leikkaaminen ei ole mahdollista tai taloudellisesti kannattavaa niiden lujuuden takia. Joidenkin komposiittien eli kerrostettujen materiaalien leikkaaminen on myös hankalaa, sillä vesi saattaa päästä kerrosten väliin ja erottaa kerrokset. (12.)

Työssä suunniteltujen pakkauksien vaahtomuoviosat valmistettiin vesileikkaamalla. Vaahtomuoviaihiot asetetaan vesileikkuriin, joka leikkaa jokaisen tarvikkeen tarvitseman kolon, koko aihion läpi. Tämän jälkeen irralliset palat leikataan sopivan korkuisiksi ja liimataan pohjakerrokseen. Etuna tässä menetelmässä on, että kolot voidaan täyttää ylijäämäpaloilla. Seuraavassa kuvassa 12 (ks. seur. s.) esitellään vesileikkaukone.



Kuva 12. Vesileikkauskone.

CNC-koneistus

CNC-koneistus, nykynimeltään NC-koneistus on koneistusmenetelmä, jossa tietokone ohjaa koneistusta. Tietokoneelle syötetään G-koodia oleva käsky, jonka mukaan tietokone ohjaa NC-konetta. Monimutkaisten kappaleiden luonnissa G-koodin kirjoittaminen on hankalaa, jonka takia CAD/CAM ohjelmistoja käytetään koodin luomisessa.

Pakkauksien vaahtomuovit pystyttiin myös valmistamaan koneistamalla. Koneistuksessa on huonona puolena se, että sorvattavasta kohdasta ei jää jäljelle muuta kuin purua. Täyttöpalat joudutaan valmistamaan erikseen, joka nostaa hintaa.

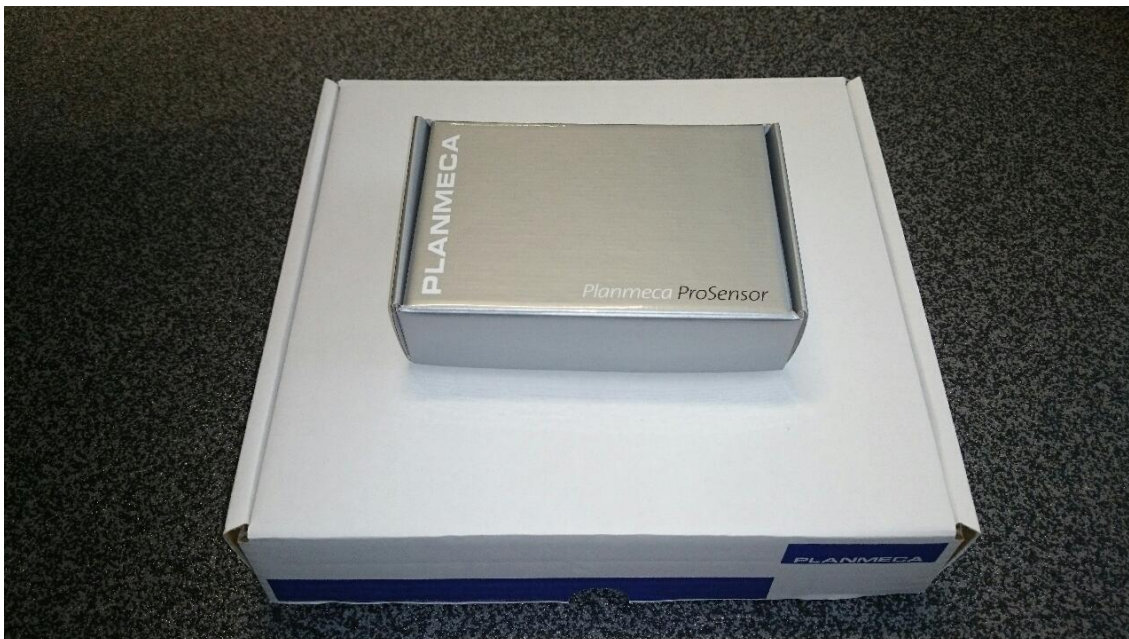
5.5.2 Rakennesuunnittelu ja pinnoitus

Käytettävyyden kannalta pakkauksen rakenteellinen suunnittelu on tärkeää. Tavoitteena oli suunnitella helposti avattava ja suljettava pakkaus, joka on kestävä ja käytännöllinen. Tavallinen aaltopahvilaatikko ei ole paras vaihtoehto kulutuksen kannalta, sillä jo kuljetuksen aikana se saattaa vaurioitua pinnasta ja aiheuttaa näin esteettisen haitan. Toiseksi perinteiset läpälliset aaltopahvilaatikot ovat kömpelöitä avata ja sulkea, vaatiensa ettei avattaessa päällä ole mitään.

Käytettävyyden lisäämiseksi aikaansaamiseksi, asiakkaan päivittäin tarvitsemien laatikoiden rakenteeseen oli kolme vartenotettavaa vaihtoehtoa. Vetolaatikko, pienen kannen omaava laatikko tai syvän kannen omaava laatikko. Pienen kannen vaihtoehdossa, kansi joudutaan kiinnittämään pannalla kuljetuksen ajaksi. Syvän kannen vaihtoehdossa, kansi pysyy hyvin paikallaan ja voidaan kääntää pohjaksi avaamisen jälkeen. Laatikoista oli vaihtoehtoina tavallinen ja pikapohjallinen laatikko. Näistä päädyttiin tavalliseen malliin, koska pikapohjallinen laatikko vaatii valmistajalta ylimääräisen työvaiheen.

Rakenteiden suunnitteluun käytettiin FEFCO-hakemistoa, josta löytyy suuri määrä valmiita rakenteita pakkauksien suunnitteluun. Valmiiden rakenteiden perusteella suunnittelu oli helpompaa, ja sitä usein vaaditaan pakkaavien yritysten toimesta. Lopullinen rakenteellinen suunnittelu mittojen ja virhemarginaalien suhteen jäi pakkaussuunnittelijalle. Pakkausyritykselle annettiin valmis prototyyppi pakkauksesta ja FEFCO-koodi mahdollisesta rakenteellisesta toteutustavasta. Pakkaussuunnittelijalle annettiin myös oikeus muuttaa suunnitelmaa lopulliseen pakkaukseen, jos hän löytää järkevämmän toteutustavan.

Pakkauksien pinnoitus on kestävyuden ja näyttävyyden kannalta avainasemassa. Tämä otettiin huomioon suunnittelussa. Kuljetuspakkaukset suunniteltiin aaltopahvista mahdollisimman ympäristöystävällisiksi. Näihin laatikoihin tehtiin kevyt valkoinen pinnoitus, sillä niitä ei kuulu säilyttää. Säilytettäväksi tarkoitettuihin pakkauksiin, kuten kalibrointi-työkalujen ja kontaktiosien pakkauksiin, pinnoitus tehdään kiiltävän harmaalla, huomattavasti laadukkaammalla pinnoitteella. Näin pakkaukset saadaan erottumaan joukosta ja selkeytettyä asiakkaalle, mitä täytyy säilyttää. Kaunista pakkausta myös käsitellään ja säilötään paremmin. Kuvassa 13 (ks. seur. s.) nähdään erilaiset pakkauksien pinnoitusvaihtoehdot.



Kuva 13. Esimerkki pakkauksien pinnoittamisvaihtoedoista.

Asiakkaalle jää lisäksi laitteesta riippuen yksi tai kaksi kuvaustarvikepakkausta. Nämä suunniteltiin tasalevyisiksi laatikoiksi. Tasalevyiset laatikot mahdollistavat laatikoiden pinnoamisen siististi ja samalla mahdollistavat vetolaatikon toteuttamisen. Vetolaatikko olisi hyvin käytännöllinen käytettäväksi esimerkiksi hyllystä. Yksi idea oli sellainen, että säilytyslaatikoita myytäisiin erikseen, tällä tavoin hinnalla ei olisi niin suurta merkitystä, koska asiakas haluaa maksaa siitä.

6 Ohjeistus

6.1 Keräilylistan selkeyttäminen

Pakkaamossa keräilijä tulostaa keräilylistan ja kerää asiakkaan tilaamat lisätarvikkeet sen perusteella. Keräilijä merkkää rastin ruutuun aina, kun kyseinen tarvike on kerätty. Keräilylista on epäselkeä kokonaisuus kalibrointityökaluja, kiinnitystarvikkeita, kuvaustarvikkeita ja verhoiluja. Keräilylista tulisi saada mahdollisimman yksinkertaiseksi ja johdonmukaiseksi, jotta se helpottaisi työntekijää ja selkeyttäisi pakkauksen sisältöä asiakkaalle.

Keräilylistaa selkeytetään poistamalla turhat nimikkeet ja rivit. Tällaisia ovat esimerkiksi laitteessa valmiiksi kiinni olevat osat, joita ei kerätä erikseen ja verhoilut, jotka lisätään laitteeseen keräilyn jälkeen. Osa tarvikkeista esiintyy listalla kahteen kertaan.

Yhdistämällä tietyt lisätarvikekokonaisuudet setteihin, saadaan nimikkeiden määrä vähentymään huomattavasti. Esimerkkinä ns. kuolleenmiehen kytkin, joka tuo listalle 7 nimikettä. Yhdistettynä setiksi rastitettavia ruutuja jäisi enää yksi. Nimikkeiden määrän vähentyminen johtaa siihen, että tulostettavien sivujen määrä vähenee oleellisesti.

Pakkauslistan rooli tulee uuden järjestelmän myötä vähenemään keräilytyössä. Lista toki säilyy osana keräilyä, mutta sillä ohjataan jatkossa tarvikekokonaisuuskeräilyä. Uusi menetelmä tulee ohjaamaan settien keräilyssä. Jokaisessa pakkauksessa tulee olemaan oma kuvallinen lista tarvikkeista, jonka avulla on helppo kerätä ja tarkistaa pakkauksen sisältö. Kaikki lisätarvikkeet joita asiakas haluaa, näkyvät pakkauslistalla niin kuin ennenkin. Tällä tavoin tiedetään, mitä valmiiksi koottuun pakkaukseen täytyy lisätä.

Tarvikkeiden järjestystä pakkauslistalla tullaan muuttamaan ja järjeistämään. Nykyinen pakkauslista on vaikeasti hahmotettava, sillä tarvikkeet ovat huonosti järjesteltyjä. Järjestystä tullaan muuttamaan niin, että se tukee pakkauksjärjestystä. Tulevaan listaan hahmottamisen helpottamiseksi lista jaotellaan seuraavanlaisesti:

- asennustarvikkeisiin
- kalibrointitarvikkeisiin
- verhoiluihin
- kuvantamistarvikkeisiin
- ohjeisiin.

6.2 Keräilyn ohjeistuksen parantaminen

Työn aloituksen aikaan työvaihetta ei ollut ohjeistettu asianmukaisesti. Saatavilla olleet ohjeet olivat tarkkuudeltaan ”kerää ja laita laatikkoon”. Työhön ei voinut täten tutustua

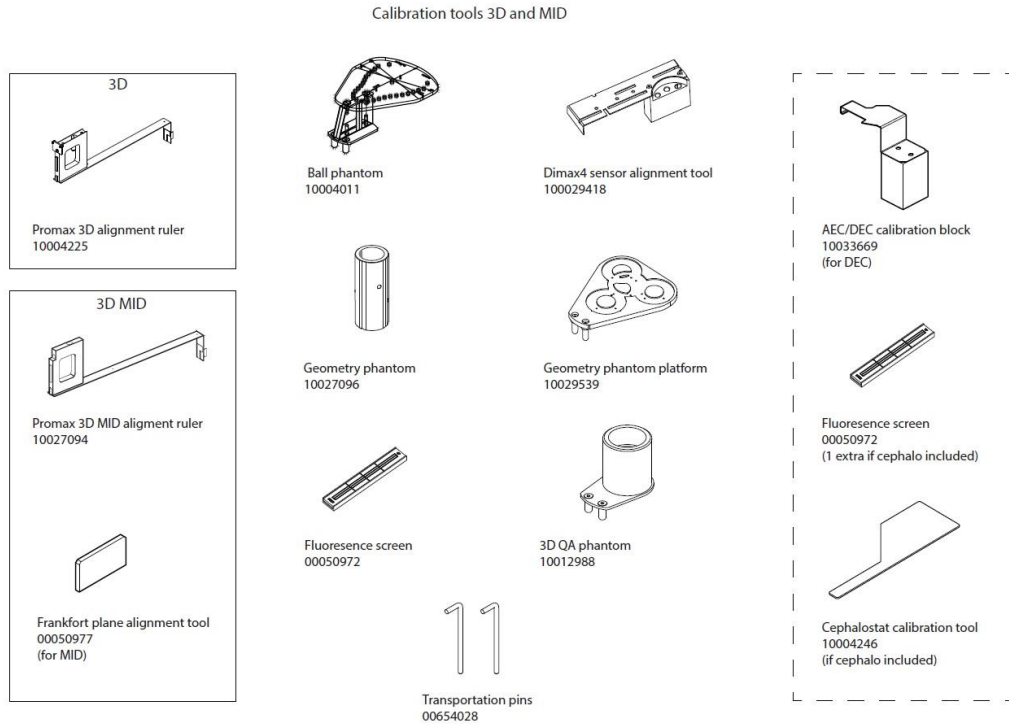
etukäteen. Tulevissa ohjeissa tarkoitus on ohjeistaa koko keräys niin hyvin, että työvaiheen voi periaatteessa tehdä ilman opastustakin.

Osa uutta ohjeistusta tulee olemaan pakkauksien mukana toimitettava kuvallinen lista, jonka avulla työntekijä kerää ja tarkastaa pakkauksien sisällön. Tämä helpottaa myös asiakasta pakkauksen sisällön ymmärtämisessä. Pakkauksen sisällä on vaahtomuovi, jossa on kaikille lisätarvikkeille paikat. Tämä tulee jo itsessään ohjaamaan työntekijää täyttämään kaikki kolot. Tyhjä paikka merkitsee, että jotain puuttuu. Kuvallista ohjeistusta voidaan käyttää myös keräilyhyllyssä. Tarvikkeen nimikkeen viereen voidaan laittaa pieni kuva tarvikkeesta, ettei laatikon sisään tarvitse katsoa.

6.3 Pakkauksien pikaohjeet

Jokaiseen pakkaukseen tullaan laittamaan kuvallinen ohje pakkauksen sisällöstä. Kuvat toteutetaan Adobe Illustrator -ohjelmalla viivapiirustuksina. Kuvien alla on tarvikkeen nimike ja nimiketikoodi helpottamaan tarkastamista. Ohjeen optimaalisin sijoituspaikka olisi sisäkannessa, jolloin se olisi näkyvässä aina avattaessa. Sisäkanteen kiinnittäminen vaatii kiinnitysmetodin, joka ei vie liikaa aikaa eikä ole turhan hankala käyttää. Vaihtoehtoja tälle oli liimaaminen, teippaaminen tai muovitaskuun laittaminen. Kaikki edellisistä vaihtoehtoista vievät aikaa ja myös rahaa.

Tästä päädytään kysymykseen, tarvitseeko asiakas kyseistä ohjetta ensimmäisen avauskerran jälkeen. Ohje on tehty juuri tarkastamista varten ja täten voisi ajatella, että se on turha ensimmäisen käyttökerran jälkeen. Tämän takia sitä on turha kiinnittää, vaan se voidaan asettaa pakkauksen täytön jälkeen tarvikkeiden päälle. Seuraavassa kuvassa 14 (ks. seur. s.) nähdään esimerkki pakkauksen sisälle tulevasta ohjeesta.



Kuva 14. 3D- ja MID -laitteiden kalibrointipakkauksen sisäinen ohje.

6.4 Pika-asennusohje

Laitteen asennusvaiheessa ainoa asennukseen käytetty ohje ennen oli yli 90-sivuinen asennusmanuaali. Manuaali on pitkä ja perinpohjainen, mutta normaalin asennuksen yhteydessä turha, sillä asentajat ovat alansa ammattilaisia. Asentajan työn helpottamiseksi alihankkija on kehittänyt pika-asennusohjeen, joka on 8 sivuinen, runsaasti kuvia sisältävä ja helppolukuinen. Tämä ohje ei kuitenkaan ole yhtiön yleisilmeen mukainen ja uudenlainen ohje oli tarpeen.

Erilaisia toteutusvaihtoehtoja käytiin läpi yhteistyössä käytettävyysspesialistien ja dokumenttiosaston asiantuntijoiden kanssa. Lopulta päädyttiin vaihtoehtoon, jossa ohjeet ovat yhdellä isolla sivulla, joka voidaan asettaa esimerkiksi lattialle. Uuden ohjeen kehittäminen aloitettiin dokumenttiosaston johdolla. Uusi ohje vähentää tulostamisen tarvetta ja säästää hyllytilaa pakkaamosta.

7 Jatkokehitys

Pakkausten suunnitteluvaiheessa tuli ilmi ideoita, joita voidaan hyödyntää pakkauksen jatkokehittämisessä. Tämän työn puitteissa aikaa ei riittänyt niiden toteuttamiseen, tai toteuttaminen ei jostain muusta syystä ollut sillä hetkellä järkevää.

7.1 Pakkauksen ikkunointi

Ideana pakkauksen ikkunointi oli varsin yksinkertainen, jossa pakkauksien kanteen laitettaisiin muovista tehty ikkuna. Tämä helpottaa pakkauksen sisällön tarkastamista. Esteinä muutokselle on kustannusten nousu, kierrätettävyyden huononeminen ja pakkauksen suojaavuuden huononeminen.

Pahvijätteen mukana kierrätettävän ja kestävä muovin löytäminen ei ole helppoa, eikä niitä ole mahdollista saada jokaiselta valmistajalta. Tarvikkeet ovat sijoiteltuna niin, että osa niistä on pakkauksen reunoilla. Ikkunan täytyy siis olla kooltaan koko kannen kokoinen, jotta jokainen tarvike näkyy sen läpi.

Jos ikkuna on pienempi, sen aikaansaama hyöty on pieni, sillä pakkauksen joutuisi joka tapauksessa avaamaan tarkastusta varten. Ikkunan voi toki sijoittaa pakkauksen reunaan niin, että reunimmaiseta tarvikkeet näkyvät. Tämä ei kuitenkaan näytä esteettisesti hyvältä. Lisäksi ongelmaksi muodostuu sisällöstä kertovan luettelon sijoittaminen, jos kansi on läpinäkyvä.

Hyvänä puolena ikkunallisessa pakkauksessa on sen helppo tarkastettavuus, joka helpottaa tarkastajan työtä. Jos lisää hyviä puolia löytyy ja tarve ikkunallisille pakkauksille tulee, niin sen toteuttamista voidaan harkita.

7.2 RFID-tagit pakkauksiin

Tarvikelaatikko sisältää uuden pakkausjärjestelmän myötä useita pakkauksia, joista jokin voi unohtua. Järjestelmä on toki suunniteltu niin, että virheiden mahdollisuus on minimoitu. Pakkauksien RFID-tagit estäisivät kokonaisten laatikoiden puuttumisen tarvikelaatikosta. Toisaalta yksittäisiin tarvikepuutteisiin vaikutus on pienempi.

Toteutustapana voisi esimerkiksi olla pakkausten merkitseminen *tageilla* laatikon pakkausvaiheessa. Järjestelmään tulee luoda jokaiselle pakkaukselle oma RFID-*tagi*. Ensin keräilijä kerää oletusarvoiset tarvikkeet pakkaukseen, ja sen jälkeen lisää *tagin* pakkauksen pohjaan. Valmiit pakkaukset hyllytetään ja käytetään sieltä tarpeen mukaan.

Kun pakkausta tarvitaan, keräilijä ottaa hyllystä valmiin pakkauksen ja vie sen lukijan yli. Lukija kommunikoi tietokoneen kanssa, ja kirjaa järjestelmään mitä pakkauksia tarvikelaatikko sisältää. Lisäksi tietokoneeseen voi luoda ohjelman, joka lukee pakkauslistaa ja kertoo näytöllä tarvitseeko pakkaukseen lisätä tarvikkeita. Tällä tavoin saadaan minimoitua keräilijän tekemät virheet, hänen lukiessaan pakkauslistaa.

Tämäntyyppinen järjestelmä mahdollistaa toimitusvalmiiden laitteiden pakkausten nopean tarkastamisen avaamatta pakkausta. Samalla puutteiden mahdollisuus pienenesi entisestään, ja pakkausprosessista tulisi modernimpi. Huonoja puolia ovat uuden laitteiston kustannus ja huoltotoimenpiteet. Lisäksi ohjelman kehittäminen maksaa. *Tagien* hinnat eivät tule nostamaan pakkauksien kustannuksia merkittävästi.

7.3 Pakkauksien punnitseminen

Kaikkein edullisimpana vaihtoehtona jatkokehitykselle voidaan pitää pakkauksien punnitsemista. Pakkauksien keräilyvaiheessa ne voidaan punnita ennen hyllyttämistä. Jokainen pakkaus täytyy punnita moneen kertaan eri toimitusten yhteydessä, jotta saadaan varma kuva pakkauksen keskimääräisestä painosta.

Kun pakkauksien keskimääräinen paino on selvillä, täytyy siihen lisätä vaa'an toleranssi. Kaikkien pakkauksien punnitsemisen jälkeen, täytyy tehdä selkeät ohjeet pakkauksien punnitsemisesta ja merkata ylös pakkauksien painohaarukka. Järjestelmä toimii, jos kevyimmän tarvikkeen paino ei alita mittaustulosten vaihtelua ja vaa'an toleranssia. Tässä tilanteessa järjestelmän voi ottaa käyttöön.

7.4 Kalibrointitarvikelaatikoiden ESD-pinnoitus

Työn toteutuksen aikana settien pinnoitus ESD-materiaalilla ei ollut tarpeellista. Pinnoituksen toimivuuden kannalta myös pakkauksen sisäinen vaahtomuovi tulee vaihtaa joltavaraan vaihtoehtoon. Tulevaisuutta ajatellen tarve saattaa tulla, jos ESD-luokitusta röntgentuotantolinjalla halutaan nostaa. Kalibrointitarvikkeita käytetään ennen asiakkaalle toimittamista laitteen suuntausvaiheessa, näin asiakas saa omilla työkaluillaan suunnatun laitteen. Luonnollisesti myös pakkaus kulkee suuntauksen läpi. Suuntaaja on läheisessä kontaktissa laitteen kanssa ja saattaa staattisen sähköän vaikutuksesta tietämättään tehdä vahinkoa laitteelle.

Tuotantotilat on suojattu ESD-säädösten mukaan johtavalla lattiamateriaalilla. Korkeamman tason ESD-luokituksessa ei sallita pahvin tuontia tiloihin joissa staattisilta purkauksilta täytyy suojautua. Pahvin tuonnille tuotantotiloihin ei vielä ole rajoituksia muualla, kuin sensorikokoonpanossa jossa komponentit ovat huomattavasti herkempiä ja kalliimpia kuin muualla talossa.

8 Yhteenveto

Työn aikana tehtiin pakkaamon toimintaan liittyviä tutkimuksia. Tutkimuksissa selvisi epäkohtia, jotka olisivat jääneet muuten huomioimatta. Tutkimusten avulla muun muassa pakkaamossa aiheutuvia virheitä saatiin vähennettyä.

Työssä onnistuttiin luomaan uusi tarvikelaatikko, joka sisältää kaikki asiakkaalle toimitettavat tarvikkeet. Järjestelmän käyttöönotto tehostaa keräilytyötä ja tekee tuotteesta viimeistellymmän. Tehostuksella työaika saatiin säästettyä ja työvaiheesta tuli järjestelmällisempi.

Työn tuloksena oli uudentyypinen pakkausjärjestelmä, joka koostui useasta eri tarkoituksiin suunnitelluista pakkauksesta. Kuvassa 15 nähdään asiakkaille jatkossa toimitettavat kuvaustarvikkeet. Kuvan mukaiset pakkaukset tulevat muuttumaan vielä pinnoitukseltaan ja vaahtomuovin väri yhtenäistetään mustaksi. Pakkaukset mahdollistivat myös aikaisemman idean siitä, että röntgenlaitteet kalibroidaan asiakkaalle toimitettavilla työkaluilla. Näin asiakas saa laadukkaamman lopputuotteen, ja laite voidaan tarvittaessa kalibroida samalla tarkkuudella kuin tehtaalla.

Järjestelmää ei pystytty ja ehditty tämän työn aikana ottaa käyttöön. Syitä tähän olivat hitaat toimitusajat ja samaan aikaan käynnissä ollut pohjakaavan muutos, johon tämä järjestelmä sovitetaan. Uudessa pohjakaavassa keräilypiste tulee siirtymään toiseen kerrokseen. Jotta siirto olisi mahdollinen, muutoksia täytyy tehdä myös linjaston muilla osilla.

Uuden järjestelmän käyttöönoton yhteydessä keräilylista uudistetaan vastaamaan uutta järjestelmää niin, että listalla on yksittäisten tarvikkeiden sijaan vain settejä. Järjestelmässä on myös jatkokehitysmahdollisuuksia tulevaisuutta varten.



Kuva 15. Asiakkaan kuvaustarvikkeet 3D vasemmalla ja 2D oikealla

KMK-settien pakkaukset kuvissa 6 ja 7 (ks. s. 21) saatiin yhdistettyä. Näin saatiin kustannuksia pienennettyä ja samalla työvaihe helpottui. Seuraavassa kuvassa 16 nähdään lopullinen malli KMK-setistä, jossa on paikat molemmille tarvikevaihtoehdoille.



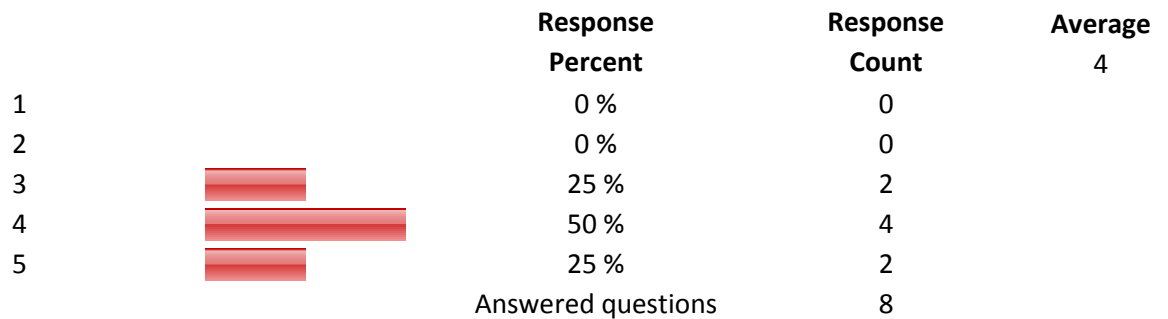
Kuva 16. KMK setti, jossa paikat molemmille tarvikkevaihtoehdoille.

Lähteet

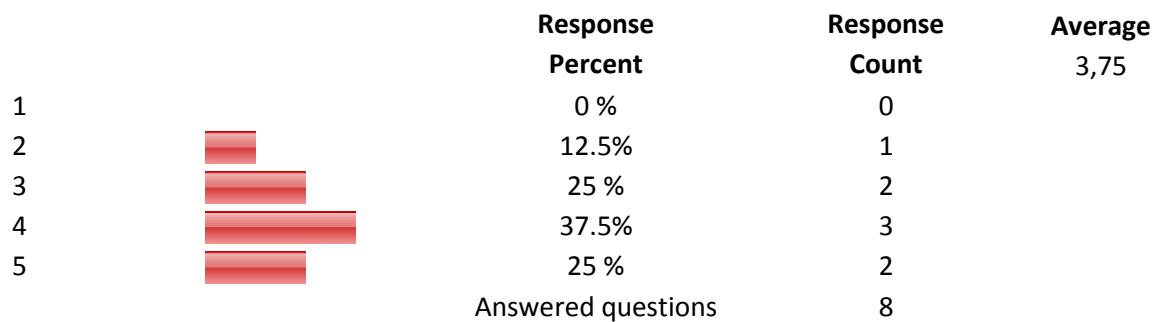
- 1 Planmeca Oy. ProMax 3D Mid technical manual. Luettu 30.1.2015
- 2 Liker Jeffrey K. 2006. Toyotan tapaan. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- 3 Järvi-Kääriäinen Terhen, Ollila Margareetta. 2007. Toimiva pakkaus. Helsinki: Hakapaino Oy.
- 4 Aaltopahvi, käyttäjän käsikirja. Verkkodokumentti. Suomen Aaltopahviyhdistys ry. <<http://aaltopahvi.fi/aaltopahvi/kasikirja/>>. Luettu 3.11.2014
- 5 Kartonginvalmistus. Verkkodokumentti. Metso. http://www.metso.com/fi/corporation/info_fin.nsf/WebWID/WTB-070522-2256F-9B836?OpenDocument. Luettu 10.2.2015
- 6 Medium density fiberboard. Verkkosivusto. Composite panel association. <<http://www.decorativesurfaces.org/products/medium-density-fiberboard.html/details/>> Luettu 2.12.2014
- 7 Medium density fiberboard. Tietosivusto. Design technology. <<http://www.design-technology.org/mdf.htm>> Luettu 3.3.2015
- 8 Snapsi pakkaustäyte. Jälleenmyyjän sivut. Pakkaustarvikkeita.fi. <<http://www.pakkaustarvikkeita.fi/product/104/snapsi-pakkaustayte-250l>>. Luettu 26.11.2014
- 9 EPS pakkaustäyte. Jälleenmyyjän sivut. Pakkaustarvikkeita.fi. <<http://www.pakkaustarvikkeita.fi/product/104/snapsi-pakkaustayte-250l>>. Luettu 26.11.2014
- 10 Menetelmät. Tiedotussivusto. Muovimuotoilu. <<http://www.muovimuotoilu.fi/content/view/139/202/>>. Luettu 26.11.2014
- 11 Laserleikkaus. Verkkosivu. ProLaser. <<http://www.prolaser.fi/laserleikkaus.html>>. Luettu 3.12.2014
- 12 Overview of waterjets. Verkkodokumentti. Waterjets.org. <http://waterjets.org/index.php?option=com_content&task=category§ionid=4&id=46&Itemid=53>. Luettu 19.11.
- 13 Keränen Ilkka. 2009. Diplomityö. <<http://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/6702/keranen.pdf?sequence=3>>

Survey of X-ray packaging

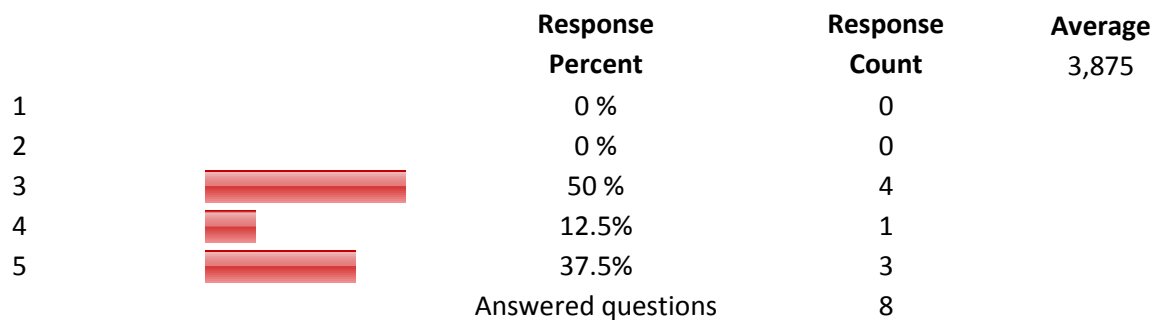
1. What kind of impression did the packaging give you in general (5=Very good 1= Very bad)?




2. How easy was it to compare the content of the package with the packing list (5=Very good 1=Very bad)?



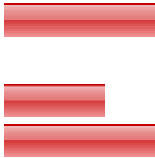
3. How well did the accessory box packaging meet your expectations (5=Very well 1=Not at all)?



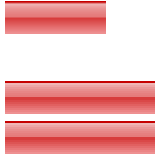
4. Did the delivery include everything you needed for the initialization of the device?

		Response Percent	Response Count	Average
No		25 %	2	75% Yes
Yes		75 %	6	
Answered questions			8	

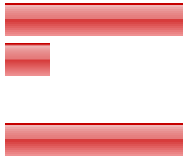
5. How well was the accessory box organized (5=Very well 1=Very poorly)?

		Response Percent	Response Count	Average
1		0 %	0	3,625
2		37.5%	3	
3		0 %	0	
4		25 %	2	
5		37.5%	3	
Answered questions			8	




6. What is the best form for Installation manual?

		Response Percent	Response Count
Internet		25 %	2
Other		0 %	0
Paper		37.5%	3
USB		37.5%	3
Answered questions			8




7. What is the best form for Technical manual?

		Response Percent	Response Count
Internet		44.4%	4
Other		11.1%	1
Paper		0 %	0
USB		44.4%	4
Answered questions			9




8. What is the best form for User's manual?

		Response Percent	Response Count
Internet		11.1%	1
Other		0 %	0
Paper		44.4%	4
USB		44.4%	4
Answered questions			9

9. How important is recyclability to you (5=Very important 1=Not important)?

		Response Percent	Response Count	Average
1		0 %	0	4
2		0 %	0	
3		37.5%	3	
4		25 %	2	
5		37.5%	3	
Answered questions			8	

10. On average, how much time does the end customer spend following the installation process?

		Response Percent	Response Count
0-25%		62.5%	5
25-50%		25 %	2
50-75%		0 %	0
75-100%		12.5%	1
Answered questions			8

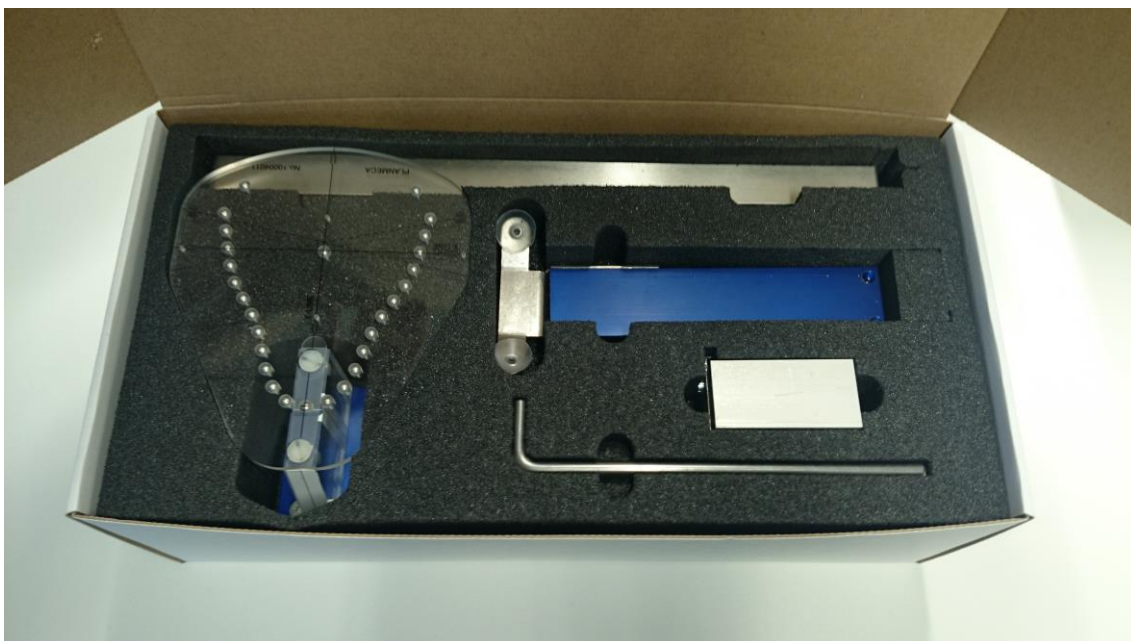
Kuvia lopullisista malleista



Kuva 1. ProMax 2D-laitteen kalibroitartarvikkeet



Kuva 2. ProMax 3D-laitteen kalibroitilaitteet



Kuva 3. ProOne-laitteen kalibroitarkvikkeet



Kuva 4. ProMaxMax -laitteen kalibroitarkvikkeet



Kuva 5. QUART -työkalusarja



Kuva 6. Proface -kalibrointityökalut