

Juhani Fincke

Istuimen kokoonpanoprosessin kehittäminen laatuhavaintojen perusteella

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Insinööryö

25.4.2016

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Juhani Fincke Istuimen kokoonpanoprosessin kehittäminen laatuhavaintojen perusteella 44 sivua + 2 liitettä 25.4.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Kone- ja tuotantotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Tuotesuunnittelu
Ohjaajat	Tuotantopäällikkö Juha Järvinen Lehtori Pekka Salonen
<p>Tämä insinööryö tehtiin Planmeca Oy:n toimeksiantona. Työn aiheena on hammashoito-koneeseen asennettavan istuimen kokoonpanoprosessin kehittäminen. Kehitysprojekti toteutettiin laatuhavaintoja keräävien tietokantojen analysoinnin pohjalta. Kolmea tietokantaa tarkasteltiin samalta aikaväliltä ja samoja suodatuksia käyttäen tulosten keskinäisen vertailun mahdollistamiseksi.</p> <p>Tällä hetkellä istuinkokoonpano valmistetaan kokoonpanotehtaalla, josta se kuljetetaan loppukokoonpanotehtaalle. Jatkossa kyseinen koonnos valmistetaan Herttoniemessä mukaan lukien kokoonpanon runkona toimivan istuinvalun koneistus ja maalaus. Tämä tuotantoprosessi optimoitiin tuotannollisesti parhaalla mahdollisella tavalla.</p> <p>Maalattuja istuinvaluja kuljetetaan toimitilojen välillä valun mittoihin nähden ahtaalla rullakolla, jonka vuoksi visuaaliset pinnat altistuvat vaurioille ja työergonomia on huono. Lopputuotteen laadun ja tuotantolinjan tehokkuuden parantamiseksi nykyinen kuljetusratkaisu korvataan uudella.</p> <p>Istuimen kokoonpanoalue tuli suunnitella mahdollisimman sujuvaksi ja tehokkaaksi vaaditun tuotevirtauksen saamiseksi. Työn tekemistä helpottavia ja työturvallisuutta parantavia erikoistyökaluja ja kokoonpanopukkeja suunniteltiin ja valmistettiin tarvittaviin työvaiheisiin. Henkilötarpeen määrittäminen tehtiin kokoonpanoalueen suunnittelun yhteydessä. Lopputuotteenä on kehitetty toimiva istuimen kokoonpanoprosessi pohjapiirustuksineen.</p>	
Avainsanat	kokoonpano, laatu, kolhiintuminen

Author Title	Juhani Fincke Assembly Process Development Based on Quality Feedback
Number of Pages Date	44 pages + 2 appendices 25 April 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical Engineering
Specialisation option	Machine Design Engineering
Instructors	Juha Järvinen, Production Manager Pekka Salonen, Senior Lecturer
<p>This Bachelor's thesis was commissioned by Planmeca Oy. The objective of this thesis was to develop the chair assembly process for a dental healthcare unit. The development was based on quality data analyses of all three databases which are used to collect quality data from different points of the assembly process. The databases were analyzed using the same methods and filters to allow comparison.</p> <p>Currently the chair assembly is manufactured by an assembly factory from where they are shipped to the assembly line. In the future all components will be assembled in Herttoniemi including the machining and powder coating of the chair cast, which is used as a frame to all other components.</p> <p>Powder coated casts are transported between facilities using tight trolleys. The dimensions of the transported components, however, risk the visual surfaces to be damaged due to complicated geometry. This problem will be eliminated by designing a new cast transporting unit with necessary protection. Working ergonomics of the present trolley must be improved as well.</p> <p>Finally, it was discovered that the layout of the assembly area must be designed to be as productive as possible to reach the required product flow quantities. In addition, special tools and devices were manufactured to help the assembly and improve safety. The necessary number of staff for the assembly team was defined during the layout design. As a result of this Bachelor's thesis, a fully functioning chair assembly process was designed.</p>	
Keywords	Assembly, Quality, Damage

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Planmeca Group	2
2.1	Organisaatio	2
2.2	Tuotanto ja toimitilat	3
2.2.1	E-talo	5
2.2.2	F-talo	5
3	Laatu prosessin osana	6
3.1	Laatu käsitteenä	6
3.2	Tuotantoprosessi	6
4	Laatuhavaintojen kerääminen	8
4.1	Tietokannat ja taulukot	8
4.1.1	Laatupalautteet	8
4.1.2	Lopputesti	8
4.1.3	Asiakaspalautteet	9
4.2	Analysoinnin rajaus	9
4.3	Analysoinnin tulokset	11
4.3.1	Tuotannossa havaitut laatupoikkeamat	11
4.3.2	Lopputestissä havaitut laatupoikkeamat	13
4.3.3	Asiakkaalla havaitut laatupoikkeamat	15
4.4	Johtopäätelmät	17
5	Kolhiintuminen kokoonpanoprosessissa	20
5.1	Ongelman paikantaminen	20
5.2	Osastojärjestely ja varastointi	22
5.3	Kokoonpanoalue	22

6	Maalattun istuinvalun kuljettaminen	23
6.1	Vaatimukset	23
6.2	Nykyinen kuljetusratkaisu	23
6.3	Uusi kuljetusratkaisu	25
6.3.1	Ominaisuudet	25
6.3.2	Ratkaisun arviointi	27
6.3.3	Turvallisuus ja ergonomia	27
6.3.4	Kustannukset	28
7	Kokoonpanoalueen suunnittelu	30
7.1	Istuinkokoonpano	30
7.2	Kokoonpanon rakenteet	32
7.3	Kokoonpanoalue	33
7.4	Resurssit	34
7.5	Kokoonpanopukki	35
7.6	Erikoistyökalut ja jiggit	38
8	Yhteenveto	41
8.1	Havaintojen analysointi	41
8.2	Kuljetusratkaisun suunnittelu	42
8.3	Kokoonpanoalueen suunnittelu	42
8.4	Suosituksat jatkotoimenpiteille	43
	Lähteet	44

Liitteet

Liite 1. Istuimen kokoonpanoalueen pohjaratkaisu

Liite 2. E-talon 2. kerroksen pohjaratkaisu

Lyhenteet

ERP	Enterprise Resource Planning (toiminnanohjausjärjestelmä). Yrityksessä käytetään Lean System -ohjelmistoa.
Jigi	Työvaihetta helpottava apulaite
Kanban	Visuaalinen tuotannon ajoitusjärjestelmä
LAM2000	Työvaiheajan määrittämiseen käytettävä ohjelmisto
RFID	Radio Frequency Identification; radiotaajuinen etätunnistus

1 Johdanto

Tässä insinööriyössä kehitetään hammashoitokoneeseen asennettavan istuimen kokoonpanoprosessia määritettyjen laatukriteerien poikkeamien perusteella. Tuotantolinjalla on tavoite viikoittain läpimenevien hoitokoneiden lukumäärille, minkä vuoksi istuimen kokoonpano tulee toteuttaa siten, että vaaditut määrät on mahdollista täyttää. Lopputuotteen laatu on yksi yrityksen suurimmista vahvuuksista, joten maalattujen osien kuljettaminen tulee hoitaa niin, että maalipinta vastaa määritettyjä kriteereitä.

Insinööriyön tarkoituksena on tutkia olemassa olevien laatuhavaintojen perusteella yleisimpiä tilanteita, joissa laatupoikkeamia syntyy. Havaintojen analysointi rajataan istuinkoonnokseen liittyviin maalattuihin osiin ja pyritään parantamaan niiden laatu toteuttamalla osien kuljettaminen varastopaikkojen välillä mahdollisimman hyvin suojatulla kuljettimella. Tätä istuinvaluun suunniteltua kuljetusratkaisua voidaan soveltaa myös muiden maalattujen osien kuljettamiseen.

Kokoonpanoratkaisuista mietitään eri vaihtoehtoja, joista valitaan toimivin. Loppukokoonpanon suunnittelussa kiinnitetään huomiota mm. työergonomiaan, kokoonpanoaikeihin, sujuvuuteen, erikoistyökalujen tarpeeseen ja alikoonnoston kokoamisjärjestykseen.

Kokonaisuuden hahmottamisen parantamiseksi haastateltiin työntekijöitä, jotka liittyvät kokoonpanoprosessiin (koneistus, maalaus, osastojärjestely, tuotanto, laadunvalvonta, suunnittelu jne.) ja pohdittiin, minkälainen ratkaisu on jokaiselle taholle suotuisin parhaan mahdollisen lopputuloksen aikaansaamiseksi.

2 Planmeca Group

2.1 Organisaatio

Planmeca Group on suomalainen terveysteknologian alalla toimiva kuuden yhtiön yhtiöryhmä. Emoyhtiönä ja maailman kolmanneksi suurimpana hammaslääketieteen laitevalmistajana yhtiöryhmän ydinliiketoiminnasta vastaa vuonna 1971 perustettu Planmeca Oy, jonka tuotteita viedään yli 120 maahan ympäri maailmaa. Planmeca Oy:n pääkonttori sijaitsee Helsingin Herttoniemessä. [1; 2.]

Hammashoitokoneita ja CAD/CAM-tuotteita valmistavan Planmeca Oy:n kanssa yhtiöryhmään kuuluvat mammografialaitteita ja ortopedisen kuvantamisen laitteita valmistava Planmed Oy, käsi-instrumentteja valmistava LM-Instruments Oy, potilastietohjelmistoja valmistava Opus Systemer AS sekä hoito- ja sterilointikaapistojen valmistaja Triangle Furniture Systems Inc. Edellä mainittujen viiden valmistavan yhtiön lisäksi Planmeca Groupiin kuuluu hammastarvikeliike Plandent Oy, joka tytär-, osakkuus- ja sisaryhtiöidensä kanssa muodostaa myös oman Plandent-liiketoimintaryhmän. [1; 2.]

Planmeca Group työllistää maailmanlaajuisesti noin 2 700 henkeä, joista Suomessa n. 900. Yhtiöryhmän liikevaihto oli vuonna 2014 n. 740 M€ ja omavaraisuusaste on 50 %. [1; 2.] Kuvassa 1 on Planmeca Oy:n valmistama Compact-hammashoitokone, jossa on nuolella osoitettuna tämän insinööriyön kehityskohteena oleva istuinkokoonpano.



Kuva 1. Planmeca Compact-hammashoitokone. [2.]

2.2 Tuotanto ja toimitilat

Planmeca Groupilla on seitsemän toimitilaa Helsingin Herttoniemessä. Hallit ovat merkitty kirjaintunnuksin yrityksen sisäisen logistiikan helpottamiseksi kuvan 2 mukaisesti. Talojen välinen logistiikka toteutetaan sisäisellä kuljetuksella systemaattisesti kaksi kertaa päivässä, mutta tarvittaessa myös useammin.



Kuva 2. Herttoniemessä sijaitsevat toimitilat (Google Maps).

Eri taloissa operoivat osastot jakautuvat seuraavalla tavalla:

D-talo: Vastaanotettujen osien päävarasto.

E-talo: Hoitokonetuotanto, mammografiakonetuotanto, koneistamo, maalaamo, vastaanotto, vastaanottotarkastus.

F-talo: Osakokoonpanoalueita.

2.2.1 E-talo

Hammashoitokoneita valmistavassa kerroksessa on kaksi tuotannon päälinjaa, joissa valmistetaan erimallisia hoitokoneita.

Peruseriaatteena on linjan jakaminen osakoonnoksiin ja loppukokoonpanoon. Hoitokoneen kokoonpano alkaa linjan alkupäässä pystytettävästä rungosta, minkä jälkeen jokainen kone yksilöidään työkortilla, jossa spesifoidaan kyseiseen yksikköön asennettavat tarvikkeet. Osakoonnostiimit valmistavat mahdollisia alikoonnoksia, joita on tilattavissa hoitokoneisiin. Loppukokoonpanossa kerätään, asennetaan ja tarvittaessa kalibroidaan tilatut tarvikkeet.

Loppukokoonpano on jaettu pienempiin osin työvaiheiden helpottamiseksi. Kun yksi työvaihe on kuitattu, kone siirtyy eteenpäin seuraavalle työvaiheelle. Tämä toistuu aina linjan loppupäässä sijaitsevaan pakkaamoon asti, josta viiden tarkastuspisteen läpi kulkeneena valmis hoitokone pakataan ja viedään kuljetettavaksi asiakkaalle. Viimeisenä tarkastuspisteenä on RFID-tekniikkaan perustuva verifiointijärjestelmä, jonka avulla valmiista paketista voidaan todentaa kaikkien tilaukseen kuuluvien komponenttien olemassaolo.

Istuimen kokoonpano ja kalibrointi suoritetaan omassa vaiheessaan. Kokoonpanoprosessi alkaa E-talon ensimmäisestä kerroksesta (koneistus ja maalaus), mistä se jatkuu joko toisen kerroksen kokoonpanolinjalle, tai F-taloon.

2.2.2 F-talo

Tilojen runsauden vuoksi kaikkia osakoonnoksia ei tarvitse valmistaa E-talossa. Lyhyen matkan (n. 850 m) päässä sijaitsee toinen kokoonpanohalli, jossa tehdään ne osat, jotka eivät vaadi jatkuvaa kommunikaatiota loppukokoonpanon kanssa. Valmiit osakoonnokset kuljetetaan kokoonpanolinjalle käytettäväksi. Kaikki talot toimivat samassa ERP:ssä, mikä mahdollistaa saumattoman osien ja koonnostojen seurannan työn eri vaiheissa. F-talossa kokoonpannaan lattialle asennettava istuin, jossa käytetään ulkoisilta mitoiltaan samanlaista istuinvalua kuin E-talossa. Kokoonpanoprosessin kehittämisessä otetaan huomioon kummankin istuintyyppien kokoonpanon tarpeet.

3 Laatu prosessin osana

3.1 Laatu käsitteenä

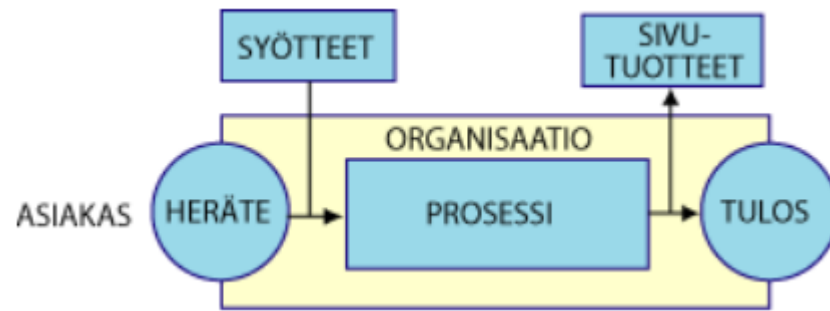
Laadun määritelmä on hyvin monikäsitteinen. Pääsääntöisesti laadulla ilmoitetaan, millainen jokin esine on. Laadun arviointiin ja sen tulokseen vaikuttavat mm. arvioijan näkökulma ja omat mielipiteet arvioitavasta kohteesta, mistä johtuen kaksi identtistä tuotetta voivat saada eri laatusisällöt riippuen arvioijan ammattitaidosta, asemasta tai siitä, mitä hän on tekemässä. Näin ollen yhden esineen tai asian laatua ei voida yksikäsitteisesti määrittää, varsinkin, jos kyse on visuaalisesta tarkastelusta. [3.]

Laatu-käsitteen tarkkuutta hankaloittavat kulttuurierot. Useimmissa germaanisissa kielissä laatu-käsite pohjautuu latinan kielen ilmaukseen, joka vastaa kysymykseen ”millainen?”. Toisaalta englannin kielessä samalla käsitteellä ilmaistaan positiivisia asioita ja laatu-käsite mielletään esimerkiksi erinomaisuuden tai täydellisyyden synonyymiksi. Näkemyseroista johtuen monikulttuurisessa organisaatiossa tuotteen laadun määrittäminen on erittäin hankalaa. [3.]

Philip B. Crosby mukaan laadun valmistamisen kriteerinä on se, että sitä pystytään mittaamaan. Jotta mittaustuloksia voitaisiin arvioida ja vertailla, on asetettava konkreettisia tavoitteita, jotka pyritään täyttämään. Crosby (1979) mukaan ”laatu on yhteensopivuus vaatimuksiin tai normeihin”. [3, s.16–23.]

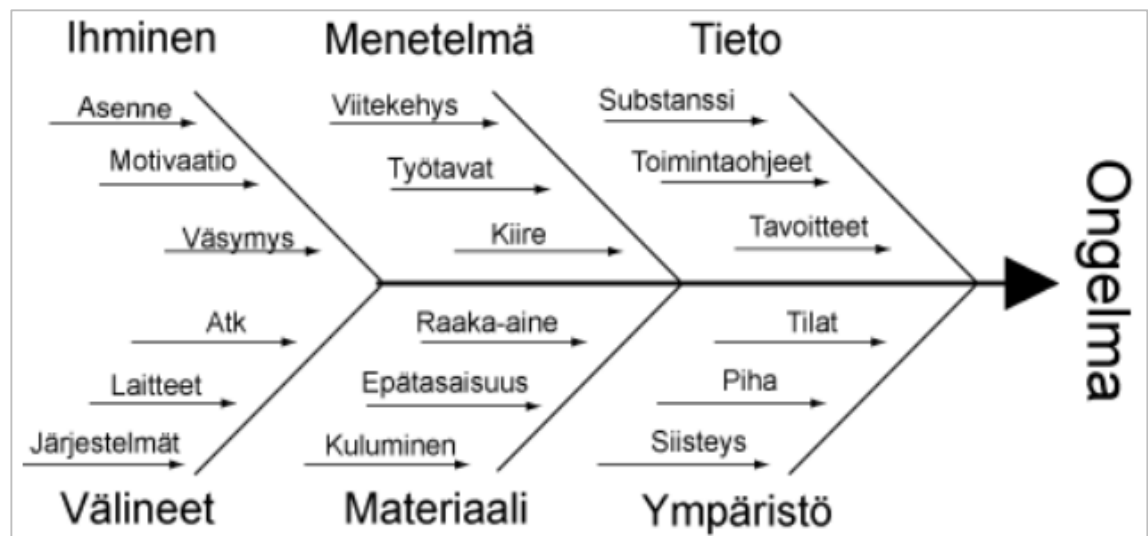
3.2 Tuotantoprosessi

Prosessilla tarkoitetaan sarjaa toisiinsa liittyviä toimenpiteitä halutun lopputuloksen aikaansaamiseksi. Tuotantoprosessi käynnistyy asiakkaalta saadusta herätteestä, esimerkiksi tuotteen tilauksesta. Kun lopputuote on tiedossa, lisätään impulssiin syötteet, jotka pitävät sisällään herätteen tuotteistamiseen vaadittavat osa-alueet, kuten energiaa ja raaka-aineita. Syötteiden liittämisen jälkeen tapahtuu resursseja (tilat, henkilöstö, osaaminen, työkalut, laitteet, järjestelmät) vaativa toiminta, jonka tuotteena ovat prosessin alussa määritetyn tuloksen lisäksi syntyvät sivutuotteet, kuten hukkamateriaalit, jätteet ja päästöt. Kuvassa 3 on kuvattu prosessin eri vaiheet. [4.]



Kuva 3. Prosessin eri vaiheet. [4.]

Prosessissa vallitsevia ongelmia voidaan havainnollista ja paikantaa helposti syy-seuraus-kaaviolla (kuva 4), eli ns. kalanruotokaaviolla. Ruotojen päissä otsikoidaan mahdollisten ongelmien aiheuttaja ja ruotojen viereen on listattu todennäköisiä syitä tutkittavan ongelman esiintymiselle. [4.]



Kuva 4. Syy-seuraus-kaavio. [4.]

Maalattujen pintojen kolhiintumiseen vaikuttaa moni esimerkkikaaviossa listatuista vaiheista. Mikä tahansa vuorovaikutus työntekijän tai työkalun ja maalatun pinnan välillä on riski pinnan vaurioitumiselle, mutta esimerkiksi Atk-laitteilla tai järjestelmillä ei ole suoranaista yhteyttä kyseiseen ongelmaan.

4 Laatuhavaintojen kerääminen

4.1 Tietokannat ja taulukot

Yrityksessä käytetään kolmea laadunvalvontaan perustuvaa tietokantaa. Eri kannoista kerätään havaintoja jokaisen tuotteen valmistus- ja toimitusprosessin aikana esiintyvistä virheistä. Virheellä tarkoitetaan havaittua poikkeavuutta hyväksymisen edellyttävissä kriteereissä, esimerkiksi naarmun, kolhun tms. sijainti, lukumäärä tai suuruus. Tämän tiedon avulla voidaan paikantaa työvaihe, jossa epäkohta yleisimmin syntyy, minkä jälkeen se on helppo eliminoida.

4.1.1 Laatupalautteet

Laatupalautteet-kanta käsittelee kokoonpanossa havaitut virheet. Virhe voi olla toimittajan tai yrityksen työntekijän aiheuttama. Ennen kuin työntekijä asentaa halutun osan valmistettavaan hoitokoneeseen, kuuluu hänen toimenkuvaansa tarkistaa kyseisen osan toimivuus mekaaniselta, hydrauliselta, pneumaattiselta, sekä visuaaliselta osalta riippuen tilanteesta. Jos työntekijä havaitsee puutteita edellä mainituissa ominaisuuksissa, osa on hylättävä tai korjattava. Hylkäys tapahtuu kirjaamalla osan nimiketunnus, vian kuvaus, päivämäärä ja aiheuttaja ylös, minkä jälkeen osa viedään hylättyrullakkoon odottamaan jälkikäsitteilyä. Osastojärjestelijä kirjaa osat ERP:iin, jolloin tieto virheen havaitsemisesta on dokumentoitu ja analysoitavissa jatkotoimenpiteitä varten.

4.1.2 Lopputesti

Kun hoitokone on kokoonpanttu, se lopputestataan. Lopputesti tarkistaa ja toteaa kaikki hoitokoneen ominaisuudet toimiviksi tarvittaessa osia vaihtaen tai korjaten. Kaikki tässä työvaiheessa havaitut virheet kirjataan toiseen vastaavaan tietokantaan kuin edellä. Tästä saadaan informaatiota joko tuotannossa havaittavien virheiden puutteista, kokoonpanovirheestä, tai vasta osan asennuksen jälkeen rikkoutuneesta osasta, esimerkiksi kolhiintumisesta.

4.1.3 Asiakaspalautteet

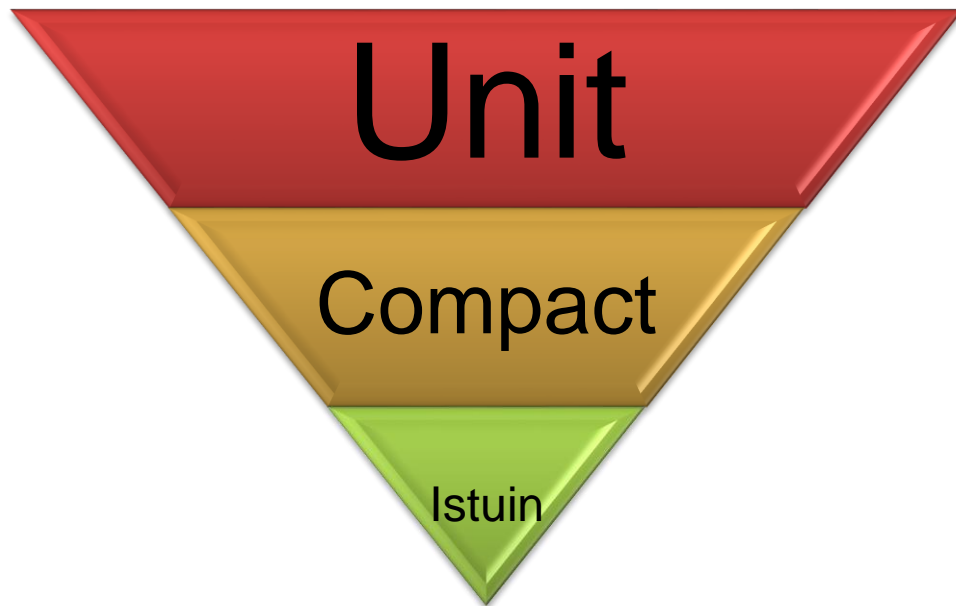
Lopputestin jälkeen hoitokone pakataan, verifioidaan ja lähetetään asiakkaalle, jonka tiloissa kone asennetaan paikalleen. Käyttöönoton jälkeen asiakas voi halutessaan lähettää saamastaan tuotteesta palautetta, joka kirjataan feedback-tietokantaan. Täältä saadaan tieto lopputestin jälkeen tapahtuneesta vikaantumisesta, joka sisältää pakauksen, kuljetuksen ja asennuksen.

4.2 Analysoinnin rajaus

Yrityksen toiminnanohjauksessa (ERP) käytettävä ohjelma on Lean System. ERP:stä saadaan tulostettua kaikki tilauksiin, toimituksiin ja reklamointeihin tarvittavat tiedot joko yksittäisen osan, kokoonpanon tai työn tunnuksella. Riveistä voidaan suodattaa haluttuja tietoja erilaisilla käskyillä ja ns. jokerimerkeillä.

Tässä insinööriyössä laatuhavaintoja analysoitiin maalattujen osien osalta. Havainnollistavaksi toimintatavaksi valittiin se, että analysoitiin koko tuotannon maalatut osat ja niiden kolhiintumisten määrä viimeisen kolmen vuoden ajalta (v. 2013–2015). Tämä tarkastelu tarkennettiin istuimeen liittyvien maalattujen osien analysointiin.

Istuinkoonnos tulee tällä hetkellä tuotantoon osittain koottuna. Tuotannossa istuimeen kiinnitetään selkänöja, jalkalippa ja niskatuki, minkä jälkeen kokonaisuus kalibroidaan ja tarkistetaan turvakytkimien toimivuus. Jatkossa valmiina tuleva koonnos tulee valmistettavaksi linjalla, minkä vuoksi istuimen maalattujen osien kuljetusratkaisun kehittäminen on luonnollisesti yhdistettävissä koonnoksen siirtoprojektiin. Analysoinnin hierarkia näkyy kuvassa 5.



Kuva 5. Laatuhavaintojen analysointihierarkia.

Unit-verstas pitää sisällään kaikki Planmeca Oy:n valmistamat hoitokoneet, Compact-hoitokone on malli, joka tuottaa suurimman osan Unit-verstaan valmistamista tuotteista ja tässä analysoinnissa tarkasteltava istuin on Compact-hoitokoneeseen asennettava istuin.

Nykyiset laatuhavainnot luodaan avoimesti kirjoitettavan tekstikentän pohjalta. Hylätyn osan koodin ja yleisen hylkäyssyyn valitsemisen lisäksi työntekijä voi vapaasti kirjoittaa havaitun vian ominaisuudet. Havaintojen analysointia hankaloittaa se, että virheraportteja ei voida rajata pelkästään maalattujen osien joukkoon, vaan on mietittävä yleisimpiä hylkäyssyitä ja määritettävä niiden avulla sopivat rajausparametrit. Tämän jälkeen rivit on käytävä manuaalisesti läpi, jotta haluttu otanta saadaan käsiteltyä. Esimerkki rajauksesta näkyy kuvassa 6. Lean System -ohjelmassa jokerimerkkinä käytetään % -symbolia, joka jättää rajauksen halutun pään avoimeksi.

Syykoodi: %1.% Kuvaus: %maal%,%kolh%,%kolo%,%kuop%,%naar% Tuotenyhmä: %sov%,%com%,%car%

Kuva 6. Esimerkki laatuhavaintojen otannan rajauksesta.

4.3 Analysoinnin tulokset

Jokaista kolmea laatuhavaintoja keräävää tietokantaa analysoitiin samalla periaatteella keskinäisen vertailun helpottamiseksi. Vaikka analysointi suoritettiin kolmen vuoden ajalta, tässä raportissa kappalemääriä kuvaavista diagrammeista on dokumentoitu vain viimeisen vuoden (2015) havainnot. Tämä aikaväli todettiin riittäväksi nykyisen tilanteen arvioimiseksi ja pohjaksi kehittämiseksi. Valmistuneiden koneiden määriin verrattavat kolhiintuneiden koneiden suhdeluvut kuvattiin koko otannan ajalta (2013–2015).

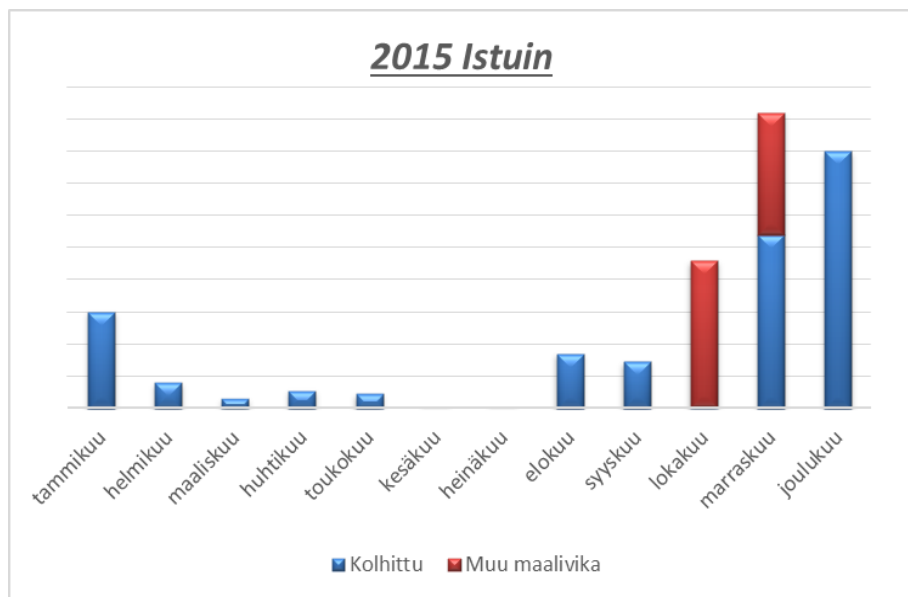
4.3.1 Tuotannossa havaitut laatupoikkeamat

Ensin tarkasteltiin laatupalautteet-kannasta kolhittujen kappaleiden suhdetta kaikkiin maalivallisiin. Tästä analyysistä tehtiin havainnollistava pylväsdiagrammi, minkä jälkeen piirrettiin käyrä kuvaamaan näiden parametrien suhdetta. Tämän jälkeen kolhittujen kappaleiden vertailukohdaksi valittiin valmistuneiden hoitokoneiden määrä. Näistä piirrettiin samat kuvaajat ja suhdekäyrä.

Voidaan todeta, että suuri osa maalivioista johtuu kolhiintumisesta. Laskennallinen keskiarvo kolhittujen ja kaikkien maalivallisten suhteelle on 87 %, josta voidaan päätellä, että osien suojaustasoa on parannettava kolhiintumisen vähentämiseksi.

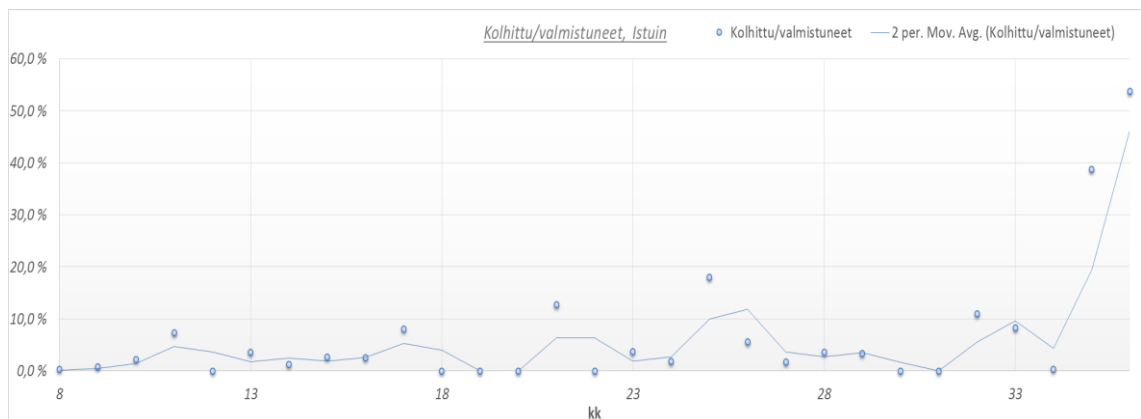
Käyrässä havaitaan kolhittujen kappaleiden suhdeluvun joinakin ajanjaksoina ylittävän 100 %. Tämä johtuu tuotantoteknisistä syistä, jossa hylättyjä kappaleita ei kirjata ERP:iin yksitellen, vaan sopivaksi havaituin väliajoin. Piikkikohdissa on ollut mahdollista, että usean hylätyn maalatun osan kirjaus on tehty samanaikaisesti, joka vaikuttaa tuloksiin tuoden merkittävää mittausepävarmuutta. Laskennallinen keskiarvo on kuitenkin 84 %. Jos kolhittujen kappaleiden määrää halutaan vertailla analysointia varten tarkasti minkä tahansa muun parametrin funktiona, hylättyjen osien dokumentointi täytyy tehdä järjestelmällisemmin. Tällä hetkellä ei ole ohjeistettu erillistä aikaa tai hylättyjen osien määrää, joka toimisi impulssina ERP:iin kirjaamiselle.

Kun koko tuotannon maalivalliset kappaleet oli analysoitu, rajattiin otanta istuimen maalattuihin osiin. Istuimen maalatuista osista tehtiin samat kuvaajat ja analyysit, kuvat 7 ja kuva 8.



Kuva 7. Istuimen kolhittujen pintojen suhde muihin maalivallisiin.

Kuvan 7 diagrammista voidaan todeta, että istuimen kokoonpanossa suuri osa maalivoista johtuu kolhiintumisesta, keskiarvo tälle suhteelle on 53 %. Edellä mainitusta mittausepävarmuudesta johtuen käyrän arvot vaihtelevat rajusti.

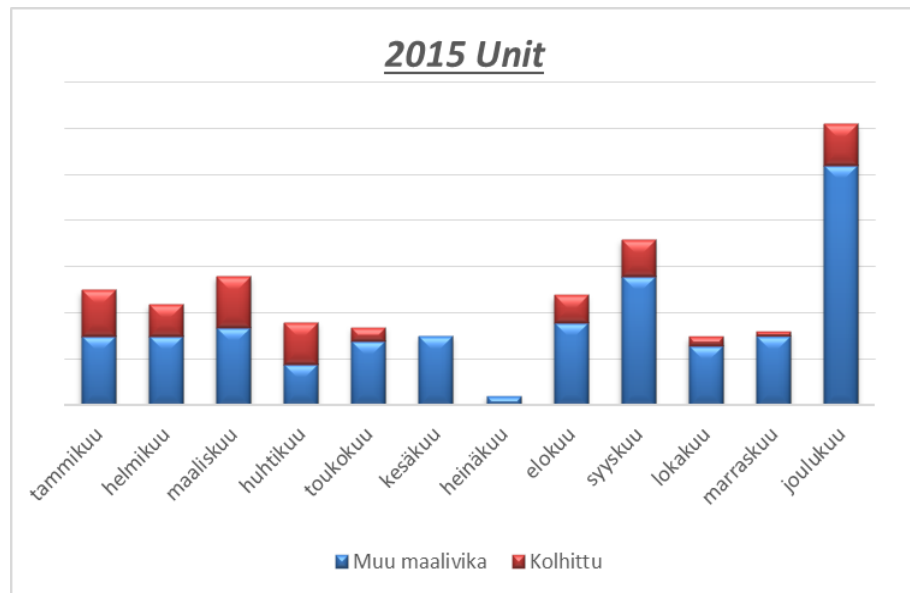


Kuva 8. Istuimen kolhiintuneiden pintojen suhde valmistuneisiin koneisiin.

Kuvasta 8 todetaan, että istuimen kolhitut maalipinnat valmistuneisiin koneisiin nähden ovat melko vähäiset. Tässä analysissä huomattavaa mittausepävarmuutta aiheuttaa myös se, että vuoden 2013 havainnot ei ollut saatavilla aikavälillä tammikuu–heinäkuu.

4.3.2 Lopputestissä havaitut laatu poikkeamat

Lopputestin laatu poikkeamia analysoitiin samalla tavalla kuin laatu palautteista kerättyjä havaintoja. Kuvassa 9 on havainnollistettu kolhittujen kappaleiden suhde muihin maalivallisiin koko Unitissa.

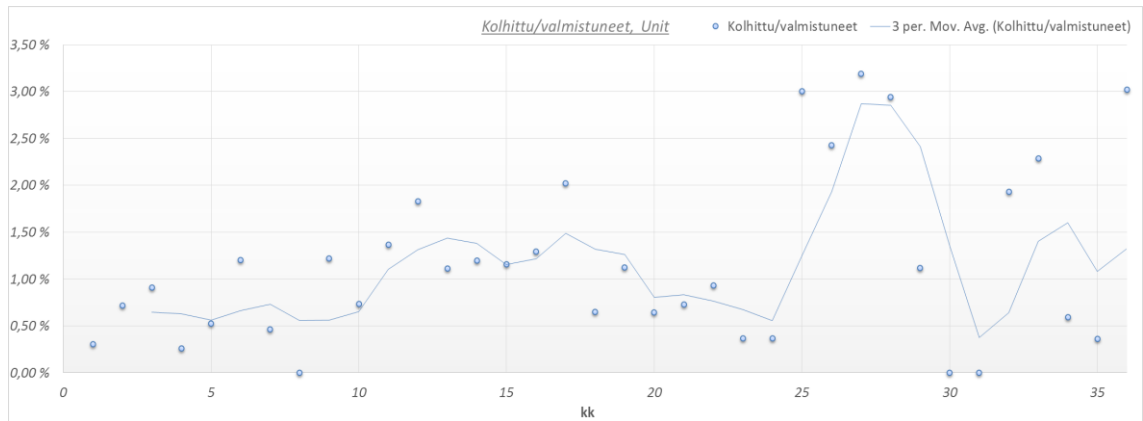


Kuva 9. Kolhittujen pintojen suhde muihin maalivallisiin koko Unitissa.

Kuvan 9 diagrammista voidaan laskea, että keskimäärin 20 % lopputestissä havaituista maalivioista ovat kolhiintuneita maalipintoja.

Lopputestissä havaitut viat voivat olla kokoonpanossa huolimattomuudesta johtuva epäkurantin osan hyväksyminen, työvaiheiden välillä tapahtuneen koneen siirron yhteydessä tapahtunut kolhiintuminen, tai jotain muuta, mitä ei voida jäljittää. Koska lopullisen laadun arvioinnin tekee ihminen, visuaalisen tarkistuksen hyväksymisrajoja on vaikea ohjeistaa.

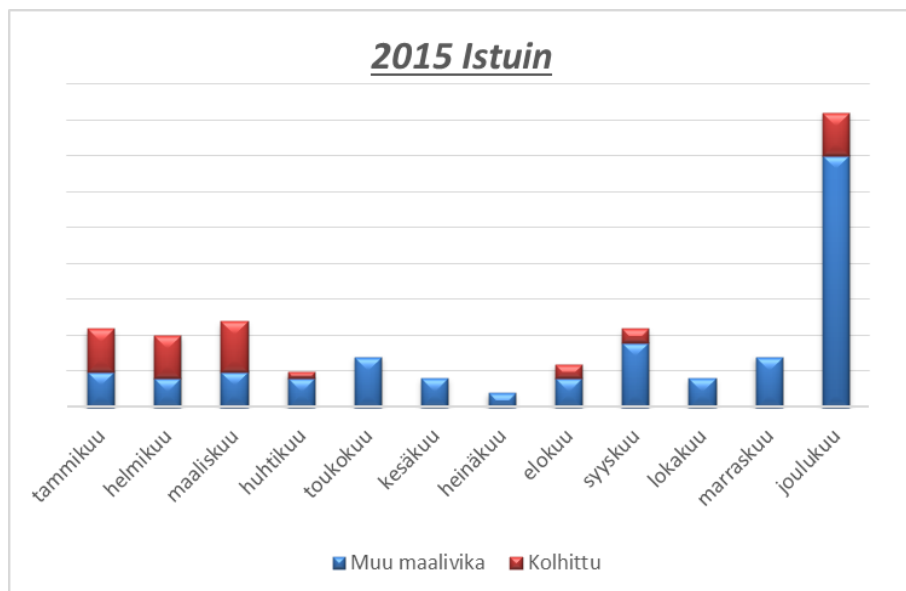
Kuvasta 10 ilmenee kolhiintuneiden pintojen suhde valmistuneisiin koneisiin.



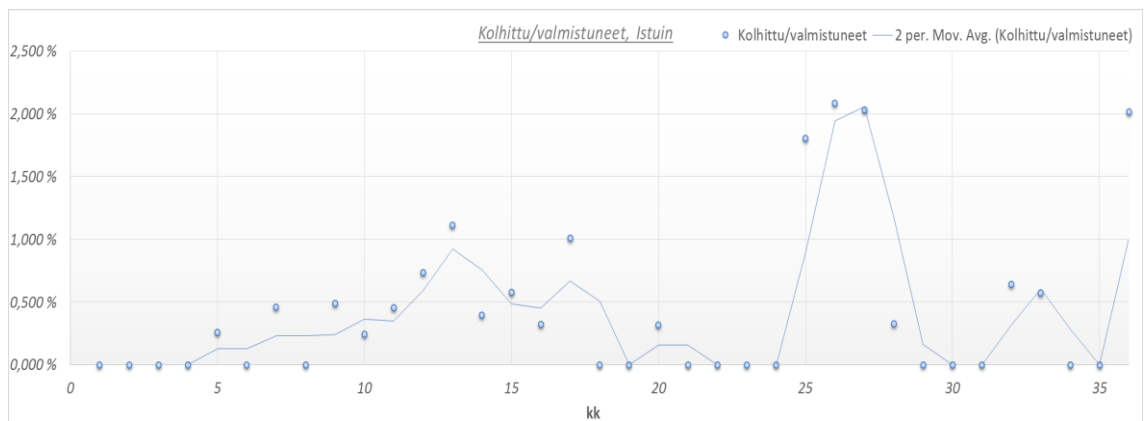
Kuva 10. Lopputestissä havaittujen kolhittujen pintojen suhde valmistuneisiin koneisiin.

Lukumäärällisesti kolhiintuneita pintoja on viikkotasolla vähän, mutta lopputestissä havaittu kolhiintunut pinta aiheuttaa miltei aina suuremmat korjaustoimenpiteet kuin kokoonpanovaiheessa havaittu. Jos osa on vaikea vaihtaa tai korjaustyö on pieni, tilataan maalari paikan päälle korjaamaan vahinko.

Lopputestissä havaitut istuimeen kohdistuneet laatupoikkeamat on eritelty kuvissa 11 ja 12.



Kuva 11. Lopputestissä havaittujen istuimen kolhittujen pintojen suhde istuimen maalivikoihin.

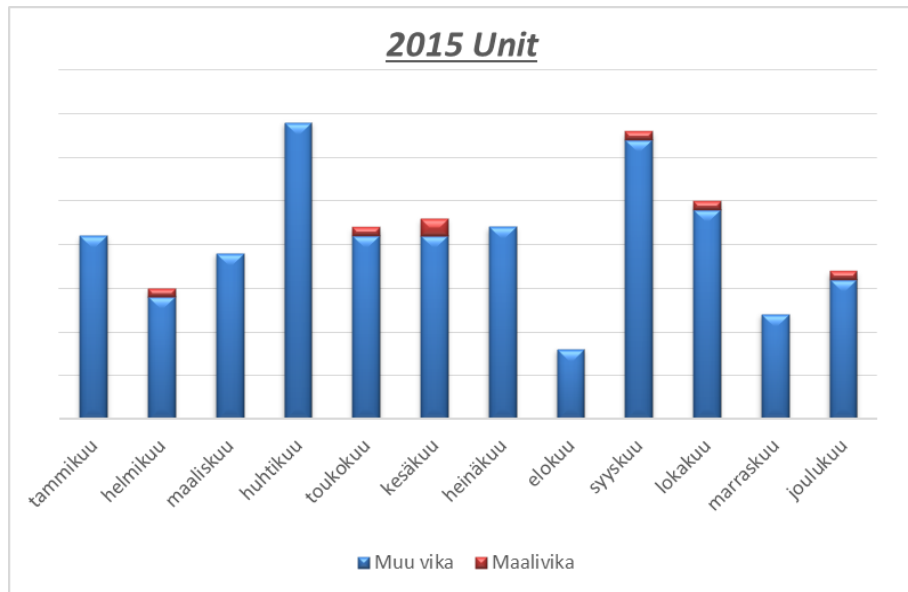


Kuva 12. Lopputestissä havaittujen istuimen kolhittujen pintojen suhde valmistuneisiin koneisiin.

4.3.3 Asiakkaalla havaitut laatupoikkeamat

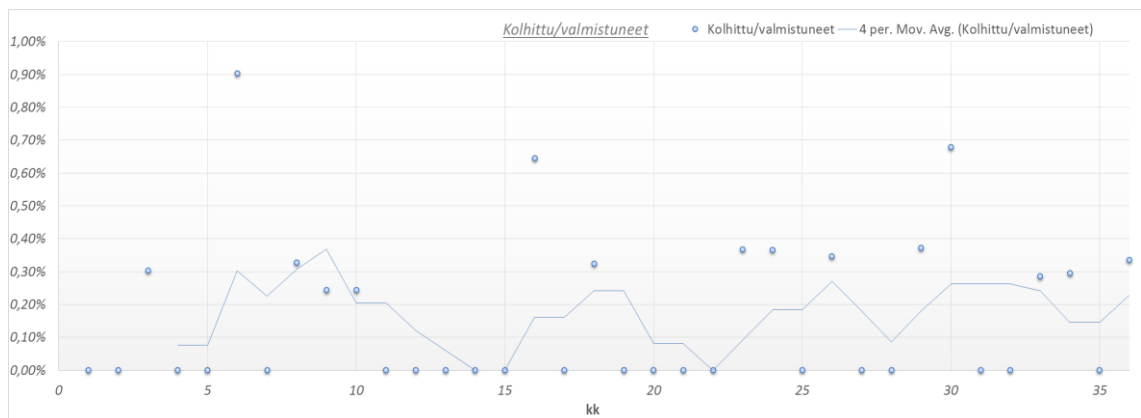
Lopuksi analysoitiin Feedback-kantaa, joka koostuu asiakkaan antamista palautteista. Kuten kuvista 13 ja 14 voidaan todeta, asiakkaalle päässeet maaliviat, erityisesti kolhiintumiset ovat lukumäärällisesti hyvin pienet verrattuna muista laatuhavaintoja keräävistä kannoista saatuihin tietoihin.

Kuvassa 13 on kuvattu vuonna 2015 asiakkaalla havaittujen maalivikojen suhdetta kaikkiin palautteisiin.



Kuva 13. Asiakkaalla havaittujen maaliviallisten pintojen suhde kaikkiin palautteisiin koko Unitissa.

Kuvan 14 käyrässä nähdään asiakkaalla havaittujen kolhiintuneiden pintojen suhde valmistuneisiin koneisiin. Laskennallinen keskiarvo tälle otannalle on 0,2 %.

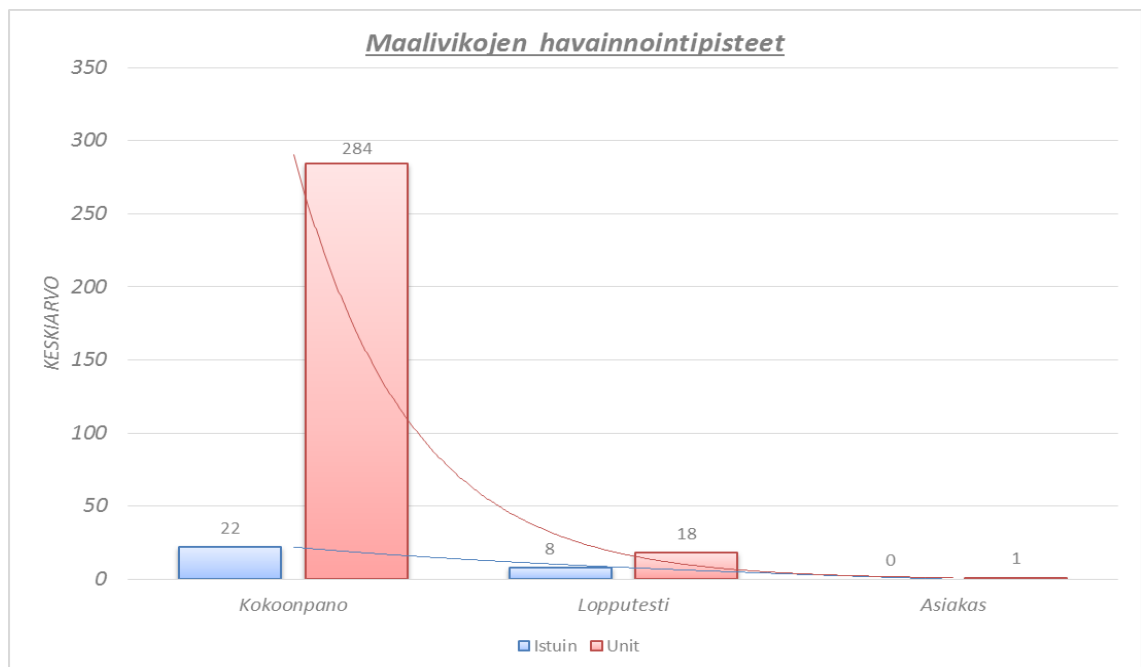


Kuva 14. Asiakkaalla havaittujen kolhiintuneiden pintojen suhde valmistuneisiin koneisiin koko Unitissa.

4.4 Johtopäätelmät

Laatupoikkeamien analysoinnin pohjalta voidaan päätyä tulokseen, jossa maalattujen osien suojausta on parannettava kuljetusten aikana syntyneiden kolhiintumisten vähentämiseksi. Tällä hetkellä hylätään runsaasti osia vähäisen suojauksen tai huolimattomuuden vuoksi, mikä lisää tuotantolinjalla pääsääntöisesti hukka-aikaa ja sitä kautta vähentää hoitokoneiden valmistusmäärää ja tuloja.

Kuvassa 15 on graafisesti kuvattu maalivikojen havainnointipisteet hoitokoneen valmistusprosessissa. Kuva havainnollistaa eri tarkistusvaiheiden osuutta kaikkien maalivikoihin liittyvien reklamaatioiden osalta.

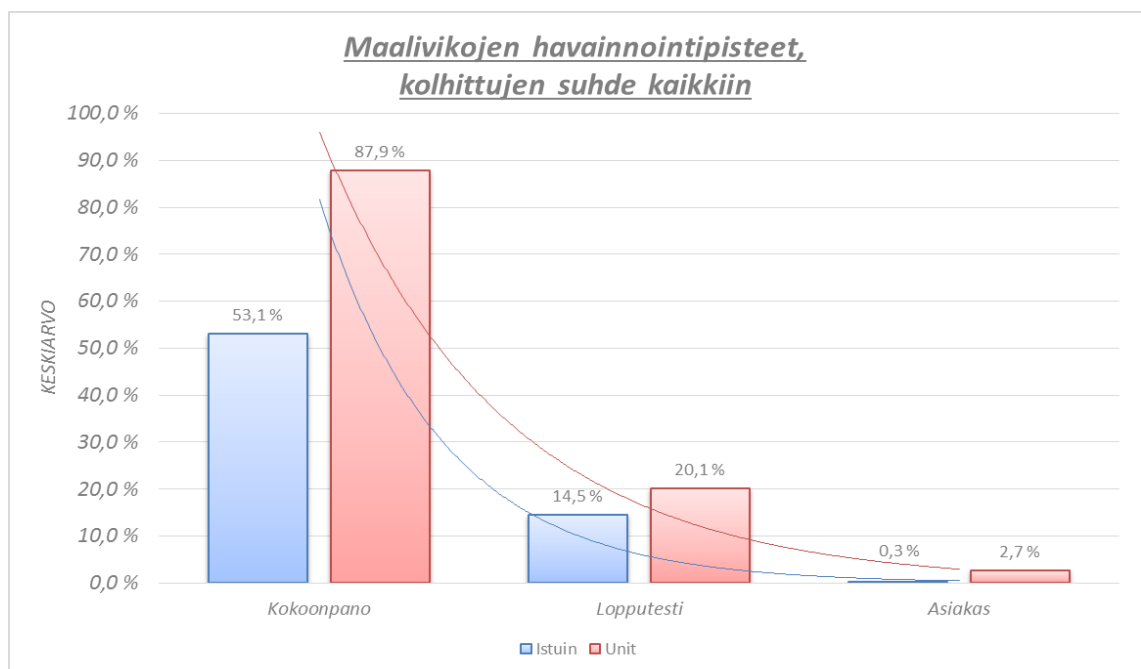


Kuva 15. Maalivikojen havainnointipisteet hoitokoneen valmistusprosessissa.

Ideaalilanteessa tuotteen saapuessa tuotannon käytettäväksi, maali- tai muu visuaalinen pinta on aina käyttökelpoinen ja sallituissa kriteereissä. Kokoonpanolinjalla havaitut maaliviat voidaan minimoida kehittämällä vastaanottotarkastuksen ja maalaamon tarkastusvaiheita, jolloin epäkurantti pinta havaitaan mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Tämä vähentäisi osien edestakaista kuljettamista korjaukseen tai reklamointiin, mikä vaikuttaisi tuotannon tehokkuuteen ja kokonaiskustannuksiin.

Suurin osa maalivioista havaitaan kokoonpanossa, kuten kyseisten tarkastelupisteiden osalta pitääkin. Tämä tarkoittaa sitä, että kokoonpanolinjan visuaalinen tarkistus on hyvä. Lopputestin havaitsemat maaliviat ovat huomattavasti vähäisemmät. Nämä virheet ovat voineet syntyä missä tahansa pisteessä osan asennuksen ja lopputestin välillä. Vähiten maalivikoja havaitsee asiakas. Luonnollisesti tavoitteena on, ettei epäku-rantti tavara kulkeutuisi asiakkaalle lainkaan. Tässä tapauksessa tavoitetilanne on hyvin lähellä todellisuutta ja asiakkaat vaikuttavat tyytyväisiltä maalattujen pintojen laatuun.

Kuvassa 16 kuvataan tuotantoprosessin eri havaintopisteissä kirjattujen kolhittujen maalipintojen suhdetta kaikkiin maaliviallisiin. Tästä voidaan tarkastella eri vaiheissa tapahtuneiden kolhiintumisten osuutta keskenään. Edellisen kuvaajan tavoin Unitin ja Istuimen kuvaajat laskevat tuotantoprosessin edetessä.



Kuva 16. Kolhittujen maalipintojen suhde kaikkiin maaliviallisiin tuotantoprosessin eri vaiheissa.

Määrällisesti suurin osa reklamoiduista maalatuista pinnoista vahingoittuu joko matkalla tuotantoon, tai kokoonpanon yhteydessä. Tästä johtuen halutun osan kuljettamista tavaranomittajalta kokoonpanolinjalle on kehitettävä, jolloin tarvittavan suojaustason implementoinnin myötä tuotannon hyötysuhde kasvaa.

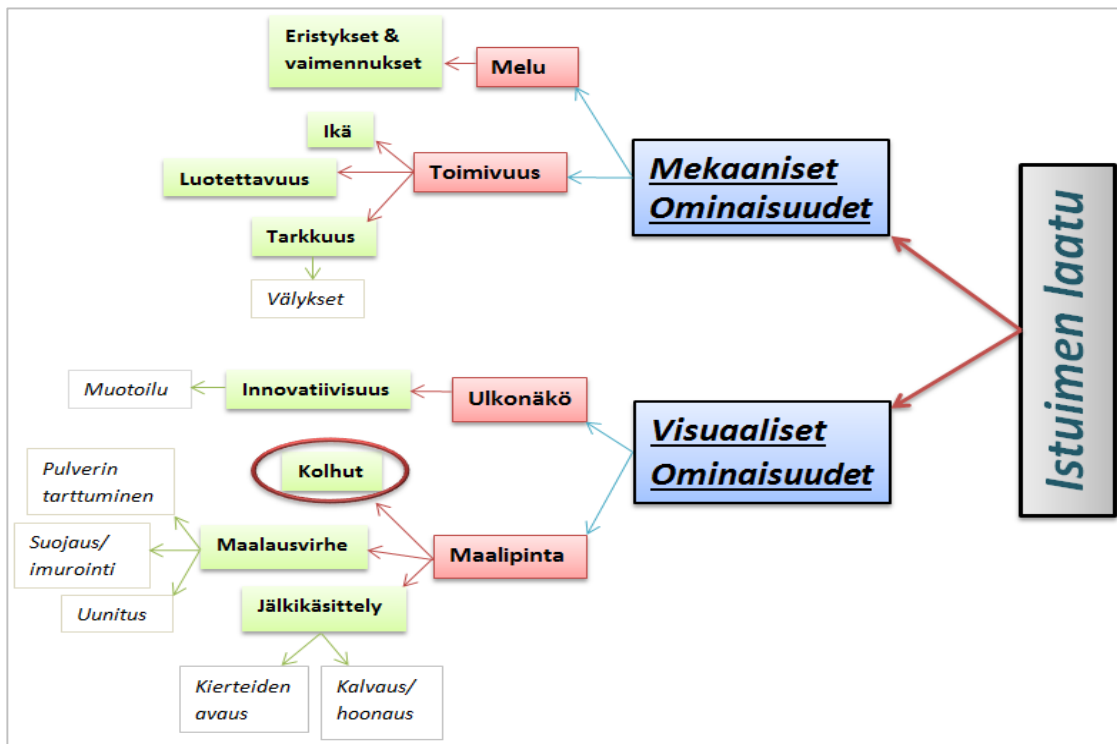
Verrattaessa istuimen ja muiden tuotannon maalattujen osien maalivikojen määriä, istuimeen kohdistuvia vikoja on vähiten. Kolhiintumisten osuus on suhteessa kuitenkin suurin. Koska istuinvalu toimii runkona koko istuinkoonnoksen rakentamiselle, valuun kohdistuneet kolhiintumiset vaativat koko istuimen purkua tai maalarilla suoritettavaa korjaustyötä, minkä vuoksi pienienkin hylkäysmäärien käsittely voi viedä aikaa ja resursseja enemmän kuin muissa hylättävissä pinnoissa.

5 Kolhiintuminen kokoonpanoprosessissa

5.1 Ongelman paikantaminen

Kokoonpanoprosessissa ilmenevien ongelmien paikantaminen voi olla hankalaa, varsinkin, jos siihen liittyvien tahojen lukumäärä on suuri. Hahmottamisen helpottamiseksi kappaleessa 3 kuvattu syy-seuraus-kaavio tai vuokaavio ovat hyviä työkaluja tämän vaiheen hoitamisessa. Tässä työssä käytettiin kahta vuokaaviota kuvaamaan istuimen kokoonpanoprosessin laatuun liittyvät osa-alueet, ja niiden mukaan arvioitiin tarvittavat muutostoimenpiteet kokoonpanon tehostamiseksi ja laadun parantamiseksi.

Ensimmäisessä vuokaaviossa (kuva 17) on kuvattu istuimen laadun määrittävät osa-alueet, sekä niihin liittyvät virhemahdollisuudet kokoonpanoprosessin aikana.

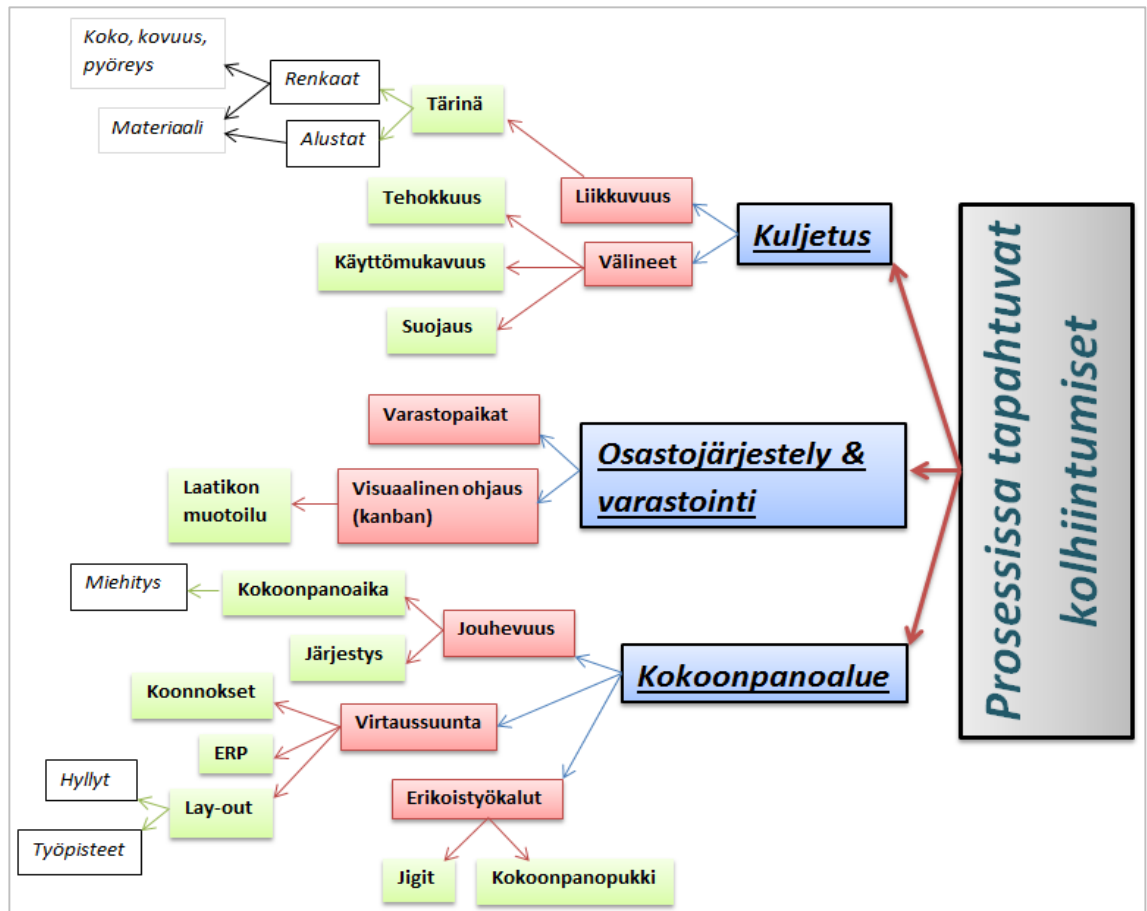


Kuva 17. Vuokaaviolla määritetyt laadun osa-alueet.

Tuotteen laatu on jaettu mekaanisiin, visuaalisiin ja sähköisiin ominaisuuksiin, joista jälleen pienempiin kokonaisuuksiin. Tässä työssä laadun tietokantojen analysoinnin perusteella keskitytään punaisella ympyröityyn visuaalisten ominaisuuksien haarasta

löytyviin maalipintojen kolhiintumisiin ja niiden ehkäisemiseen istuimen kokoonpanon osalta. Sähköiset ominaisuudet eivät olleet tämän kehitysprojektin kannalta olennaisia, joten ne jätettiin kokonaan huomioimatta.

Koska tarkastelukohteena ovat maalattujen pintojen kolhiintumiset, tehtiin toinen vuokaavio havainnollistamaan näitä virheitä aiheuttavat kokoonpanon vaiheet. Kolhiintumista havainnollistava vuokaavio on kuvassa 18.



Kuva 18. Kolhiintumiseen vaikuttavat kokoonpanon vaiheet.

Sinisissä laatikoissa olevat kaavion hierarkiassa suoraan kolhiintumisen alapuolella olevat vaiheet (kuljetus, osastojärjestely & varastointi sekä kokoonpanoalue) käsitellään tässä raportissa omina otsikoinaan. Osastojärjestely & varastointi -osiota tarkastellaan kevyemmin, koska vaihe ei liity insinööriyöhön samalla painoarvolla kuin valun kuljetus ja kokoonpanoalueen suunnittelu. Valun kuljettamisen suunnittelussa otettiin huomioon kaikki tarvittavat osastojärjestelyyn liittyvät elementit.

Maalattu pinta voi vahingoittua usean prosessin aikana tehtävän työvaiheen yhteydessä. Ensimmäinen mahdollisuus kolhiintumiselle esiintyy, kun valmis valu nostetaan maalauslinjalta kuljettimelle. Tämän jälkeen jokainen siirto on riski vahingoittumiselle, joka pyritään minimoimaan. Ennen valmiin tuotteen siirtämistä kokoonpanolinjan käyttöön, huonosti suojatut tai koneistetut osat on viimeisteltävä mahdollisten sovitteiden kriittisten mitoitusten vuoksi. Tämä toimenpide vaatii maalatun osan siirtämistä kuljettimesta työskentelytasolle ja takaisin kuljettimeen.

5.2 Osastojärjestely ja varastointi

Jos osa tilataan ulkopuoliselta tavarantoimittajalta, se vastaanotetaan ja varastoidaan ennalta määrätyle paikalle. Vastaanottoaikka määritetään ostovaiheessa sen perusteella, miten osaa halutaan käsitellä ennen sen kuljettamista tuotantoon. Talon sisällä maalattavat raakaosat tilataan automaattisesti E-talon korkeavarastoon, josta aihiot noudetaan koneistus- ja maalaustöitä varten.

Valmiit, esimerkiksi kokoonpanotehtaalla maalatut tarkastusta tarvitsemattomat osat vastaanotetaan D-talon varastoon, josta ne ovat suoraan noudettavissa tuotannon käyttöön. Jos tilattu osa tai koonnos halutaan tarkastaa, se tilataan aihoiden tavoin E-talon korkeavarastoon.

Liitteissä 2 on kuvattu E-talon 2. kerroksen pohjaratkaisu, johon on ympyröity niiden tavarahissien paikat, joilla koneistetut ja maalatut osat kuljetetaan tuotannon tiloihin. Neliöitynä on istuinkoonnoksen valmistuspiste. Tähdellä on merkitty istuinvalun kuljettamiseen käytettävän tavarahissin paikka kummassakin kerroksessa.

5.3 Kokoonpanoalue

Riippuen kokoonpanon järjestyksestä, kokoonpanossa maalattujen pintojen vahingoittuminen voi tapahtua minkä tahansa työvaiheen yhteydessä. Näin ollen työvaiheiden järjestys on suunniteltava siten, että maalattujen osien siirtovaiheet minimoidaan ja välttämättömät liikkeet suoritetaan riittävän hallitusti ja suojatusti laadun säilyttämiseksi. Välttämättömiä siirtoja istuimen osalta ovat valun siirto kuljettimesta työpöydälle, työpöydältä kokoonpanopukille, minkä jälkeen valmis istuin hoitokoneeseen.

6 Maalatu istuinvalun kuljettaminen

6.1 Vaatimukset

Pulverimaalattu istuinvalu toimii runkona hammashoitokoneeseen asennettavan istuimen kokoonpanossa. Tähän visuaalisesti kriittiseen komponenttiin kiinnitetään kaikki tarvittavat osat ja alikoonnokset, minkä jälkeen valmis istuin asennetaan hoitokoneeseen.

Valut maalataan kokoonpanolinjan alakerrassa, josta ne kuljetetaan ylös tuotantolinjalle. F-talossa valmistetaan saman istuinvalun pohjalta lattiatasoon asennettava potilas-tuoli.

Koska Planmeca on ylpeä tuotannostaan, yritysvierailut ovat hyvin yleisiä. Asiakkaita kierrätetään tuotannon tiloissa, minkä vuoksi siisteyden, järjestelmällisyyden ja tilan yleisilmeen on vastattava terveysteknologian laitteiston valmistamisessa oletettuja kriteereitä. Tämän vuoksi kuljetusratkaisun on oltava teknisten ominaisuuksien lisäksi myös ulkonäöltään siisti.

6.2 Nykyinen kuljetusratkaisu

Tällä hetkellä istuinvalun kuljettaminen hoidetaan valun mittoihin nähden ahtaalla rullakolla kuvan 19 mukaisesti. Rullakon kuljetuskapasiteetti on 12 istuinvalua, mutta riski kolhiintumiselle on hyvin suuri. Hyllyjen väli on n. 5 cm korkeampi kuin valun korkeus ja kahden valun sijoittaminen samalle hyllylle ei tuo riittävästi tilaa tarvittavan suojaustason toteuttamiseksi. Istuinvalun massa on 9,7 kg ja rullakon ylin hylly sijaitsee 1,6 m korkeudella.

Rullakon kovat renkaat aiheuttavat epätasaisella alustalla työnnettäessä tärinää ja työergonomia kokoonpanolinjalla on huono ottaen huomioon erikokoiset työntekijät. F-taloon rekalla kuljetettavat valut yksittäispakataan joko kuplamuoviin tai muuhun pehmusteeseen, minkä jälkeen suojatut valut pakataan lavalle.

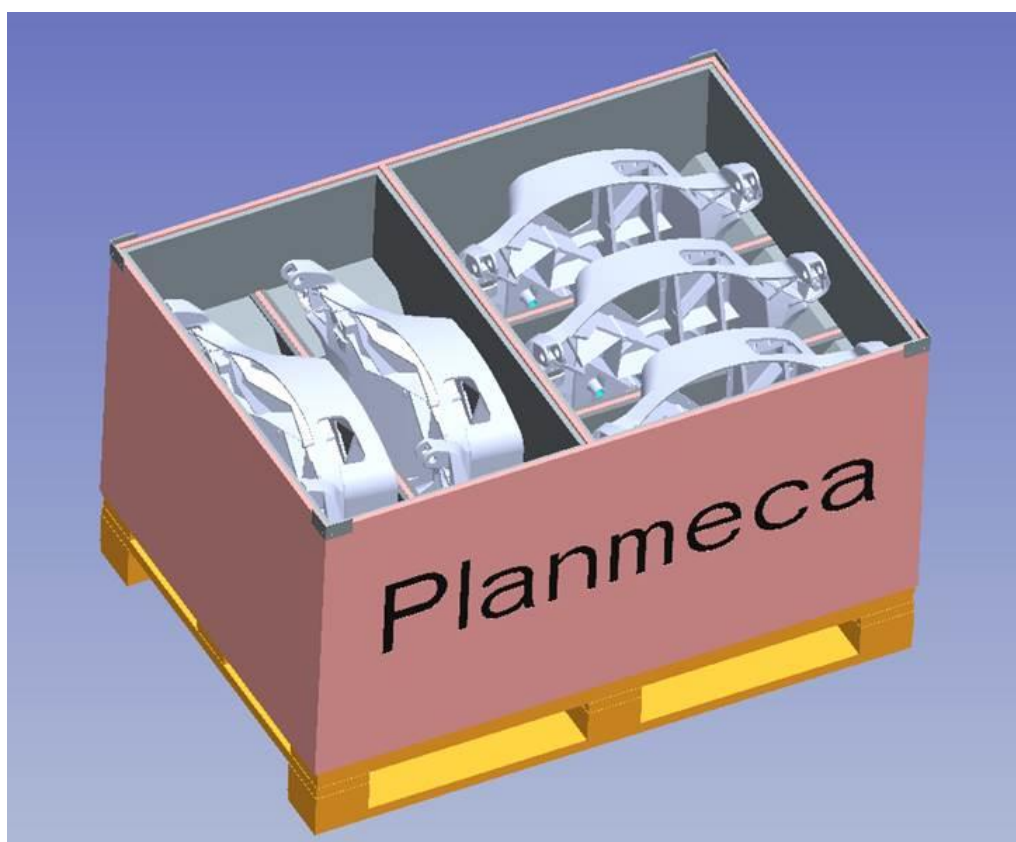


Kuva 19. Nykyinen ratkaisu istuinvalun kuljettamiselle.

6.3 Uusi kuljetusratkaisu

6.3.1 Ominaisuudet

Istuinvalun kuljettamiselle mietittiin useita ratkaisuvaihtoehtoja, joista ensimmäisinä olivat olemassa olevat kääryt, rullakot ja lavat. Kuljetettavan valun monimutkaisen geometrian vuoksi, parhaan suojaustason saamiseksi päädyttiin standardisoidun EUR-lavan (1200x800 mm) [5] sisään asennettavaan riittävällä suojaustasolla varustettuun tälle valulle spesifioituun lokeroratkaisuun, kuva 20.

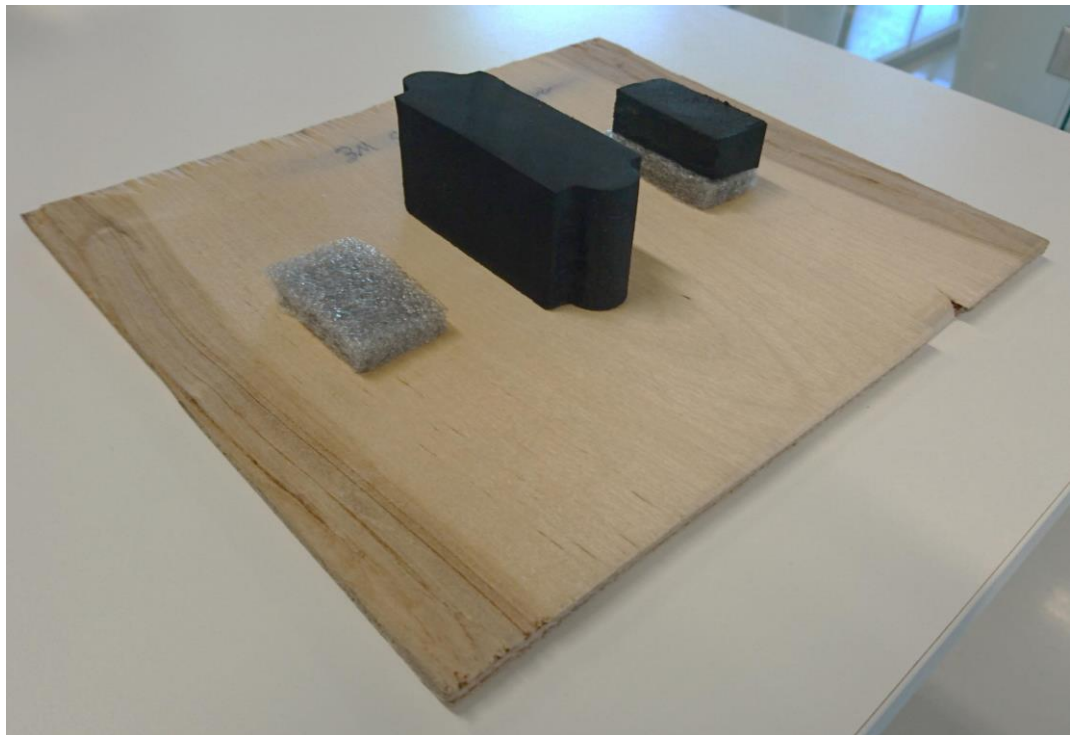


Kuva 20. Uusi kuljetusratkaisu maalatuille istuinvaluille.

Pehmusteen materiaaliksi valittiin kovuusasteen perusteella tiheydeltään 40 kg/m^3 polyeteenisolumuovi, joka on riittävän kestävä. Koneistuskelpoisen solumuovin kiinnitys vaneriin tapahtuu joko liimaamalla, tai vaihtoehtoisesti myös upotusreikien avulla ruuvi-kiinnityksellä. Suuri osa kontaktiliimoista ei sovellu polyeteenin liimaukseen materiaalin sulamisen tai heikon liitoksen vuoksi. Toisena ratkaisuna kokeiltiin ohutta kaksipuoleis-

ta teippiä, joka täytti vaaditut kriteerit mainiosti. Teipin pitävyyttä eri pintojen välillä tutkittiin kuvan 21 mukaisella tavalla. Pehmusteen pohja vastaanottaa yläpuolelta tulevan valun massasta aiheutuvan leikkausvoiman, joten liimauksen on kestettävä vain liitokseen kohdistuvat mahdolliset normaalivoimat.

Suojauksessa käytetty materiaali kiinnitettiin valitulla teipillä lavan reunusta vastaavaan materiaaliin, minkä jälkeen täytepaloja rasitettiin käyttökohdetta vastaavalla tavalla, mistä saatiin tulokseksi pehmusteen irrottamiseen tarvittava voima.



Kuva 21. Suojausmateriaalien kiinnitystavan optimointi.

Kuljetusratkaisun suunnittelussa otettiin eri työvaiheiden, kuten maalaamo-, kuljetus-, varasto- ja kokoonpanohenkilökunnan käyttömukavuus huomioon työn sujuvuuden parantamiseksi.

Tavallisten lavakaulusten sijaan reuna on yhtenäinen ja kiinteästi asennettu lavaan. Yläreunan ohjurit mahdollistavat yksiköiden pinoamisen ja varmistavat kuljetuksen turvallisuuden. Tarvittava kuljetuslaatikoiden määrä laskettiin huomioiden tuotannon viikkotavoite, haluttu puskurin määrä ja laatikon kapasiteetti.

6.3.2 Ratkaisun arviointi

Koska kehikko valmistetaan standardisoidun lavan pohjalta, saadaan ratkaisusta mahdollisimman yleiskäyttöinen kuljetuksen ja varastoinnin kannalta. Pumppukärryt, trukit, automaattitrukit lavapaikkoineen ja erilaiset taakat toimivat yhteistyössä, eikä erikoisjärjestelyitä tarvita.

Osastojärjestely ja maalaamo ovat suunnitelleet maalattujen osien osalta siirtymistä läpivirtaushyllyyn, jossa nykyisen järjestelyn sijaan maalaustyölle ei tarvita erillistä impulssia, vaan osia valmistetaan jatkuvasti varastossa olevaan puskurihyllyyn. Kokoonpanolinjan osastojärjestelijä noutaa tarvittavan määrän määrättyä osaa puskurihyllystä ja palauttaa tyhjän laatikon maalaamoon tiedoksi noudetusta tavarasta. Tätä voidaan kutsua myös nimellä Kanban-järjestelmä. Kanban-järjestelmässä työvuo visualisoidaan prosessin kulun helpottamiseksi ja ennalta määritetty merkki, kuten jokin dokumentti tai tyhjä laatikko, vaihtavat paikkaa työn etenemisen mukaan. [6.]

6.3.3 Turvallisuus ja ergonomia

Tämän kuljetusratkaisun suunnittelussa pyrittiin minimoimaan valun turhat siirrot erilaisen lavojen ja kärryjen välillä. Uudessa mallissa valmis maalattu valu voidaan asettaa maalausradalta suoraan omaan lokeroonsa, josta se seuraavan kerran poistetaan vasta kokoonpanovaiheessa. Yksittäisillä lokeroilla vältetään valujen keskinäiset kolhiintumiset. Jos valuja joudutaan käsittelemään maalauksen jälkeen, todennäköisyys pinnan vahingoittumiselle on huomattavasti suurempi nykyisellä rullakosta poistamisella ja uudelleenasettamisella kuin uudella ratkaisulla.

Käytettävyys kokoonpanolinjalla otettiin myös huomioon. Erikokoisten työntekijöiden tulee saada noudettua valu turvallisesti itseään vahingoittamatta työpisteelle mahdollisimman tehokkaasti. Lattiatasosta nostaminen todettiin turvallisemmaksi kuin esimerkiksi rullakon ylähyllyltä laskeminen. Istuinvalun uuden kuljetusratkaisun prototyyppi näkyy kuvassa 22.



Kuva 22. Istuinvalun uusi kuljetusratkaisu.

6.3.4 Kustannukset

Kuljetuslavasta piirrettiin mitoituskuvat ja valmistavalle yritykselle lähetettiin tarjouspyyntö prototyyppiä varten. Parhaaksi toimintamalliksi todettiin, että kuljetuslava tilataan yhdeltä yritykseltä ja lokeroiden pehmusteet toiselta. Alihankkija ilmoitti 12 mm filmivanerista valmistetun laatikon, jossa on päällekkäin pinoamisen mahdollistavat kulmatuet asennettuna ja niitattuna, hinnaksi kokoonpantuna á 184,80 €.

Pehmustemateriaali tilattiin toisesta yrityksestä. Kuljetuslavan 3D-mallista laskettiin yhteen lavaan käytettävän pehmusteen tilavuus kustannusten arvioimiseksi. Prototyypin kokeilun jälkeen ilmoitettiin tilattavien kuljetusyksiköiden lukumäärä, josta alihankkija antoi tarjouksen koko tilaukselle. Muotoon leikattujen ja valmiiksi tarroitettujen pehmusteiden hinnaksi ilmoitettiin á 77,75 €.

Vaikka ratkaisu ei ole halvin mahdollinen, tarvittavan suojaustason saamiseksi kuljetettävien valukappaleiden yksittäislokerot tuovat tarvittavan suojan kuljetuksen ajaksi. Suojauksen puutteen seurauksena ovat visuaalisten pintojen kolhiintumiset ja maalarin korjaustyöt, jotka oli tarkoitus minimoida.

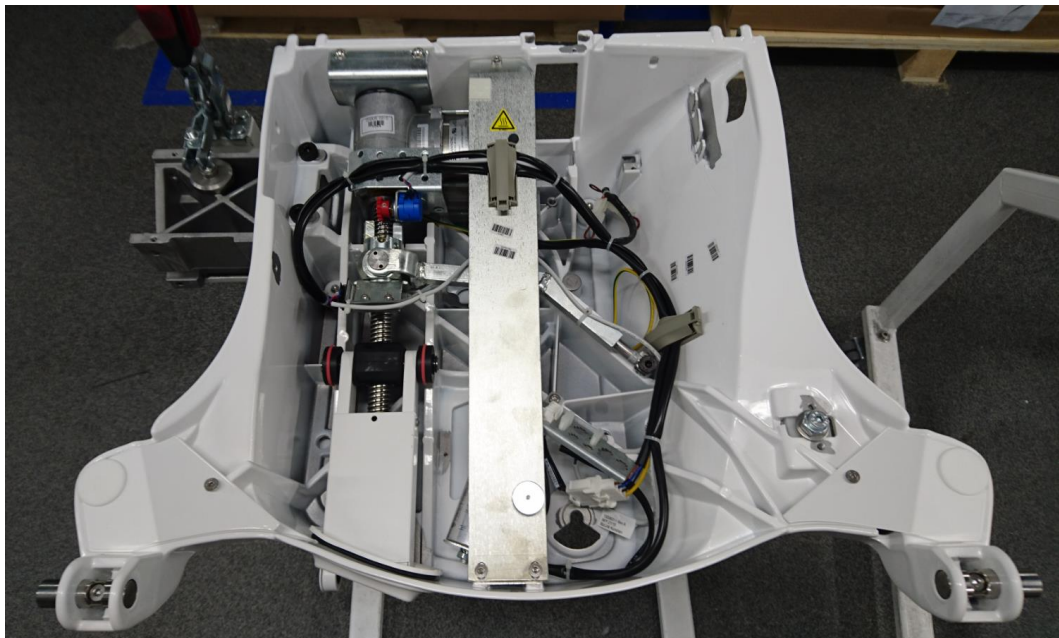
7 Kokoonpanoalueen suunnittelu

7.1 Istuinkokoonpano

Valmis istuin koostuu neljästä pääkokoonpanosta, jotka ovat:

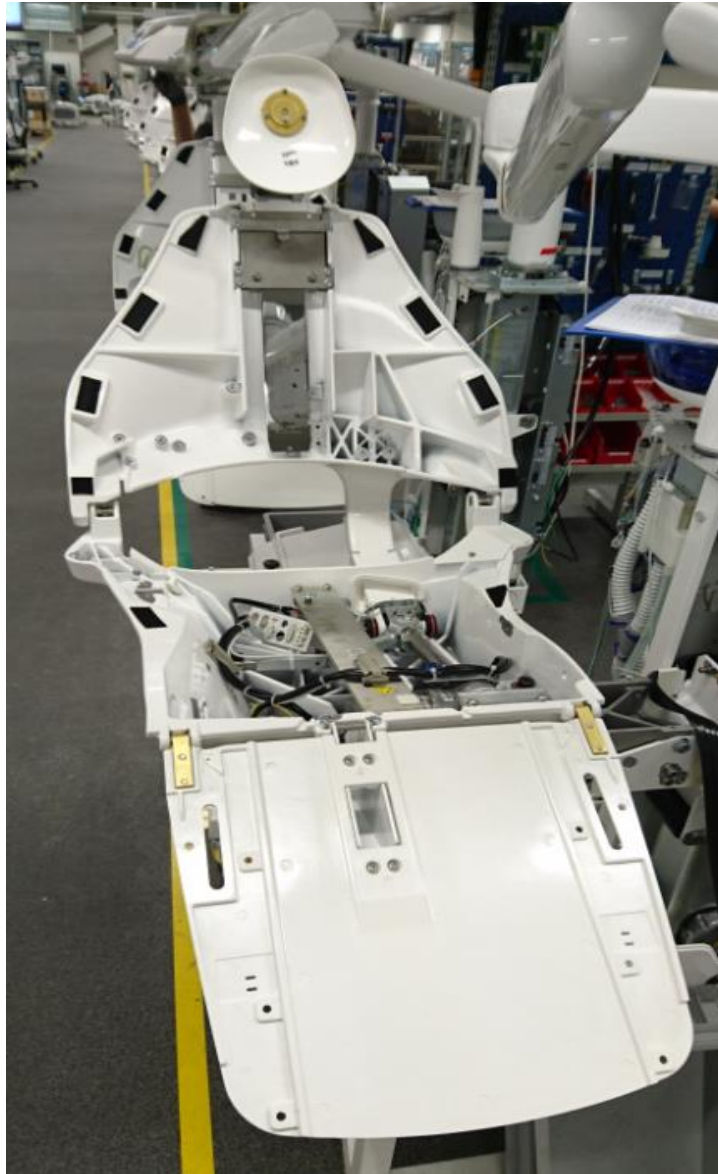
- istuin-kokoonpano
- selkänoja
- jalkalippa
- niskatuki.

Tällä hetkellä em. alikoonokset valmistetaan kokoonpanotehtaalla, josta ne kuljetaan loppukokoonpanotehtaalle kokoonpantavaksi. Jatkossa istuinkokoonpano alikoonoksineen tullaan valmistamaan tuotantolinjalla. Kuvassa 23 näkyy valmistettava kokoonpano.



Kuva 23. Istuin-koonnos.

Kuvassa 24 nähdään valmis istuin kalibroitu ja hoitokoneeseen kiinnitettyä. Kyseinen istuin on varusteltu kiinteällä jalkalipalla ja manuaalisella ovaali-niskatuella.



Kuva 24. Valmis istuin kiinnitettyä hoitokoneeseen.

7.2 Kokoonpanon rakenteet

Kokoonpanoalueen suunnittelua helpottaa se, että ERP:iin kirjataan jokaiselle työlle siihen käytettävät osat, joista muodostuu tehtävän työn rakenne. Listalle on kirjattu osat koonnoksittain, joten sitä voidaan helposti tarkastella kunkin koonnoksen sisällön lisäksi, mihin suurempaan kokonaisuuteen se liitetään. Suunnittelussa otetaan huomioon ergonomian ja sujuvuuden kannalta se, että osia ja koonnoksia siirretään työpisteiden välillä mahdollisimman tehokkaasti. Laadun kannalta osien ylimääräinen siirtäminen lisää riskejä kolhiintumiselle.

Kuvassa 25 on kuvakaappaus ERP:istä, jossa näkyy työn rakenne ja koonnosten hierarkia. Esimerkissä ”Moottori kokoonpano” on pääkoonnos, johon seuraavat alikoonnokset liittyvät. Mitä useammalla ranskalaisella viivalla nimike on merkitty, sitä alempana se kokoonpanon hierarkiassa on.

Nim.tunnus	Nim.nimi	Komponentti	Määrä	Yks.	Piirustus/ Revisio
10007144	Moottori kokoonpano		1,00	kpl	
- 10007164	Moottori runko		1,00	kpl	
- - 10005810	FL-moottorilaippa, face lift		1,00	kpl	4-617-40370
- - 10005778	FL-melukumi, face lift		2,00	kpl	4-617-40352
- - 10005802	FL-moottorimutteri, face lift		1,00	kpl	3-617-40367
- - 10006393	Hanning selkänojamoottori 230V		1,00	kpl	3-617-40715
- - 10032810	Potentiometrin asennuspelti		1,00	kpl	248459 / B
- - 10010487	EJOT DG - RUUVI WN 1553, 50X12 TORX A2		2,00	kpl	
- - 00003004	Aluslevy DIN 125 10,5		1,00	kpl	
- - 10006311	Selkänoja potentiometrin kaapeli (facelift)		1,00	kpl	10006311 /
- - 10030632	Spindel haarukka kokoonpano		1,00	kpl	10030632 / 0
- - - 10005818	FL-spindelimutteri kok.pan. face lift		1,00	kpl	3-617-40378
- - - 10012513	Välihaarukka prässätyillä laakereilla		1,00	kpl	
- - - - 10005762	FL-valihaarukkokp, face lift		1,00	kpl	3-617-40343
- - - - 00122001	Liukulaakeri GSM-1012-15		2,00	kpl	
- - - 10005763	Valihaaratappi, face lift		2,00	kpl	4-617-40345
- - - 00003137	Pidätinruuvi DIN 916 M3x3 Zn		4,00	kpl	
- - - 00006639	Lautasjousi DIN 2093 8.2x16x0.6		2,00	kpl	
- - - 00326163	Pidätinruuvi DIN 916 M6x6 A2		1,00	kpl	
- - 10005846	FL-spindelinpaa, face lift		1,00	kpl	4-617-40397
- - 10005847	FL-karantukitappi, face lift		1,00	kpl	4-617-40398
- - 10006779	Urakuulalaakeri 6000 2RS		1,00	kpl	

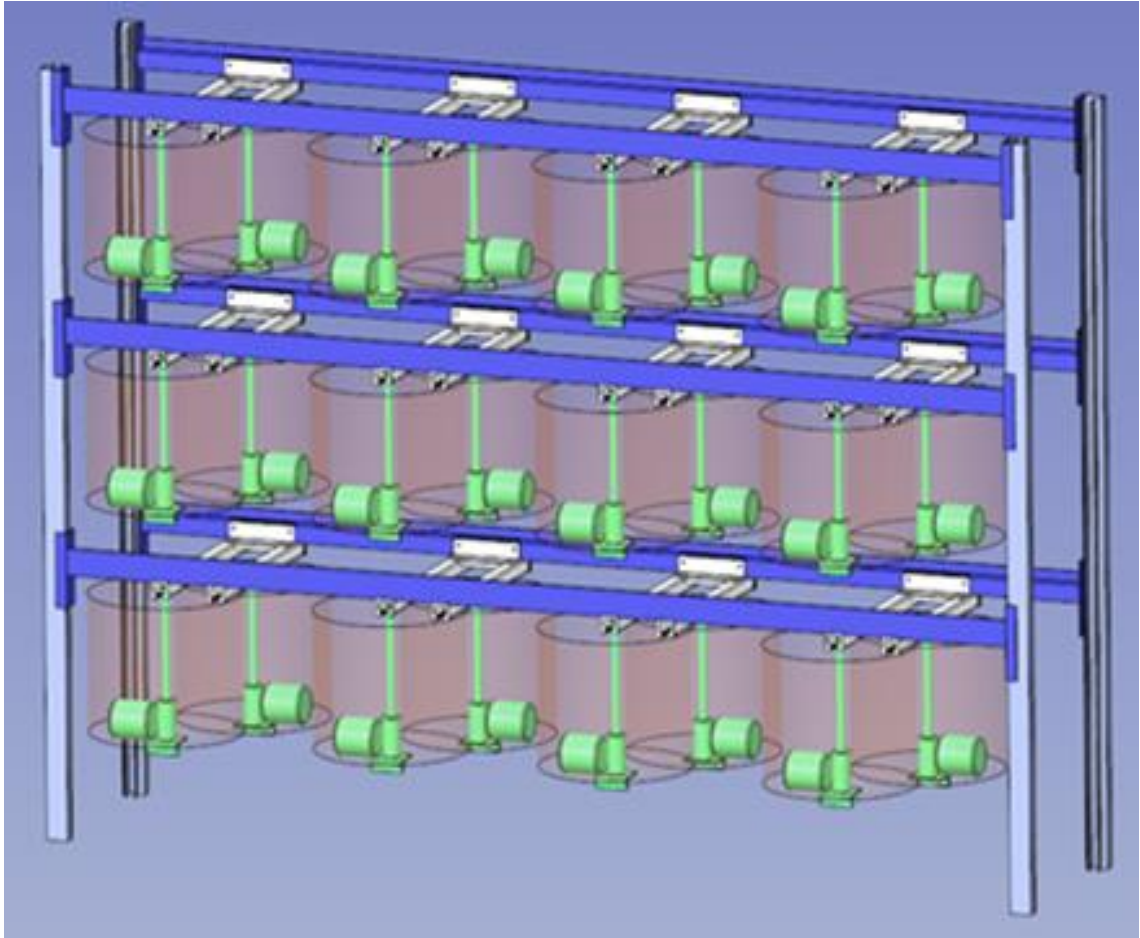
Kuva 25. Esimerkki työn rakenteesta.

7.3 Kokoonpanoalue

Nykyisen istuin-tiimin vieressä sijaitsi jalkaohjaimen kokoonpano. Kokoonpanon siirto-projektin myötä jalkaohjaimen tuotanto siirrettiin F-taloon, josta valmiit ohjaimet kuljetaan kokoonpanolinjalle keräiltäväksi. Tästä siirrosta vapautunut tila käytetään istuinkokoonpanon tekemiseen.

Pohjapiirustus tehtiin Google Sketchup -ohjelmistoa käyttäen. Koko tuotantohalli on mallinnettu hahmottamisen parantamiseksi kolmiulotteisena samaa ohjelmistoa käyttäen. Mittasuhteet on kirjattu oikeiksi mitoituksen helpottamiseksi. Uusi suunniteltu istuin-tiimin pohjaratkaisu löytyy liitteestä 1.

Kokoonpanojärjestys on toteutettu nuolilla havainnollistettuna liitteen 1 mukaisesti siten, että suurimpaan istuimeen liittyvään koonnokseen (moottorikokoonpano) liittyvät alikoonnokset kootaan mahdollisimman lähellä toisiaan. Valmis moottorikoonnos siirretään läpiantohyllyyn (kuva 26), jonka toiselta puolelta valmis moottori on nostettavissa asennettavaksi. Istuimen kokoonpano tapahtuu nostoadapterin asennusta lukuun ottamatta kokonaan pukin päällä, mikä vähentää pöydällä rakentamisesta aiheutuvat mahdolliset naarmuuntumiset. Koska kokoonpano tapahtuu pukilla, valun (9,7 kg) siirtämiseen ei vaadita nostinta.



Kuva 26. Moottorikoonnoksen läpiantohylly.

7.4 Resurssit

Tarvittavan miehityksen määrittämiseen käytettiin LAM2000-ohjelmistoa. Laskurille syötettiin videokameralla kuvatut työvaiheet, listattiin standardiosien kuten ruuvien määrä ja asennusajankohta, jonka jälkeen ohjelma laski koko työvaiheen kokoonpanoajan.

Tämä aika on kokoonpanon aika teholluvulla 1, jossa ei oteta huomioon hukkaa, eli työtä tuottamatonta aikaa. Miehityksen määrittämiseksi henkilötarve laskettiin kaavan 1 mukaisesti käyttäen sopivaa kerrointa riittävän miehityksen varmistamiseksi.

$$\frac{k*Q}{n*t} = n \text{ hlö}, \quad (1)$$

jossa:

k = ohjeaika (min)

t = työpäivän pituus (min)

n = teholuku

Q = valmistusmäärä

Valmistusmääräksi on määritetty kokoonpanolinjan normaali viikkotavoite. Ohjelma laskee työvaiheelle sopivan elpymisajan (12–14 %), joka riippuu työvaiheen fyysisestä vaativuudesta. Tästä johtuen lakisääteisiä taukoja ei huomioida työpäivän pituudessa laskettaessa sopivaa miehitystä. Sopiva henkilömäärä saatiin laskettua riittävän tuotevirtauksen aikaansaamiseksi.

7.5 Kokoonpanopukki

Istuin valmistetaan käyttäen apuna pyörillä varustettua kokoonpanopukkia. Nykyiset pukit ovat kookkaat ja kuluneet, minkä vuoksi ne uusitaan. Käytännöllisempien pukkien suunnittelu helpottaa rajallisen kokoonpanoalueen hyödyntämistä istuimen kalustamista varten. Uusi pukki suunniteltiin ottaen huomioon kaikki istuimen valmistamisessa suoritettavat työvaiheet ja niiden tarpeet. Kuvassa 27 on uuden kokoonpanopukin 3D-malli.



Kuva 27. Istuimen valmistamiseen käytettävä uusi kokoonpanopukki.

Mallikuvan perusteella valmistettiin prototyyppi, jolla todettiin konsepti toimivaksi. To-teamisen jälkeen tilattiin alihankintatyönä kokoonpanotavoitteita ajatellen riittävä määrä pukkeja. Kuvassa 28 on kokoonpanopukin prototyyppi, johon on kiinnitetty istuinvalu nostoadapterineen.



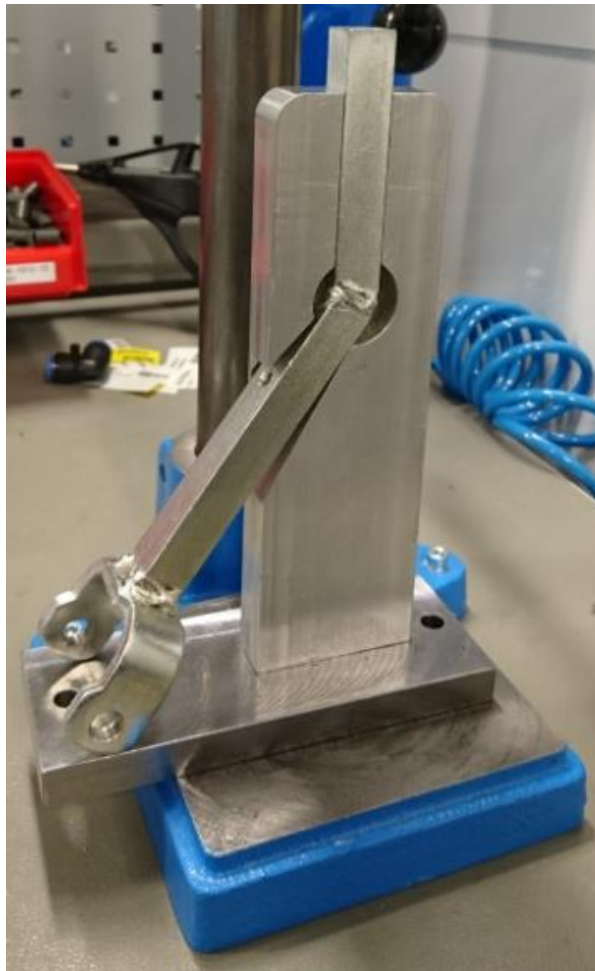
Kuva 28. Prototyyppi uudesta kokoonpanopukista.

Uudessa pukissa istuin on kiinnitetty vain toiselta puolelta nykyisen molempien reunojen sijaan. Tämä kiinnitys todettiin riittäväksi verrattaessa sitä kokoonpanossa esiintyvien olosuhteiden vaatimuksiin. Toisen puolen kiinnityksen poisto helpottaa huomattavasti istuimen alapuolelle kiinnitettävien osien asennusta. Pieni irrotettava tarjotin on tarkoitettu asennuksen aikana käytettävien ruuvien säilytykseen ja helpottaa myös ruuvien asennuksen verifiointissa.

Ruuveille valmistetaan tarjottimelle asennettavat paletit, joissa on oikean kokoiset kolot kullekin kokoonpanossa tarvittavalle ruuville. Eri istuinvariaatioiden ruuveille on tarkoitus kehittää omat lisäkappaleet, jotka voidaan tarvittaessa liittää vakiopalettien rinnalle.

7.6 Erikoistyökalut ja jigit

Istuimen kokoonpanon toteuttaminen vaatii erikseen valmistettavia erikoistyökaluja. Esimerkiksi laakerien prässäämiseen tai paikalle lyömiseen, erikoismutterien kiristykseen, moottorin pyörittämiseen ja kalibrointiin vaaditaan työkaluja, jotka on suunniteltu vain määrätyn työvaiheen toteuttamiseen. Työkalut valmistetaan prototyypipajalla vanhoja jigejä apuna käyttäen. Kuvissa 29 ja 30 on esimerkkejä kokoonpanossa käytettävistä jigeistä.



Kuva 29. Spindel-haarukan laakerin asennustyökalu.



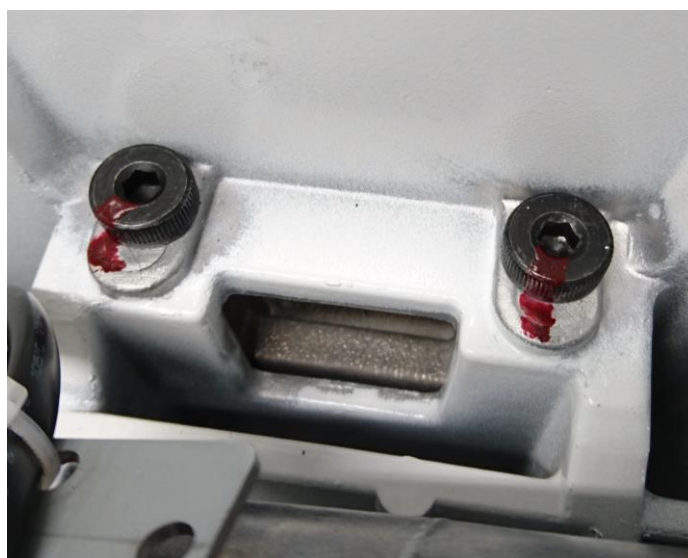
Kuva 30. Välihaaratapin kiristystyökalu.

Sähkötyökaluja hyödynnettiin esimerkiksi niiden ruuvien kiristyksessä, joissa on vaatimuksena ennalta määrätty momentti. Istuinvaluun kiinnitettävä nostoadapteri on ainoa komponentti, jolla istuin kiinnittyy hoitokoneeseen. Tästä johtuen nämä liitokset ovat kriittisiä potilasturvallisuuden säilyttämiseksi ja ne on kiristettävä huolellisesti. Liitoksessa esiintyvän leikkausvoiman vastaanottavat ruuvit on kiristettävä 30 Nm:iin ja normaalivoiman vastaanottava 16 Nm:iin. Kuvassa 31 ovat kalibroidut, elektronisesti momentin tunnistavat vääntimet yllä mainittujen ruuvien kiristämiseen.



Kuva 31. Elektronisesti momentin tunnistavat vääntimet.

Verifiointi ruuvien kiristyksestä tehdään sinetöimällä tai lakkaamalla vaadittuun momenttiin kiristetyt ruuvit kuvan 32 mukaisesti.



Kuva 32. Sinetöidyt momenttiin kiristetyt nostoadapterin ruuvit.

8 Yhteenveto

Työn yhteenvedossa eritellään projektin eri vaiheiden lopputulokset, suoritustavat ja mahdolliset kehityskohteet kokoonpanoprosessin helpottamiseksi.

8.1 Havaintojen analysointi

Tietokannoista kerätyt havainnot analysoitiin tarvittavilta osa-alueilta, jonka lopputuloksena päädyttiin istuimen siirtoprojektin yhteydessä tehtävään kuljetus- ja kokoonpanovaiheiden kehittämiseen lopputuotteen laadun parantamiseksi. Kuljetuksen ja kokoonpanon aikana syntyvien pintavaurioiden korjaustoimenpiteet ovat työläitä ja tuotetta jalostamattomia tehtäviä, minkä vuoksi mahdollisimman monessa työvaiheessa syntyvät vahingot pyritään minimoimaan.

Jatkossa maalattujen pintojen vaurioitumisen analysointia helpottaa vapaan tekstikentän muuttaminen helpommin tarkasteltaviin osiin halutun informaation keräämiseksi. Tämä voitaisiin toteuttaa esimerkiksi rajaamalla hylkäyssyykoodit pienempiin kokonaisuksiin. Nykyinen ”pintavaurio”-otsikko olisi hyvä jakaa erikseen maalipintoihin kohdistuviin pintavaurioihin, josta edelleen kolhiintumisiin yms. Tällöin ei tarvitse pohtia yleisimpiä syitä sopivan suodatuksen saamiseksi ja analysoinnin tulokset olisivat tarkempia.

Prosessin systemaattisuuden kannalta hylättyjen osien kirjaamiselle ERP:iin olisi myös suotavaa asettaa jokin sopivaksi katsottu aikaväli, esimerkiksi 1 kk. Tämän toimintatavan avulla suljetaan pois tarkasteltavana aikana yhden ajanjakson aikana havaitut suuret hylkäysmäärät, jotka aiheuttavat merkittävää mittausepävarmuutta. Jakamalla hylättyjen osien kirjaaminen tasaiseksi lähemmäksi reaaliaikaa, lopputulokset vastaisivat todellisuutta tarkemmin.

8.2 Kuljetusratkaisun suunnittelu

Standardisoidulle lavalle suunnitellusta pehmustetuilla lokeroilla varustetusta uudesta kuljetusratkaisusta tehtiin tarjouspyyntö ja tilattiin prototyyppi, minkä jälkeen päätettiin jatkotoimenpiteet. Suunnitellun kuljettimen kapasiteetti on viisi istuinvalua ja yksiköitä voidaan pinota päällekkäin haluttu määrä, yleensä kaksi. Tuotannon sujuvuuden kannalta lavoja on tilattava riittävä määrä.

Kuljettimen geometrialle, materiaaleille ja kokoamistavalle löydettiin paras mahdollinen vaihtoehto tarvittavan suojaustason saavuttamiseksi. Uuden suojausratkaisun avulla pystyttiin poistamaan valujen väliset kontaktit, eikä alustasta aiheutuva värinä vaikuta pintojen laatuun kuten aikaisemmassa ratkaisussa.

8.3 Kokoonpanoalueen suunnittelu

Kokoonpanoalue suunniteltiin rajatulle alueelle kokoonpanon jouhevuutta ja työergonomiaa ajatellen parhaalla mahdollisella tavalla. Maalattujen osien siirtäminen työpisteeltä toiselle toteutetaan suojatusti ja turhista siirroista luovuttiin. Suureen koonnokseen liittyvät alikoonnokset suunniteltiin valmistettavaksi lähekkäin tehokkuuden parantamiseksi ja kokoonpanon virtaus säilyy yksisuuntaisena. Varastossa olevien valmiiden koonnoston loputtua tuotantoa pyritään jatkamaan saumattomasti tuottamalla loppukokoonpanolle riittävä määrä istuinkokoonpanoja. Erikoistyökalujen ja jigien toimitus ei luonnollisestikaan tapahdu välittömästi, joten siirtymävaihe jouduttiin soveltamaan väliaikaisratkaisulla – pöydän päällä työskentelyllä.

Uudesta kokoonpanopukin suunnitelmasta valmistettiin prototyyppi toimivuuden todentamiseksi. Tuotekehityksestä saadun informaation mukaan istuimen nostoadapterivaluun on tulossa rakenteellisia muutoksia. Tämä ottaen huomioon istuimen kiinnitystapa pukkiiin suunniteltiin siten, että se on yhteensopiva kummankin adapteriratkaisun kanssa, jolloin osan muutos ei vaikuta tältä osin kokoonpanojärjestelyihin.

Eniten aikaa vievää moottorikokoonpanoa varten rakennettiin läpiantohylly, johon voidaan valmistaa puskuriin tarvittava määrä koonnoksia. Hyllyn toiselta puolelta asetetaan valmis koonnos läpiantohyllyyn, josta se on nostettavissa kokoonpanoalueen puolelta käyttöön.

8.4 Suositukset jatkotoimenpiteille

Maalattujen valujen erottaminen toisistaan lokeroimalla kuljetuksen ajaksi havaittiin pintojen suojaamisen, sekä työergonomian kannalta toimivaksi ratkaisuksi. Istuinvalujen kuljettamiseen suunniteltu kuljetuslaatikko on helposti laajennettavissa myös tuotannon muihin suuriin kolhiintumisille herkkiin valuihin, kuten esimerkiksi hoitokoneen jalustaan.

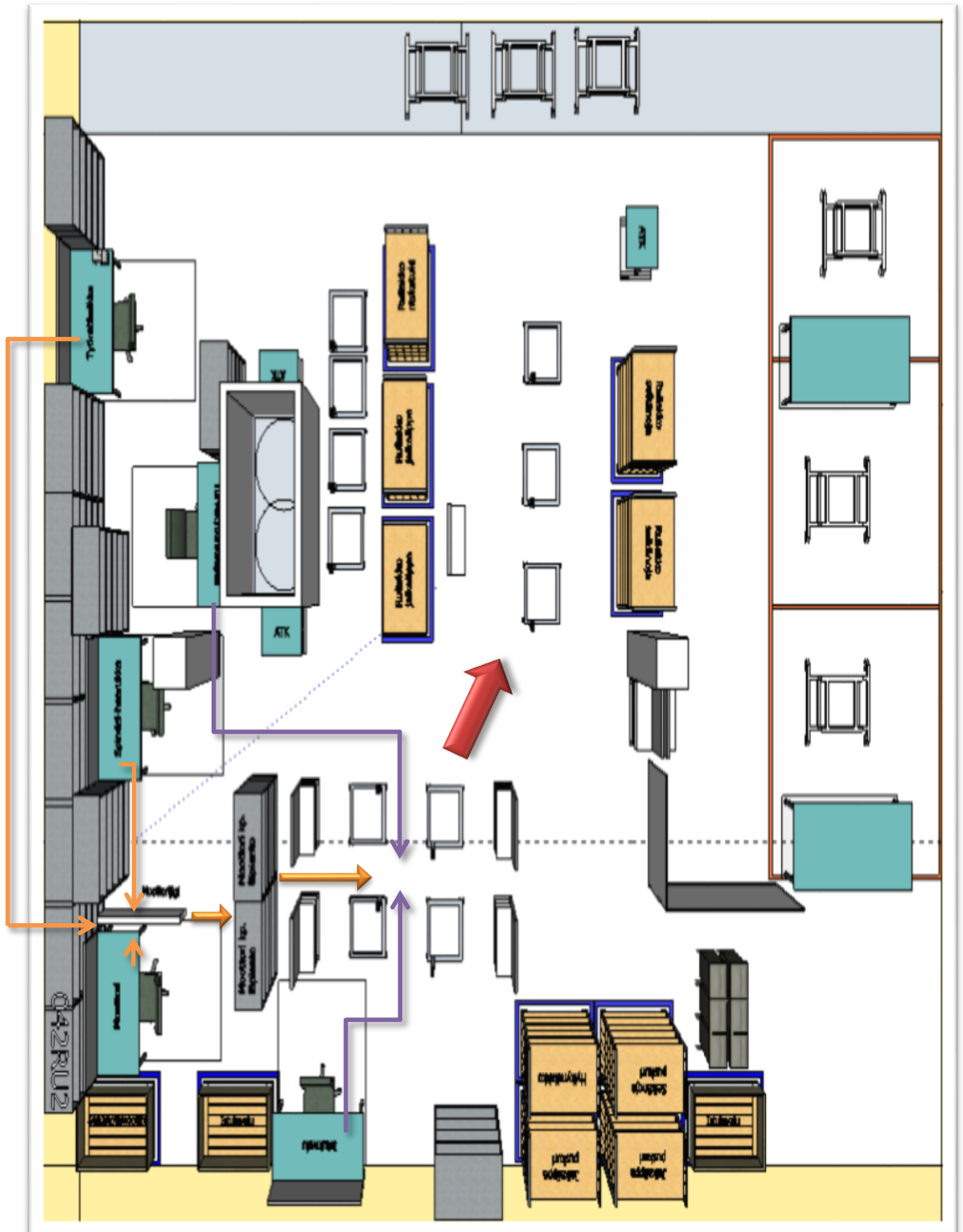
Osien visuaalinen ohjaus takaa jatkuvan tuotevirran, eikä uuden erän tilaaminen vaadi tyhjän laatikon palauttamisen lisäksi työntekijältä erillisiä toimenpiteitä. Mahdollinen inhimillinen virhe tilausimpulssin lähettämisessä johtaa kyseisen komponentin puutteeseen tuotannossa. Kokoonpanolinjalla tärkeintä on se, että käyttökelpoisia osia on riittävästi tuotantomääriin nähden. Visuaalista ohjausta on kannattavaa käyttää mahdollisimman monessa komponentissa, jos se on mahdollista. Eri osien kuljettamiseen suunniteltavat laatikot on merkattava selkeästi väärinymmärrysten ehkäisemiseksi.

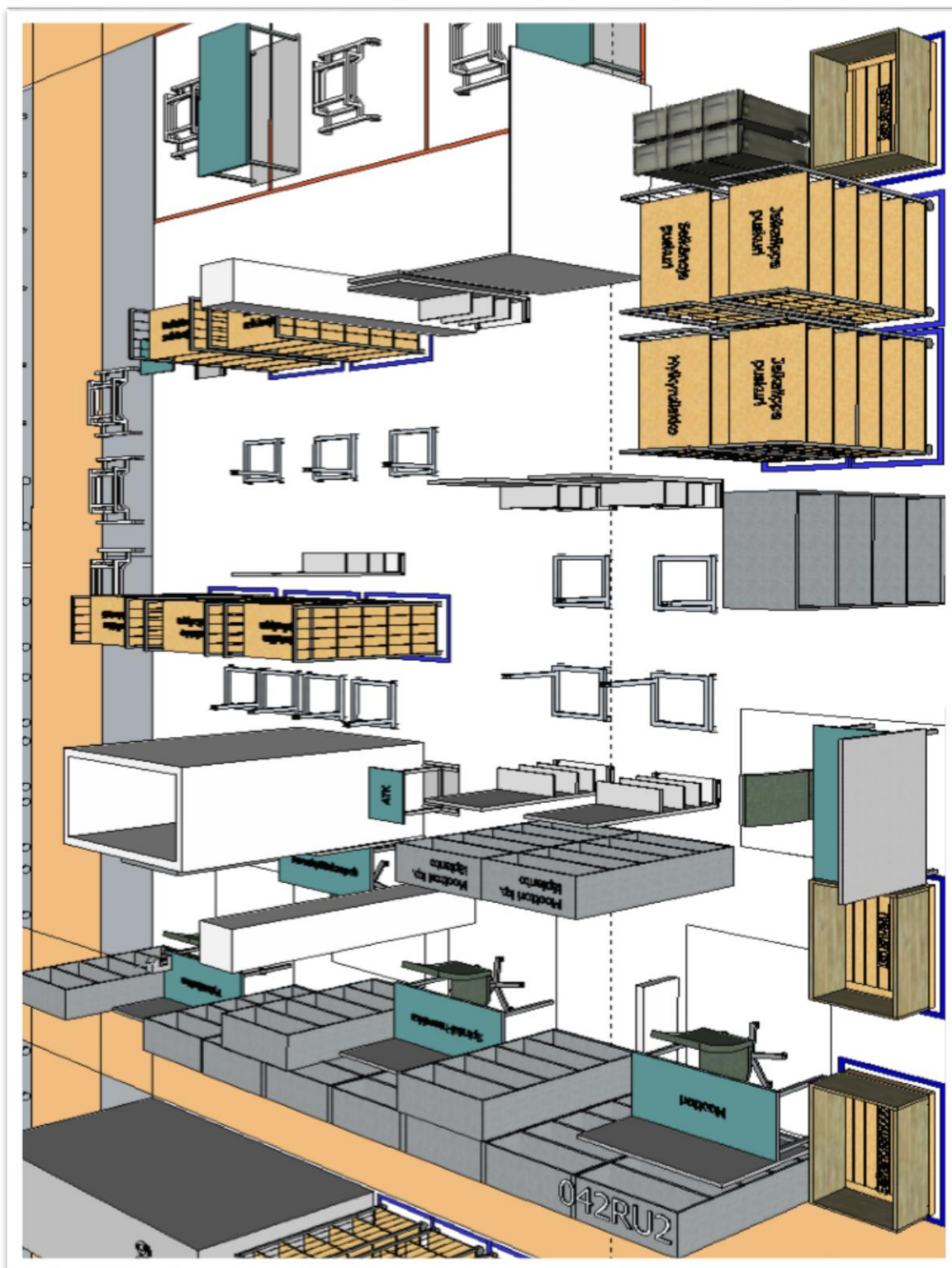
Muidenkin koonnoston kokoonpanovaiheissa tulee mahdollisuuksien mukaan vähentää maalattujen osien turhaa siirtelyä kolhiintumisriskin pienentämiseksi. Pääasiallisesti mitä yksinkertaisemmin kokoonpanon voi suorittaa ilman monimutkaisia työvaiheita, lopputulos on yleensä suotuisin.

Lähteet

- 1 Planmeca Oy. Verkkodokumentti.
<<http://intra.pmgroun.local/index.php?page=00047&lng=9>>. Viitattu 6.1.2016.
- 2 Planmeca Oy. Kotisivut.
<<http://www.planmeca.com/fi/Yritys/>>. Viitattu 7.1.2016.
- 3 Andersson, P, H. Tikka, H. 1997. Mittaus- ja laatutekniikat. Porvoo: WSOY.
- 4 Laatuakatemia. Verkkajulkaisu.
<<http://www.kotiposti.net/tuurala/prosessit.htm>>. Viitattu 16.2.2016.
- 5 Kuormalavastandardi. ISO 6780.
- 6 Sulatettujen järjestelmien ketterä käsikirja. Verkkajulkaisu.
<<http://trc.utu.fi/embedded/kasikirja/1/4/>>. Viitattu 27.2.2016.

Istuimen kokoonpaoalueen pohjaratkaisu





E-talon 2. kerroksen pohjaratkaisu

