



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Waltteri Elo

Hammasröntgenlaitteen kunnostusprosessi

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

19.5.2019

Tekijä Otsikko	Waltteri Elo Hammasröntgenlaitteen kunnostusprosessi
Sivumäärä Aika	20 sivua 19.5.2019
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Kone- ja tuotantotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Tuotantotekniikka
Ohjaajat	Tuotantopäällikkö Juuso Lassinen Lehtori Pekka Salonen
<p>Insinöörityö tehtiin Kavo Kerr Group Finland:lle. Työssä selvitettiin Kavo Kerr Group Finland:in uusimman seisovan potilaan hammaskuvantamislaitteen kunnostusprosessin vaatimia toimenpiteitä sekä kunnostusprosessin testausympäristön vaatimuksia. Kunnostusprosessi on olennainen osa kulujen minimointia ja vastuullisempaa valmistamista luonnonvaroja säästäen.</p> <p>Tavoitteena oli selvittää uuden prosessin kulku ja visualisoida se. Visualisoitu prosessi toimii spesifikaationa työohjeiden tekemiselle. Työohjeiden järjestys saatiin suoraan prosessikaaviosta, jossa eriteltiin eri tuotevarianttien vaatimat testaukset. Testausympäristön vaatimukset syntyvät suoraan Tuusulan tehtaalla käytettävästä teknisestä testauspesifikaatiosta, ja testauslaitteiston on vastattava Tuusulan laitteistoa. Kunnostusprosessia tullaan kokeilemaan Yhdysvalloissa, joka on merkittävä markkina-alue hammaskuvantamislaitteille. Ennen prosessin käyttöönottoa siellä, paikallisen laatuosaston on katselmoitava uudet työohjeet ja muokattava niistä omaan laatu järjestelmäänsä sopiva versio. Tämän jälkeen prosessi validoidaan viemällä yksi kappale kutakin varianttia prosessin läpi. Jos tulokset ovat odotetunlaiset, prosessivalidointi kirjataan hyväksytyksi.</p> <p>Insinöörityö pääsi sille asetettuun tavoitteeseen ja visualisoidun prosessikaavion avulla saatiin selvitettyä vaatimukset uusille työohjeille. Myös prosessin testausympäristön vaatimuksia pystyttiin vertailemaan jo Yhdysvalloissa olemassa olevaan testausympäristöön. Tämä nopeuttaa ja helpottaa prosessin käyttöönottoa huomattavasti.</p>	
Avainsanat	Röntgen, hammaskuvantaminen, kunnostaminen

Author Title	Waltteri Elo Refurbishment Process of a Dental X-Ray Machine
Number of Pages Date	20 pages 19th May 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical and Production Engineering
Professional Major	Production Engineering
Instructors	Juuso Lassinen, Production Manager Pekka Salonen, Senior Lecturer
<p>This thesis was commissioned by Kavo Kerr Group Finland. The objective of this thesis was to determine a process for the refurbishment of the newest standing patient dental X-ray machine and its variants manufactured by Kavo Kerr Group Finland. The testing requirements for the refurbishment process were also in the scope of this thesis.</p> <p>The refurbishment process will be tested in the US since it is a significant market area for dental X-ray devices. The refurbishment process helps to minimize aftersales costs and the materials will not be scrapped thus making manufacturing more responsible.</p> <p>The goal was to determine the new process and visualize it with a process flow chart. The flow chart acts as a specification for the work instructions of the process. The sequence of the work instructions was taken from the flow chart which introduces the different tests required by different variants. The requirements for the testing environment are dictated by the testing specification used in the Tuusula factory. Before the deployment of the process in the US, the new instructions must be reviewed and approved by the local quality department. After that the local quality department is required to create their own version of the instructions for their own quality system. After this, the process can be validated by taking one of each variants through the process. If the results are as expected, the process validation will be accepted.</p> <p>The thesis reached its target by creating a process flow chart which acted as a specification for the work instructions. In addition the requirements for the testing environment in the US could be compared and evaluated in advance, which makes the deployment of the process considerably easier and faster.</p>	
Keywords	X-Ray, dental imaging, refurbishment

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Insinööriyön tausta	1
1.2	Kavo Kerr Group Finland	1
2	Hammaskuvantaminen	3
2.1	Kuvantamistavat	3
2.2	ORTHOPANTOMOGRAPH™ OP3D	5
3	Speed Design Review	7
3.1	SDR:n periaate	7
3.2	DFS osana SDR:ää	7
4	Kunnostusprosessin suunnittelu	8
4.1	Kunnostamisen merkitys	8
4.2	Prosessin ylätasoon kuvaus	9
4.3	Vaatimukset	11
4.4	Kunnostustoimenpiteiden määrittäminen	13
4.5	Testauslaitteisto ja -ympäristö	14
4.6	Ohjeistus	16
4.7	Käyttöönotto	17
5	Jatkokehitys	18
6	Yhteenveto	18
	Lähteet	20

Lyhenteet

DFA	<i>Design For Assembly.</i> Suunnittelutapa jossa kokoonpano suunnitellaan mahdollisimman helposti kokoonpantavaksi.
DFM	<i>Design For Manufacturing.</i> Suunnittelutapa jossa tuote suunnitellaan mahdollisimman hyvin tuotantoon sopivaksi.
DFMEA	<i>Design Failure Mode & Effect Analysis.</i> Suunnittelun riskien arviointi.
DFS	<i>Design For Serviceability.</i> Suunnittelutapa jossa tuote suunnitellaan mahdollisimman helposti huollettavaksi.
Gemba	Lean-termi paikalle, jossa asiat oikeasti tapahtuvat. Esimerkiksi tuotantolinja on tuotantoprosessin gemba.
Obeya	Lean-termi paikalle, johon koko tuotehanke ja sen tukifunktiot on sijoitettu. "Iso huone"
SDR	<i>Speed Design Review.</i> Suunnittelutapa, jossa tehdään nopeita prototyyppejä.

1 Johdanto

1.1 Insinööriyön tausta

Insinööriyö käsittelee Kavo Kerr Group Finland:in uusimmalle seisovan potilaan hammasröntgenlaitteelle suunniteltua kunnostusprosessia. Prosessi on olennainen osa laitteen elinkaaren aikaista huoltamista ja korjaamista sekä asiakastyytyväisyydestä huolehtimista. Insinööriyö keskittyy kunnostusprosessissa vaadittavien toimenpiteiden määrittämiseen, ohjeistamiseen sekä prosessin käyttöönoton ja hyväksyttämisen valmisteluihin. Tavoitteena on tehdä prosessikaavio joka mahdollistaa työohjeiden tekemisen sen pohjalta.

Kunnostusprosessi käyttöönottoa kokeillaan Yhdysvaltoihin Kavo Kerr Groupin tehtaalte, sillä se on merkittävä markkina-alue Suomessa valmistetuille hammasröntgenlaitteille, joita insinööriyössä käsitelty kunnostusprosessi koskee.

Jos tuotteen kanssa ilmenee ongelmia, asiakas vaatii usein uuden laitteen vaihtamista viallisen tilalle. Tästä aiheutuvia mahdollisia kuluja minimoidaan kunnostusprosessin avulla. Täten insinööriyön aikana on otettava huomioon Yhdysvalloissa sijaitsevan tehtaan laatuosaston vaatimukset sekä on varmistuttava paikallisen osaston kyvystä suoriutua laitteen kunnostusprosessin asettamista vaatimuksista.

1.2 Kavo Kerr Group Finland

Kavo Kerr Group Finland on terveysteknologian vientiyritys, jonka juuret ulottuvat vuoteen 1964. Yrityksen päätoimena on suunnitella, valmistaa ja myydä hampaiston sekä pään alueen kuvantamiseen tarkoitettuja laitteistoja ja kokonaisratkaisuja. Kavo Kerr Group Finland kuuluu yhdysvaltalaiseen Danaher-konserniin, joka pitää sisällään monia eri alojen yrityksiä. Muutamia tunnettuja yrityksiä Danaher-konsernissa ovat muun muassa Leica, Fluke ja Radiometer.

Vaikka Kavo Kerr Group Finland onkin nykyään osa yhdysvaltalaisista konsernista, on sillä pitkät juuret Suomessa. Yrityksen historia alkaa jo vuodesta 1946, jolloin professori Yrjö Paatero julkaisi ensimmäiset tutkimuksensa panoraamakuvauksesta röntgensäteiden avulla. Vuosien kuluessa Paatero rakensi prototyyppijä, kunnes vuonna 1961 professori Paatero ja diplomi-insinööri Timo Nieminen rakensivat ensimmäisen teollisen version hampaiden kuvaamiseen soveltuvasta panoraamaröntgenkuvauslaitteesta. Tämän seurauksena lanseerattiin ORTHOPANTOMOGRAPH™, joka on Kavo Kerr Group Finlandin tuotemerkki yhä tänäkin päivänä.

Kavo Kerr Group Finlandin pääkonttori sijaitsee Tuusulassa, jossa laitteet suunnitellaan, valmistetaan, myydään ja markkinoidaan. Tuusulassa työskentelee noin 450 ihmistä, joista noin puolet tuotannossa. Yrityksellä on myös suuri tuotekehitysosasto, joka huolehtii uusien tuotteiden suunnittelusta sekä vanhojen tuotteiden ylläpidosta.

Koko Kavo Kerr Group Finland soveltaa vahvasti Lean-filosofiaa, jolla pyritään jatkuvaan parantamiseen. Yritys on Leanin edelläkävijä Suomessa, ja muut yritykset käyvät ahkerasti tutustumassa Tuusulan tehtaaseen alasta riippumatta. Kavo Kerr Groupin asiakaskuntaan kuuluu paljon eri terveydenhuoltoalojen ammattilaisia, aina hammaslääkäreistä kurkkulääkäreihin. Yritys pyrkii olemaan tiivistä yhteydessä asiakkaidensa kanssa, jotta tuotteista pystytään kehittämään mahdollisimman hyviä ja laadukkaita loppukäyttäjän näkökulmasta.

[1.]

2 Hammaskuvantaminen

2.1 Kuvantamistavat

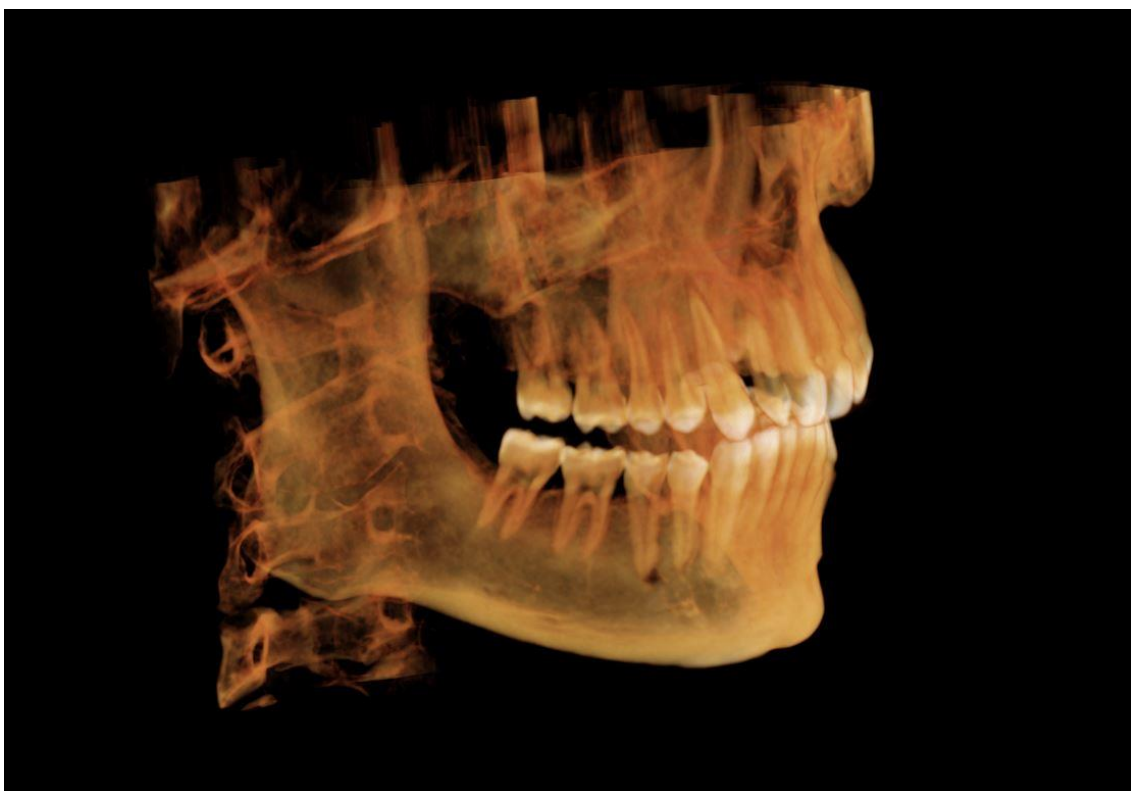
Hammaskuvantaminen on hyvin laaja käsite, sillä hampaita voidaan kuvata monin tavoin eri käyttötarkoitusten mukaan. Pääpiirteittäin Kavo Kerr Group Finland:in tarjoamat hammaskuvantamisvaihtoehdot jakaantuvat seisovan potilaan, istuvan potilaan sekä suun sisäiseen kuvantamiseen, (extraoraali- ja intraoraali-laitteistoihin).

Seisovan potilaan kuvantamista voidaan tehdä ottamalla joko 2D-, 3D- tai kefalokuva. 2D-kuvalla (Kuva 1.) tarkoitetaan päästä hampaiden ja leukojen alueelta otettua panoraamakuvaa, jossa hampaat asettuvat vierekkäin yhdeksi suureksi kaareksi. 3D-kuvassa (Kuva 2.) kuvattavasta alueesta muodostetaan sadoilla eri 2D-leikekuvilla 3D-malli, jota pystytään liikuttamaan ja tutkimaan. 3D-kuva on hyödyllinen esimerkiksi proteesia tai oikomishoitoa suunniteltaessa. Kefalokuva on kuva koko potilaan päästä. Tähän vaaditaan kauempana säteilylähteestä oleva sensori, josta kuva muodostuu. Kefalokuvassa näkyy tarvittaessa osa potilaan niskaa ja nielua. Myös kämmenestä voidaan ottaa kuva kefalo-kuvana, jolloin päästään tutkimaan kämmenen niveliä ja luita.

Intraoraalilaitteisiin kuuluvat laitteet, joilla otetaan kuva esimerkiksi vain yhdestä hampaasta. Tämä on Suomessa yleinen tapa, sillä laitteet ovat halpoja. Potilaan suuhun asetetaan sensori tai kuvalevy, ja potilaan poskea vasten tuodaan pienehkö säteilylähde, jolla säteilytetään läpi poskesta. Kuvalevylle tai sensorille muodostuu kuva hampaasta ja se voidaan siirtää digitaaliseen muotoon erityisellä skannerilla.



Kuva 1: Esimerkki panoraamakuvasta



Kuva 2: Esimerkki 3D-kuvasta, joka on muodostettu 2D-leikkeistä

2.2 ORTHOPANTOMOGRAPH™ OP3D

ORTHOPANTOMOGRAPH™ OP3D on KaVo Kerr Group Finland:in uusi seisovan potilaan hammasröntgenkuvauslaite. Se on suunniteltu korvaamaan yrityksen vanhempia laitteita, jotka ovat olleet markkinoilla jo pitkään. OP3D on suunniteltu markkinoille ns. *"Entry level extra oral"* -laitteeksi, mikä tarkoittaa että laite on edullinen hankkia ja sopii esimerkiksi klinikan ensimmäiseksi seisovan potilaan röntgenlaitteeksi. OP3D:tä on myös mahdollista päivittää parempiin versioihin, joissa on enemmän ominaisuuksia (mm. 3D-kuvaus, kefalokuvaus), mikäli käyttäjän tarpeet muuttuvat. Toki eri variantit ovat ostettavissa suoraan erikseenkin. (Kuva 3.)

ORTHOPANTOMOGRAPH™ OP3D:n suunnittelun pohjana on toiminut SDR (*Speed Design Review*), DFA (*Design For Assembly*), DFM (*Design For Manufacturing*) sekä DFS (*Design For Serviceability*). Laite on suunniteltu mahdollisimman helpoksi kokoonpanna, ruuvien ja osien määrät on pyritty jättämään minimiin sekä monien osien kiinnitykseen käytetään muita innovatiivisia tapoja, jotka eivät vaadi työkalujen käyttämistä. Suunnitteluvaiheessa tuotanto on ollut mukana alusta lähtien varmistaen laitteen helpon ja järkevän kokoonpantavuuden.

Laitteen huolto ja korjaus osia vaihtamalla on helppoa, ja vikatilanteen ilmetessä laite osaa antaa koodin, jonka avulla huolto-ohjeesta voi tutkia vian todennäköisimmän aiheuttajan. Suunnitteluvaiheessa on mietitty valmiiksi osakokonaisuudet, jotka löytyvät varaosakatalogista. Varaosien kohdalla on mietitty tilanteita, joissa osia voi joutua vaihtamaan, ja arvioinnin perusteella on muodostettu sopivat helposti vaihdettavat osakokonaisuudet, jotta laitteen huoltoon käytetty aika olisi mahdollisimman pieni.



Kuva 3: OP3D kefalolisäosalla

3 Speed Design Review

3.1 SDR:n periaate

SDR (*Speed Design Review*) on KaVoKerr Group Oy:n hyödyntämä Lean-työkalu, joka on lähtöisin Shingijutsu-yritykseltä, ja perustuu Toyota Product Development Process:iin (Toyotan tuotekehitysprosessi). SDR:n pääpilareihin kuuluu Obeya (Iso huone), päivittäisjohtaminen, asiakas- sekä tuotantoprosessiin keskittyminen heti alusta alkaen ja riittävä tietämys sekä omista että kilpailijoiden vastaavista tuotteista. [2.]

Obeyaan on tarkoitus mahdollistaa koko suunnittelutiimi johtoportaineen sekä henkilöitä jokaisesta tukifunktiosta, jotka liittyvät laitteen elinkaareen. Koko hanke on siis yhdessä isossa huoneessa. Suunnittelun kannalta SDR:n perusasioihin kuuluu nimensä mukaisesti monet erilaiset nopeasti tehdyt yksinkertaiset proto-design pikamallit, jotka on tehty esimerkiksi pahvista, vaahtomuovista ja teipistä. Näin voidaan nopeasti katselmoida erilaisia suunnitteluratkaisuja, ilman suurta ajankäyttöä designiin, joka ei välttämättä tule koskaan käyttöön.

Tuusulassa SDR on otettu käyttöön noin kymmenen vuotta sitten, ja se on osoittautunut todella hyväksi toimintatavaksi. KaVoKerr Group Oy on kehittänyt SDR:ää ja tehnyt siitä itselleen hyvin toimivan prosessin. OP3D:n kehityksessä tuotanto on ollut mukana alusta asti ja tuotantolinja on syntynyt samalla, kun laitetta on suunniteltu. Täten designin tuotannollisuutta on päästy testaamaan lähes välittömästi, mikä on nopeuttanut huomasti lopullisen designin syntymistä.

3.2 DFS osana SDR:ää

Hammasröntgenlaitteilla on yleisesti ottaen pitkä elinkaari, noin 7–10 vuotta, ja ne ovat usein suurehkoja investointeja klinikoille. Siksi huollettavuuden suunnittelu on tärkeä osa tuotekehityshanketta heti alusta pitäen. OP3D:n kohdalla tuotekehityshankkeessa huollettavuuden tarpeita on kartoitettu DFMEA:n (*Design Failure Mode & Effect Analysis, Suunnittelun riskien arviointi.*) avulla, josta tarpeet ovat siirtyneet tuotteen suunnitteluun.

DFS:ään on kiinnitetty paljon huomiota, kun on suunniteltu laitteen huollettavuutta kentällä. DFS:n huomioiden on määritetty eri varaosakokonaisuuksia, joita laitteeseen voidaan vaihtaa kenttäolosuhteissa. Tärkeää on myös se, että huolto saadaan nopeasti suoritettua, jotta asiakkaalle koituu mahdollisimman vähän haittaa ja näin asiakas pysyy tyytyväisenä.

4 Kunnostusprosessin suunnittelu

4.1 Kunnostamisen merkitys

Hammasröntgenlaitteen kunnostaminen on yksi tapa pyrkiä minimoimaan jälkimarkkinakuluja. Niitä ovat esimerkiksi kuljetusvauriot, joiden seurauksena laitteisiin syntyy erilaisia ja eritasoisia ongelmia. Pienimmillään vauriot ovat naarmuja laitteen kuorissa ja toisessa ääripäässä pakkauksen raju käsittely saattaa johtaa laitteen jonkin runko-osan vääntymiseen tai oheismateriaalin rikkoutumiseen. Kaikissa tapauksissa Yhdysvalloissa asiakas vaatii helposti laitteen vaihtamista uuteen, vaikka laite on vielä korjattavissa. Tämä on tietysti ymmärrettävää, kun klinikka on tehnyt suuren investoinnin laitteeseen, jonka hintataso on urheiluauton luokkaa.

Kun asiakkaalle päätetään vaihtaa uusi laite, päätyy vaihdettu röntgenlaite Yhdysvaltojen itärannikon läheisyydessä sijaitsevan tehtaan varastoon odottamaan jatkotoimenpiteitä. Täältä laite saatetaan lähettää tutkimuksiin Suomeen, jossa hajoamismekanismi pyritään tutkimaan, jotta vastaavanlaiset tapaukset voitaisiin jatkossa estää. Toinen vaihtoehto on laitteen kunnostus, joka tehdään Yhdysvalloissa samassa tehtaassa. Kunnostamalla, laitteesta saadaan täysin uutta vastaava, ja se testataan vastaavalla tavalla kuin Suomessa Tuusulan tehtaalla. Kunnostetulla laitteella on sama takuu kuin tehdasuudella laitteella. Hinta on kuitenkin pienempi kuin uudella, mikä entisestään laskee klinikoiden kynnystä siirtyä käyttämään modernia 3D-kuvauslaitetta.

Kunnostaminen on myös ympäristön kannalta merkittävä tapa säästää luonnonvaroja ja tehdä asioita järkevämmin. Kunnostusprosessin paikaksi on valikoitunut Yhdysvallat, sillä suurin osa laitteista myydään Yhdysvaltoihin ja siellä on myös suurimmat takuukulut.

Kun kunnostus suoritetaan suoraan siellä, ei laitteita tarvitse lennättää edestakaisin Suomen ja Yhdysvaltojen välillä. Tällöin hiilijalanjälki jää huomattavasti pienemmäksi ja raaka-aineet säästyvät.

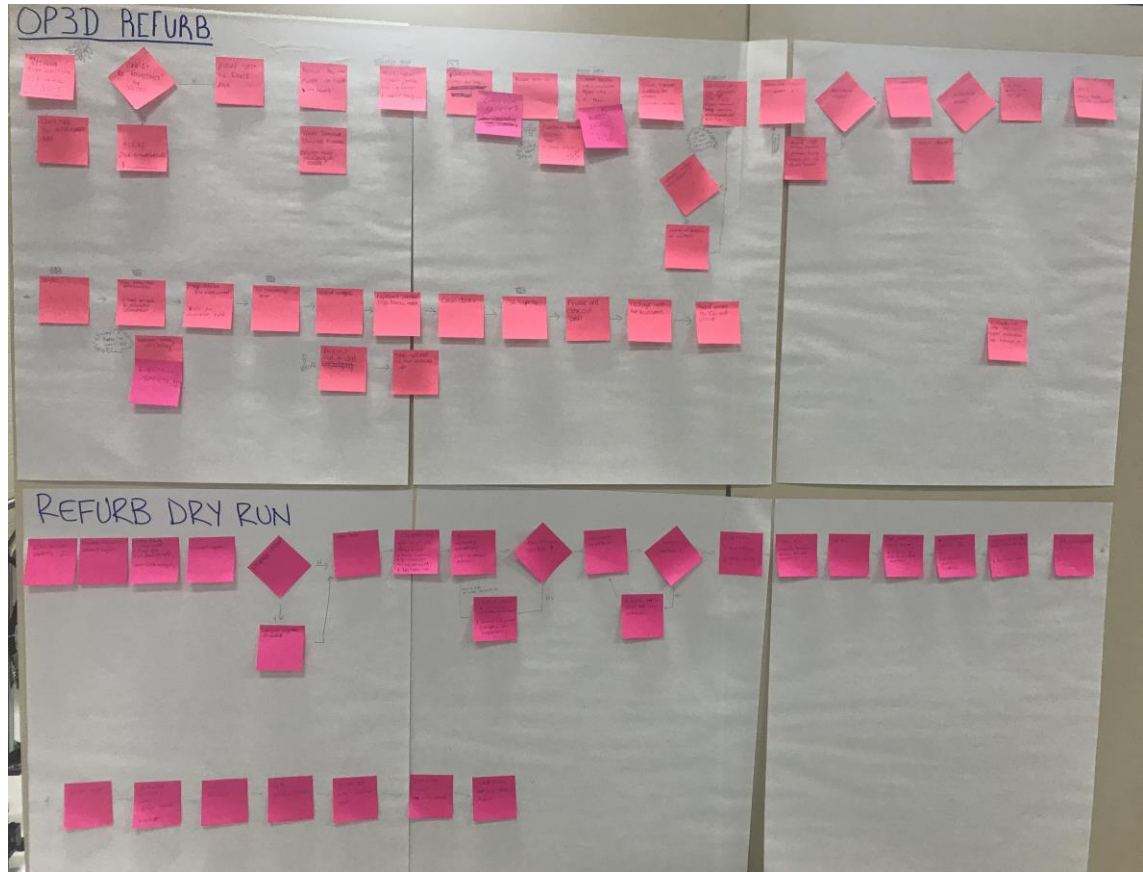
4.2 Prosessin ylätasoon kuvaus

OP3D:n tapauksessa kunnostusprosessi tulee noudattamaan kaaviota 1.



Kaavio 1: OP3D kunnostusprosessi

Kuvassa 4 on esimerkkinä yksityiskohtaisempi kaavio eräälle OP3D:n variantille tehdystä kunnostusprosessista. Tarkoituksena esittää, miltä prosessikaavio näyttää *gembassa* tehtynä (itse tapahtumapaikalla).



Kuva 4: OP3D kunnostusprosessin kaavio eräälle variantille (yläpuolella testaamaton, alapuolella testattu ja paranneltu)

4.3 Vaatimukset

Kunnostusprosessin vaatimukset tulevat suoraan Tuusulan tehtaalla käytettävästä testausspesifikaatiosta, joka on toiminut pohjana koko tuotantolinjan testauksen kehittämiseksi. Kunnostusprosessin on suoriuduttava kaikista tuotannon testausspesifikaation mukaisista testeistä, jotka liittyvät laitteen turvallisuuteen, toiminnallisuuteen ja kuvanlaatuun. Vain näin laitteen oikeanlaisesta toiminnasta voidaan olla varmoja, ja myöntää laitteelle vastaava takuu kuin uudelle.

Kunnostettavan laitteen on läpäistävä seuraavat testit:

- **Sähköturvallisuustestaus**
 - suojamaan jatkuvuus
 - eristyslujuus (1500V)
 - maadoitusresistanssin mittaaminen eri paikoista
 - vuotovirtamittaus
- **Liiketestaus**
 - liikekalibrointi
 - liikkeet suuremmalla kiihtyvyydellä

- **Säteilyturvallisuusmittaukset**
 - jännitetarkkuus
 - virtatarkkuus
 - annostarkkuus
 - valotusajan keston tarkkuus, 20 s:n säteilytys
- **Kalibroinnit**
 - röntgensäteen kollimointi
 - 2D- ja 3D-kuvauksen kalibrointi
- **Kuvanlaadun varmistus**
 - 2D- ja 3D-kuvien tarkistus
 - kallokuva testikallolla

4.4 Kunnostustoimenpiteiden määrittäminen

OP3D:llä on neljä eri varianttia, joista jokainen eroaa hieman toisistaan kalibrointien ja kuvanlaadun varmistuksen osalta. Tämän vuoksi prosessissa on otettava huomioon eri varianttien mukana tulevat eroavaisuudet. Tällöin seuraava askel on suunnitella tarkempi prosessikaavio, josta käyvät ilmi eri varianttien optionaalisuudet testauksessa. Kaavion avulla on helppo myöhemmin tarkistaa työohjeiden kattavuus, niihin on myös lisättävä eri varianttien erot. (Kaavio 2.)



Kaavio 2: Testausvaiheet eriteltynä eri varianteille

4.5 Testauslaitteisto ja -ympäristö

OP3D:n kunnostus vaatii testauksen osalta samanlaisen ympäristön kuin Tuusulan tuotantolinjalla. Laitteen testaus vaatii sähköturvallisuusanalysaattorin, jännitesäätimen, säteilyannosmittarin sekä riittävän suorituskykyisen tietokoneen, jossa on uusimmat ajurit sekä uusin saatavilla oleva KaVo Kerr Group Finland:in CLINIVIEW™ -käyttöohjelmisto.

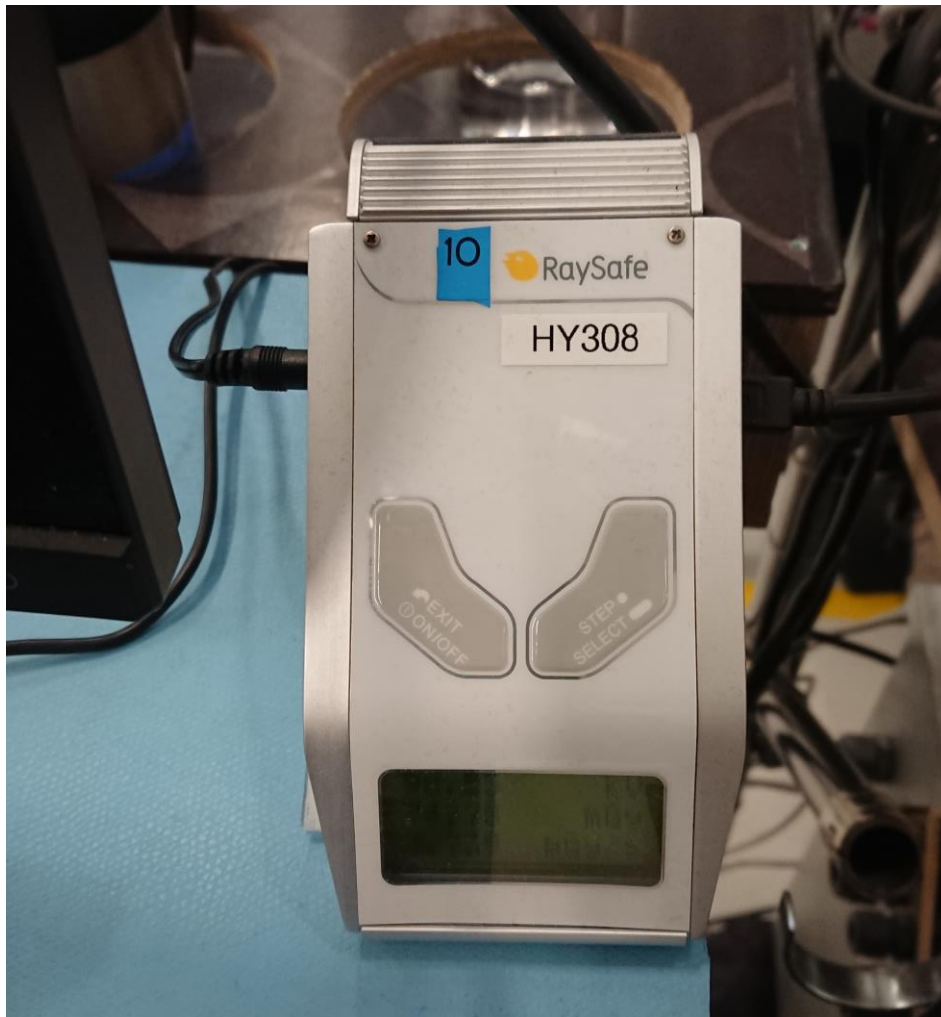
Jännitteensäätimellä varmistetaan, että laitteelle menee tismalleen oikea jännite. Jännitettä vaihdellaan suoritettavasta testistä riippuen. Laitteen toimintaa testataan sekä yli- että alijännitteellä, ja laitteen tulee suoriutua tehtävästään ilman ongelmia.

Sähköturvallisuusanalysaattorilla (Kuva 5.) mitataan vuotovirtaa, maadoitusresistanssia sekä eristyslujuutta. Analysaattori on vuosittaisen kalibroinnin piirissä.



Kuva 5: Esimerkki sähköturvallisuusanalysaattorista

Säteilyannosmittarilla (Kuvat 6. ja 7.) mitataan laitteen tuottaman säteilyn määrää ja voimakkuutta. Saadut tulokset kirjataan ylös kunnostusprosessin yhteydessä. Annosnopeutta mittaamalla voidaan laskea, kuinka suuren säteilyannoksen potilas saa kuvauksen yhteydessä. Pääsääntöisesti 3D-kuvauksessa tulee suurin säteilyannos. 3D-kuvan annos vastaa kaukolennon aikana saatavaa säteilyannosta, eli se on melko pieni.



Kuva 6: RaySafe™ annosmittari. Myös säteilyannosmittarit ovat vuosittaisen kalibroinnin piirissä.



Kuva 7: Annosmittarin sensorin kiinnitys erääseen OP3D:n varianttiin

4.6 Ohjeistus

Kunnostusprosessin ohjeistus pohjautuu suoraan Tuusulassa käytettäviin työohjeisiin. Työohjeet eivät kuitenkaan voi olla suorat kopiot tuotannon ohjeista, sillä kunnostusprosessin järjestys poikkeaa hieman tuotannosta. Ohjeiden järjestys saadaan suoraan aiemmin näytetystä kaaviosta 2.

Muutoksia työohjeisiin vaaditaan sähköturvallisuuden ja säteilyturvallisuuden testaukseen, liikekalibrointiin, laitteen geometrian kalibrointiin sekä kuvanlaadun varmistukseen. Eri varianteista työläin on 3D/kefalo- laite, jossa on kefalovarsi. Varsi täytyy kiinnittää laitteeseen ja ne testataan yhdessä kokonaisuutena. Tässä variantissa täytyy ottaa enemmän kuvanlaadun varmistuksen kuvia kuin muissa, ja kalibroitavaa on enemmän.

Sähkö- ja säteilyturvallisuus testit vaihtelevat eri varianteilla, mutta testien erot ovat pieniä ja lähinnä eri työkalun käyttöä säteilymittarin kiinnittämiseksi sekä maadoitusresistanssin mittaamista hieman eri paikoista. Vaikutus ei ole suuri, mutta ne on kuvattava työohjeissa virheiden välttämiseksi.

Työohjeista tehtiin luonnos, joka lähetetään Yhdysvaltoihin paikallisen tiimin katselmoitavaksi. Kun ohjeet on katselmoitu ja mahdolliset muutostarpeet tehty, tiimi päivittää kunnostusohjeet Yhdysvaltojen päässä. Paikallisessa tehtaassa on oma laatujärjestelmänsä, johon päivitetty työohjeet viedään. Laatuosaston on hyväksyttävä päivitetty työohjeet, ennen kuin ne voidaan ottaa käyttöön.

4.7 Käyttöönotto

Prosessin käyttöönottoon sisältyy työohjeiden hyväksymisen lisäksi myös prosessin validointi. Validointi suoritetaan viemällä yksi kappale kutakin uutta varianttia prosessin läpi uusien ohjeiden mukaisesti. Prosessia seurataan ja sen tulokset kirjataan ylös. Jos tulokset ovat odotetunlaiset, prosessivalidointi kirjataan hyväksytyksi. Jos validointikierroksen aikana ilmenee vielä tarpeita muuttaa prosessia, se voidaan tehdä, mutta validointikierros pitää aloittaa alusta muutosten implementoinnin jälkeen.

Uusien varianttien myötä muutamiin tietokoneen kautta annettaviin komentoihin tulee muutoksia, joten paikallisen kunnostustiimin tietokoneet on päivitettävä sisältämään viimeisimmät komennot, ajurit sekä muut ohjelmistot. Lisäksi Suomesta on toimitettava uusien varianttien testaukseen tarvittavat kalibrointi- ja erikoistyökalut. Käyttöönoton suorittaa paikallinen tiimi, ja Suomesta on tukijoukko paikalla ohjeistamassa sekä auttamassa mahdollisissa ongelmatilanteissa. Tämän insinööriyön aikana käyttöönottoa ei tulla suorittamaan, vaan se suoritetaan myöhemmin.

5 Jatkokehitys

Jatkokehityskohteita prosessille tulee varmasti käyttöönnoton jälkeen, kun prosessia on hetken aikaa käytetty. Ensimmäinen versio prosessista uusien varianttien kanssa sisältää hukkaa, jota voidaan poistaa sen tunnistamisen jälkeen. Kokemukseen viitaten vasta viides versio alkaa yleensä olemaan lähellä optimaalisesti toimivaa kokonaisuutta. Prosessin vaiheajoja kellottamalla saadaan melko tarkka kuva prosessin tilanteesta. Vaiheajoja voidaan tasoittaa ja selvästi eniten aikaavievät kohdat saadaan selville, ja niitä voidaan lähteä kehittämään.

Odotettavissa on, että uusien varianttien virtausta voidaan parantaa, kun se ensin opitaan tekemään kunnolla olemassa olevan prosessin mukaisesti. Ajan myötä paremmilla testauslaitteilla (nopeammalla sähköturvallisuusanalysointilaitteella ym.) voidaan nopeuttaa testausta, mutta sille ei välttämättä ole tarvetta kunnostusprosessin volyymeja ajatellen.

6 Yhteenveto

Insinööritoiminnan tavoitteena oli selvittää ja kehittää uusi prosessi OP3D-laitteen kaikkien eri varianttien kunnostamiseen. Tämä sisälsi testausprosessin läpikäymisen ja sen pohjalta prosessikaavion tekemisen. Kunnostustoimenpiteiden määrittämisen jälkeen pystyttiin muodostamaan tarkempi prosessikaavio, joka pitää sisällään kaikki eri varianttien vaatimat toimenpiteet.

Tarkan prosessikaavion pohjalta muodostettiin työohjeluonnos, joka toimitettiin Yhdysvaltoihin paikalliselle kunnostustiimille katselmoitavaksi. Luonnoksen perusteella tiimi tekee omaan laatujärjestelmäänsä sopivan version, jonka paikallinen laatuosasto katselmoi ja hyväksyy. Työohjeiden hyväksynnän jälkeen prosessi on valmis validoitavaksi. Kun testausympäristö on todettu riittäväksi, suoritetaan validointi ajamalla prosessin läpi yksi kappale kutakin uutta varianttia. Jos prosessin tulokset ovat odotetunlaiset, validointi kirjataan hyväksytyksi ja kunnostusprosessi on virallisesti kykenevä tuottamaan laadukkaita kunnostettuja laitteita. Jatkokehitystä prosessiin voidaan suorittaa kellottamalla kunnostusprosessin vaiheajoja, ja poistamalla sen

avulla hukkaa. Näin prosessia saadaan optimoitua, jotta tehokkuus olisi mahdollisimman hyvä.

Insinöörityössä päästiin sille asetettuun tavoitteeseen ja prosessin käyttöönottoa ajatellen kaikki tarvittavat esivalmistelut saatiin tehtyä ja laitettua alulle.

Lähteet

- 1 KaVo Kerr Group Oy. 2019. Verkojulkaisu. <https://www.kavokerr.com/fi-fi/>.
Luettu 28.3.2019.
- 2 QD71185 Best practices of SDR / Hyväksikoetut (SDR) toimintatavat hankkeissa,
Yrityksen sisäinen laatudokumentti.