Ville Korpinurmi

Työaikojen tasoitus Palodex Groupilla

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Insinöörityö

02.12.2015

Metropolia

Tekijä(t) Otsikko Sivumäärä Aika	Ville Korpinurmi Työaikojen tasoitus Palodex Groupilla 17 sivua 02.12.2015
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Sähkötekniikan koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Sähkövoimatekniikka
Ohjaaja(t)	Esko Tattari

Tämä työ on tehty Palodex Group Oy:lle, joka valmistaa Suomessa pään kuvantamiseen tarkoitettuja röntgenlaitteita.

Työssä käsitellään, mitä on LEAN ja kuinka sitä voidaan soveltaa eri tavoin. Lisäksi työssä kellotettiin Palodex Groupilla linjan tahtiaikoja sekä tehtiin erilaisia muutoksia, niin työohjeisiin kuin myös työtapoihin.

Työn käytännön vaiheessa kellotettiin työvaiheet ja perehdyttiin syvemmin siihen, mitä eri työvaiheet sisältävät. Kellotus suoritettiin normaaliin työpäivään sopivaan aikaan, eli työtä ei tehty, mikäli oli erityisen kiire. Kellotuksia suoritettiin useita jokaisesta työvaiheesta ja niitä vertailtiin toisiinsa. Kellotuksien jälkeen alettiin suunnittelemaan uutta layoutia linjalle jotta, siitä saataisiin hieman enemmän laitteita ulos.

Työn aikana myös korjattiin työohjeita ja tehtiin työpistekohtaisia muutoksia, joiden avulla työpisteiden tahtiaikoja saatiin korjattua sellaiseksi, että ne ovat lähestulkoon samat keskenään.

Työpisteiden kellotukset avasivat huomattavasti sitä, kuinka paljon hukkatyötä missäkin työpisteissä tehdään. Tämän takia pystyttiin poistamaan työvaiheista turhaa, aikaa kuluttavaa työtä, mikä ei tuota minkäänlaista arvoa. Layout saatiin suunnittelutasolla valmiiksi, mutta valitettavasti ajan puutteen sekä suuren tilausmäärän takia layout-muutoksia ei ehditty toteuttaa vielä. Tarkoitus olisi toteuttaa muutokset heti, kun siihen tarvittava aika ilmenee.

Avainsanat	Työaikojen tasoitus, LEAN

Metropolia

Author(s) Title Number of Pages Date	Ville Korpinurmi Phase time balancing in PalodexGroup 17 pages 02 December 2015
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electric power engineering
Instructor(s)	Esko Tattari

This work is done for Palodex Group Oy Finland, a manufacturer of X-ray equipment intended for imaging of head and teeth.

The work cover's what is LEAN and how it can be applied in different ways. Also during the work, I clocked line cycle times, as well as a variety of changes were made, such as work instructions, as well as working methods.

During practical stage of work I clocked steps and familiarize more deeply what each work phase includes. Clocking were carried out during a normal working day when time was right, that is, the job was not done if line was particularly busy. Each work phase were clocked several times, and they were compared to each other. After clocking, people began to design a new layout for line so it would be possible to make few machines more.

During the work, work instructions were fixed and we made some changes to working phases so the lead time would be equally long.

Workstations clocking significantly opened how much time we waste doing something that is not necessary in each working phase. This is why we could delete that waste. Layout planning were finished, but unfortunately I didn't had enough time and resources to try out that desing and we had a lots of orders wich were in hurry. It is said that these layout plans will be tried out when there is enough time between orders.

Keywords	Phase time compensate, LEAN

Metropolia

Sisällys

1 Johdanto 1

2 LEAN 2

2.1 Mitä on LEAN? 2

2.2 Prosessit ja niiden virtaukset 5

2.3 Toyotan malli hyödyksi 8

2.4 Tehdään asiat oikein 9

3 Työaikojen tasoitus Palodexilla 10

3.1 Laitteet 10

3.2 Alkutilanne 11

3.3 Tavoitteiden saavuttaminen 12

3.4 Kellotus 13

3.5 Ongelmien ydin 13

3.6 Kokoonpano ja testausvaiheiden sisältö 14

3.6.1 Työaikojen tasoittaminen 14

3.6.2 Layout-suunnittelu 15

4 Yhteenveto 16

Metropolia

Lyhenteet

STW	Standard work.
ELEO	Entry level extra oral
KKP	Kokoonpano

1 Johdanto

Tässä insinöörityössä tehtiin PalodexGroup-yritykselle teoreettinen mallinnus siitä, kuinka voitaisiin tai voidaanko yhdistää Soredex- sekä Instrumentarium-brändien laitteet yhteiseen linjaan.

PalodexGroup on 1964 perustettu yritys, jonka perusti Professori Yrjö V. Paatero, joka kehitti ja valmisti ensimmäisen toimivan hammasröntgenlaitteen 1964. Yritys oli suomalaisessa omistuksessa vuoteen 2003 asti, jolloin amerikkalainen GE (General Electronics) osti yrityksen Intsrumentarium Oyj:ltä. Tätä ennen Palodex Group oli ensin Instrumentariumin omistuksessa vuodet 1977-1981 ja Orion-yhtymän omistuksessa vuodet 1981-2001. Tämän jälkeen Instrumentarium Oyj osti Palodexin uudestaan itselleen ja myi sen kuitenkin jo 2003 GE:lle. GE kuitenkin myi Palodexin hammasröntgenlaitepuolen Altor Equity Partners:ille. Vuonna 2005 Danaher osti Palodex Groupin Altorilta, ja tälläkin hetkellä Danaher omistaa Palodex Groupin.

Palodexin historia on hyvin monivaiheinen. Aluksi valmistettiin Orthopantomograph- eli OP-laitteita. Kun Instrumentarium osti yrityksen, osa entisistä työntekijöistä perusti yrityksen Soredex Oy, joka tuotti Soredex-brändin laitteita. Tällöin oli kaksi eri yritystä, jotka tuottivat vain oman brändinsä laitteita. Vuonna 2001 Instrumentarium kuitenkin osti Soredex Oy:n, jolloin yritykset jälleen yhdistyivät ja siitä lähtien on Palodex Group valmistanut kahden eri brändin laitteita saman katon alla.

PalodexGroup on yksi maailman suurimpia yksittäisten hammaslaitteiden tuottajia. Asiakkaina heillä on maailman johtavia terveydenhuollon osaajia, ja suurin osa laitteista myydäänkin Amerikkaan toimittajille, jotka myyvät laitteet asiakkaille. Toiseksi suurin ostajakunta ovat Euroopan jakelijat. Suomeen laitteita ei kovin paljoa myydä.

PalodexGroup on myös yksi Suomen johtavista LEAN-osaajista. Heiltä on käynyt ammattilaisia kouluttautumassa Toyotan tehtaalla, joka on maailman johtava LEAN-osaaja ja myös LEAN-ajattelun kehittäjä. Palodex on myös auttanut muita suomalaisia yrityksiä oppimaan ja ottamaan käyttöön LEAN-periaatteen. Muun muassa ABB on pyytänyt Palodex:ilta ammattilaisia heidän luokseen luennoimaan ja kertomaan kuinka, LEAN toimii. [1.]

2 LEAN

2.1 Mitä on LEAN?

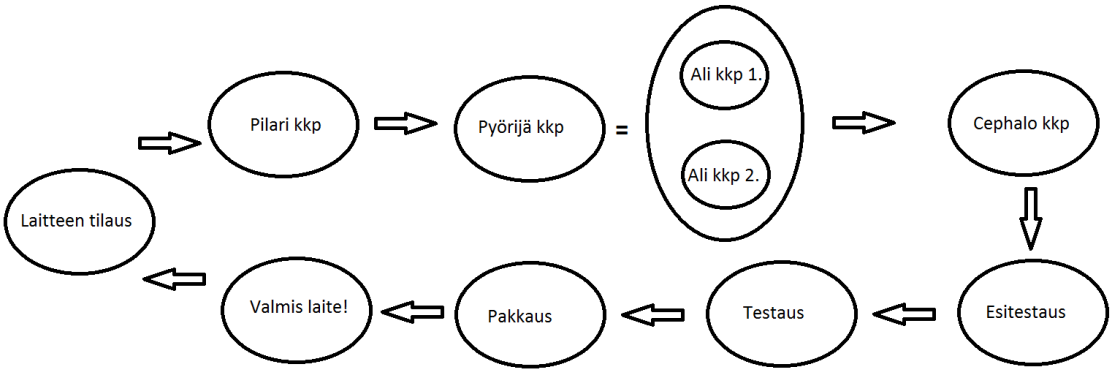
Lean on johtamisfilosofia. LEAN:in avulla pyritään poistamaan tuottamatonta työtä. Leanin avulla pyritään parantamaan yleensä jotakin seuraavasta: tuottavuutta, laatua, asiakastyytyväisyyttä, resursseja jne. Lean koostuu neljästä perusperiaatteesta, joita ovat:

1. tiimityö
2. viestintä
3. resusrssien tehokas hyödyntäminen ja hukan poistaminen.
4. jatkuva parantaminen. [2; 3.]

Lean sisältää monia eri malleja. Näistä malleista voidaan poimia itselle ne parhaat ja hyödyllisimmät. Eri malleista on kuitenkin mahdollista poimia joitakin pieniä osia ja yhdistää niitä suuremmaksi kokonaisuudeksi. Perinteisesti pyritään nostamaan tehokkuutta. Tehokkuudellakin on monia eri malleja. Yleisimmin käytetty tehokkuusmalli on resurssitehokkuus. Resurssitehokkuus on usein suunniteltu siten, että se käyttää resursseja mahdollisimman tehokkaasti. Toinen yleinen on virtaustehokkuus. Virtaustehokkuuteen panostettiin Palodexila enemmän kuin resurssitehokkuuteen. Virtaustehokkuudessa pyritään siihen, että yksikkö saadaan mahdollisimman tehokkaasti tuotua linjan läpi. Palodexilla yksiköllä tarkoitettiin yksittäistä laitetta.[2.]

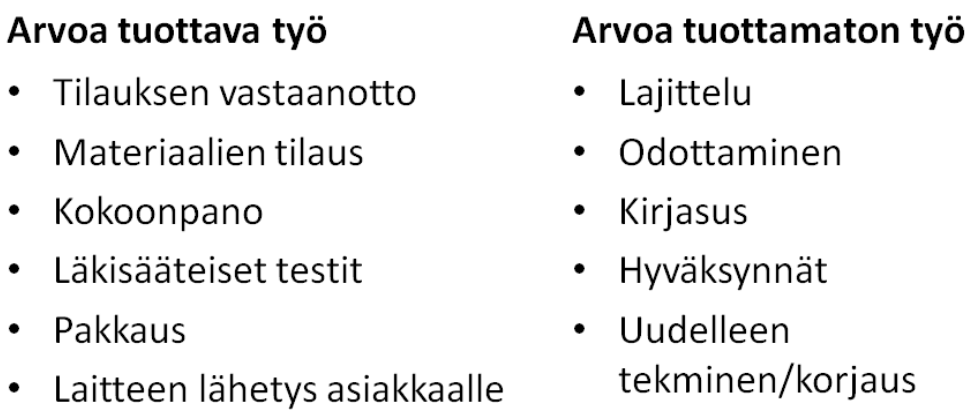
Resurssitehokkuudessa itse valmistusaika on nopeaa, mutta kaikki muu odotteluaika jne. on varsin pitkäkestoista. Resurssitehokkuudessa pyritään mahdollisimman suureen resurssien hyödyntämiseen. Resurssitehokkuus on helposti laskettavissa. esim. tahtiaikojen (92 minuuttia) puittessa olevat 2 työntekijää. Toinen heistä työskentelee työpisteessä, jossa työntekemiseen kuluu aikaa 86 minuuttia. Vastaavasti toisella kestää omassa pisteessään ainoastaan 72 minuuttia. Ensimmäisen työntekijän tehokkuus on siis 86/92=0,93=93% kun toisen on taas 72/92=0,78=78%. Tämä osoittaa, että vaikka ensimmäinen piste on hitaampi tehdä, on se resurssitehokkaampaa. Virtaustehokkuudessa valmistus on suhteellisen nopeaa, mutta valmistukseen käytetty aika verrattuna kuluvaan odottamisaikaan on lyhyt.

Hyvään asiakastyytyväisyyteen tarvitaan virtaustehokkuuden sekä resurssitehokkuuden hyvää yhdistämistä. Näiden kahden yhdistäminen on hyvin hankalaa, sillä yrityksen prosessien tulee olla toimivia, jotta tähän tulokseen päästään. Tässä tilanteessa prosessilla tarkoitetaan laitteen valmistusprosessia, joka muodostuu erilaisista alikokoonpanoista, jotka ovat myös osa prosessia (kuva 1). Kuvasta nähdään että mm. pyörijän kokoonpano koostuu useammista kokoonpanoista, jotka ovat siis osana suurempaa prosessia. Tällaisiä kokoonpanoja mahtuu paljon useampia koko prosessiin. [2.]



Kuva 1. Kuvasta nähdään kuinka, yksi prosesseista toimii Palodexilla.

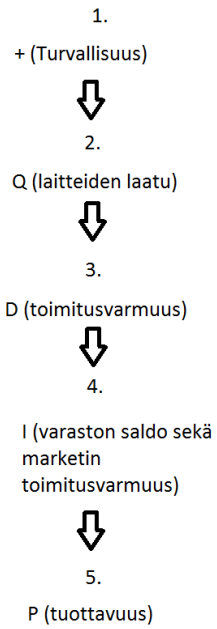
Virtaustehokkuuden takaa löytyy kaksi eri ulottuvuutta: arvo sekä tarve. Arvoa tuottavalla työllä tarkoitetaan työtä, joka edistää prosessia. Tällaisia ovat mm. koneen kokoonpano tai testaus. Arvoa tuottamatonta työtä on kaikki mahdollinen odotusaika tai aika, jonka laitteet odottavat varastossa. Asiakkaan tarve määrittelee useimmiten työlle arvon. Tässä kohdin onkin vaikeaa määrittää, mikä on asiakkaan arvo. Onko se mahdollisimman nopea toimitusaika vai laatu? Useimmissa tällaisissa tapauksissa toimitus sekä laatu kulkevat käsi kädessä ja täten määrittelevät arvon. Tärkeintä virtaustehokkuudessa on poistaa ylimääräinen odotteluaika. Onko se kokoonpanijan odottamista, että tavara tulee marketista, vai onko se pakkaajan odottelua, että laite tulee testauksesta. Se on myös sitä, että asiakas odottaa laitteen saapumista, koska on päätetty, että tietyt laitteet lähtevät samanaikaisesti, vaikka toiset ovat ennen toisia valmiina. Tärkeintä onkin maksimoida asiakkaalle tärkeä arvo oikealla tasapainolla. [2.]



Kuva 2. Kuvalla selvennetään, mitkä työt tuottavat arvoa ja mitkä eivät. [2.]

Asiakkailla tarve on välillistä sekä välitöntä. Välittömällä tarpeella tarkoitetaan asiakkaalle saapuvan laitteen laatua siten, että laite toimii kuten pitää, kun se otetaan ulos laatikosta ja kasataan. Välillisellä tarpeella tarkoitetaan asiakkaan haluamaa toimituspäivää. Nämä kaksi on välillä hankalaa määrittää, ja ne sekoitetaan helposti toisiinsa. [2.]

Elinkeinoelämässä on strateginen kysymys, kumpaan halutaan panostaa välittömään vaiko välilliseen tarpeeseen. Palodex Group soveltaa tuotannossaan +QDIP:tä. Tämä kertoo, mihin panostetaan eniten. +(Safety) kertoo tapaturmista. Ensimmäisenä siis panostetaan työntekijöiden sekä asiakkaiden turvallisuuteen. Q (Quality) kertoo laadusta. Tässä siis tulee esiin strateginen valinta, jolla halutaan, että asiakkaalle tuleva toimii täydellisesti paketista vedettäessä. D (Delivery) eli toimitus aika. Toimitusaika keroo sen, että asiakkaalle halutaan toimittaa laitteet heidän haluamaansa päivään mennessä. Nämä kaksi Q ja D kilpailevat usein keskenään yrityksissä, jotka toimittavat asiakkaille laitteita. Halutaan täydellisiä laitteita mahdollisimman nopeasti. I (Inventory) kertoo siitä, saadaanko kokoonpanolinjaan tarpeeksi tavaraa, ja siitä, onko jokin valmistusmateriaali mahdollisesti loppu. Tämä on siitä kriittinen osio, että se pahimmassa tapauksessa pysäyttää linjan, vaikka kaksi aiempaa Q ja D olisivat täysin kunnossa. P (Productivity) on tuottavuutta mittaava mittari. Tuottavuudella nähdään hyvin, kuinka paljon odottelu aikaa on linjalla eli onko virtaustehokkuus kohdillaan. [2.]



Kuva 3. Kuva ilmaisee selkeästi, millaisiin tarpeisiin Palodex panostaa.

2.2 Prosessit ja niiden virtaukset

Kuten jo aiemmin on mainittu, työ koostuu erilaisista prosesseista. Prosesseja voi olla monia erilaisia. Toiset ajattelevat, että prosessi on yhden laitteen valmistus, ja toinen taas ajattelee, että yksi alikokoonpano on prosessi. Yleensä molemmat ovat yhtä paljon oikeassa. Ei voida siis määrittää, monestako prosessista organisaatio koostuu. Tässä luvussa käydään lävitse, minkä takia on vaikeaa saada hyvää virtaus- sekä resurssitehokkuutta samanaikaisesti. [2.]

Prosessit noudattavat kolmea eri lakia. Nämä lait osoittavat millaisia vaihteluita eri prosesseilla on ja minkä takia on hankalaa päästä hyvään virtaustehokkuuteen. Luvussa käydään lävitse kolme prosessien lakia, jotka ovat Littlen laki, pullonkaulojen laki, sekä laki vaihtelun vaikutuksista prosesseihin. [2.]

Littlen laki on helppokäsitteinen ja sitä on helppo soveltaa moniin esimerkkeihin. Otetaan malliksi testaus. Minitehtaassa on neljä testikoppia, joissa kaikissa testataan laitteita. Linjaa ohjaava henkilö huomaa, että koppiin numero 2 ei ole jonoa, mutta muihin koppeihin on ja koppi 2 on muita koppeja edellä testauksessa. Niinpä hän päätttää siirtää kopin 3 jonosta yhden kiireisen laitteen jonottamaan kopin 2 eteen. Valitettavasti hän ei tiennyt, että kopissa 2 on hitaampi testaaja, jolla kestää tavallisen 90 minuutin jaksoajan sijaan 180 minuuttia. (Jaksoajalla siis tarkoitetaan aikaa joka on

määritelty tietylle työvaiheelle, esim. kellottamalla, ja se kertoo, kauanko työvaihe kestää.) Tämä johtaa siihen, että kiireinen kone on vielä testattavana kopissa 2, kun kopista 3 tulee jo toinen kone ulos, joka oli kiireisen koneen jälkeen jonosssa.[2.]

Littlen laki kirjaimellisesti on: Läpimenoaika = keskeneräisten virtausyksiköiden määrä x jaksoaika Littlen lakia voidaan siis soveltaa seuraavalla tavalla koppien valinnassa 1. koppi = 2 x 90 = 180 minuuttia ja 2. koppi = 1 x 180 =180 minuuttia, eli molemmissa kopeissa kului saman verran aikaa, mutta toisesta kopista valmistui 2 laitetta. [2.]

Saadaksemme hyvän resurssitehokkuuden tulee meillä olla koko ajan puskuri koppeihin ja pakkaamoon yms. jotta kopeissa sekä pakkaamossa on koko ajan jotakin tehtävää. Resurssitehokkuuden kannalta on tärkeää, että laite odottaa pakkaajaa eikä siitä, että pakkaaja odottaa laitetta. Tästä syntyy paradoksi, koska mikäli teemme puskuria, laitteen läpimenoaika kasvaa. [2.]

Toinen laki on pullonkaulojen laki, joka havainnollistaa, miksi prosesseja ei saada virtaustehokkaiksi. Useissa prosesseissa on kohtia, jotka ovat joko ongelmallisia, tai muutoin vaan hitaampia tehdä. Näistä syntyy pullonkauloja, jotka hidastavat prosessia. Näihin kohtiin syntyykin usein jonoja. [2.]

Prosessin läpimenoaika kulkeekin usein käsi kädessä prosessin pisimmän jaksonajan kanssa. Pullonkaulassa läpivirtaus on pienintä, mikä johtaa siihen, että pullonkaulan jälkeen joudutaan odottamaan laitetta. Pullonkauloja muodostui todella helposti linjalla, koska valmistettiin 2 eri laitetta, joista molemmista oli vielä eri konfiguraatioita. Konfiguraatioiden väliset läpimenoajat olivat lisäksi suhteellisen suuria, joten laitteiden (OP200 ja Cranex D) väliset läpimenoajat olivat myös suuria. Tämä havaittiin parhaiten pakkaamossa, koska siellä jouduttiin välillä odottamaan laitteita testauksesta. [2.]

Pullonkauloja syntyy kahdesta syystä. Toinen on se, että asiat tulee tehdä tietyssä järjestyksessä. Testausta ei voi tehdä pakkaamisen jälkeen, ja esimerkiksi cephalo tulee olla laitteessa kiinni ennen testausta. Toinen syy, mikä aiheuttaa pullonkauloja, ovat vaihtelut prosessissa. Tällaisia tekijöitä ovat mm. kokoonpanovirheet, jotka huomataan testauksessa: kokoonpanoon on kerätty vääriä osia, alihankkija on toimittanut viallisia osia tai elektroninen testaus ei mene lävitse yms. Vaihtelusta on käytännössä mahdotonta päästä kokonaan eroon, ja se vaikuttaa negatiivisesti

virtaustehokkuuteen. Näihin kuitenkin pyritään löytämään vastaus kolmannesta laista: joka on vaihtelun vaikutus prosesseihin. [2.]

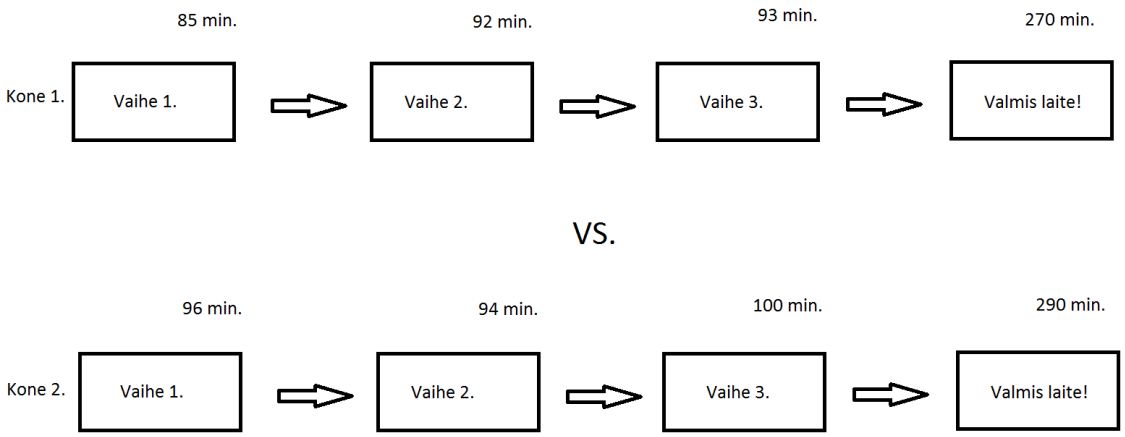
Prosesseissa on aina vaihtelua. Tästä johtaa kolmas laki, joka on laki vaihtelun vaikutuksista prosesseihin. Kaikki mahdolliset muutokset tuovat vaihtelua prosessiin. Tällaisiä muutoksia ovat mm. resurssit, virtausyksiköt sekä ulkoiset tekijät. [2; 4.]

Resurssien vaihtelut koostuvat monista eri asioista. Resurssivaihtelua syntyy, kun esimerkiksi työkalut hajoavat ja joudutaan etsimään uusia jostakin.Työntekijät ovat sairaana ja joudutaan työskentelemään vajaalla miehistöllä. Toiset kokoonpanijat tekevät työvaiheet eri tavalla, tai eri järjestyksessä kuin toiset. Tässä tulee kuvaan STD eli stantard work. Jokaisen työntekijän pitäisi tehdä jokainen työvaihe tismalleen samalla tavalla, jotta tahtiaikaan ei tulisi niin suuria muutoksia. [2; 4.]

Virtausyksikköihin tulevia, tai niistä johtuvia muutoksia oli myös paljon Palodexgroupilla (Virtausyksiköllä) tarkoitetaan tässä tapauksessa yksittäistä laitetta, joka kulkee linjan lävitse). Niitä oli helppo nähdä jokapäiväisessä tuotannossa, koska tehtiin kahden eri brändin laitteita. Tämä on myös yksi muutos. Ei tehdä samoja asioita jokaiselle virtausyksikölle. Lisäksi asiakkaat haluavat osan laitteista panoraamana ja osan cephalo-laitteina. Jokainen tilaus voi olla erilainen ja joskus asiakkaat halusivat yhtäkkiä laitteita nopeammin kuin oli alun perin suunniteltu. [2; 4.]

Ulkoisia tekijöitä on useita. Näkyvimpiä näistä ovat tilauksien tuleminen yllättäen. Saattaa olla, että maanantaina ei ole lainkaan tilauksia, mutta tiistaina halutaankin yllättäen kymmenen konetta jo perjantaiksi. Tällaisiin tilanteisiin on hankala varautua varsinkin, kun pyritään pitämään varaston arvo mahdollisimman pienenä, mikä tarkoittaa sitä, ettei voida tehdä koneita linjaan valmiiksi odottamaan. [2; 3.]

Jos prosessi koostuu useista vaiheista, vaikuttaa prosessin ensimmäisen vaiheen vaihtelu myös prosessin lopulliseen läpimenoaikaan. Kaikissa prosesseissa tapahtuu vaihtelua, eikä ole olemassa prosessia, jossa ei tapahtuisi minkäänlaista vaihtelua, riippumatta siitä, onko kyseessä ihminen tai kone. On kuitenkin helpompi puuttua vaihteluun, joka johtuu koneesta, kuin esimerkiksi työntekijään, joka unohtaa toistuvasti laittaa sen yhden ruuvin kiinni. Yksittäisen ihmisen toimintaa on huomattavasti vaikeampi vakioida kuin koneen. [2; 4.]



Kuva 4. Kuvalla havainnollistetaan kuinka yksittäisten vaihteluiden summa voi vaikuttaa suurestikin läpimenoaikaan.

Vaihtelulla resurssitehokkuudellaa sekä läpimenoajalla on yhteys, joka vaikuttaa merkittävästi resurssitehokkuuteen. John Kingman esitteli jo 1960-luvulla kaavan, joka esittää tätä yhteyttä. [2; 4.]

Kingmanin kaava (http://www.sixsigma.fi/fi/artikkelit/onko-kaikki-erilaista-vai-ei/)[4.]

u = käyttöaste

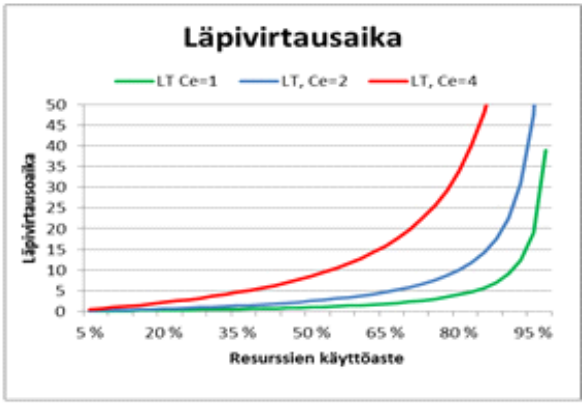
c_a = kysynnän vaihtelu

c_e = sisäinen vaihtelu

$$U = \frac{u}{1-u}$$

$$V = \left(\frac{c_a^2 + c_e^2}{2}\right)$$

T = raakaprosessiaika



Kuva 5. Kuvasta nähdään, että pystyakseli osoittaa läpimenoajan ja vaaka-akseli resurssien käyttöasteen. Läpimenoaika kasvaa sitä mukaan, mitä korkeammalle siirrytään pystyakselilla. Vaaka-akselilla oleva resurssien käyttöakseli, joka myös tunnetaan resurssitehokkuutena, kertoo, kuinka hyvin osaamme käyttää resurssejamme. [2; 4.]

2.3 Toyotan malli hyödyksi

Toyota oli ensimmäinen yritys, joka rupesi käyttämään Lean-mallia. Toyota kehitti myös niin sanotun imuohjausjärjestelmän, jota käytetään myös Palodexillä.

Imuohjausjärjestelmä toimii käytännössä siten, että laitteita ei valmisteta ennen kuin on saatu tilaus asiakkaalta. Lisäksi molemmissa yrityksissä kaikki lähtee asiakaslähtöisyydestä, jolloin pyritään mahdollisimman hyvään asiakastyytyväisyyteen. Seuraavat kolme ovat tärkeimmät molemmille valmistajille

- Mitä?
- Milloin?
- Kuinka paljon?

Kun on selvillä, kuinka paljon mitäkin laitetta halutaan ja milloin, lähetetään tilaus linjalle, jossa laitteet valmistetaan. [2; 3.]

2.4 Tehdään asiat oikein

Kun ruvetaan valmistamaan suuria määriä laitteita tai haluttu aika on hyvin nopea, voi syntyä ongelmia sekä viivettä. Seuraavilla asioilla pyritään siihen, että valmiita laitteita saataisiin tarpeeksi nopeasti ulos linjasta.

1. Tarpeeton tuotanto/ylituotanto, eli tehdään ainoastaan sitä, mitä asiakas on tilannut.
2. Turha odottelu. Tuotanto tulee olla järjesteltynä siten, että kaikelta ylimääräiseltä odottelulta vältytään, niin koneiden kuin ihmistenkin osalta.
3. Materiaalien ja tuotteiden ylimääräinen kuljetus. Pyritään välttämän materiaalin ja laitteiden ylimääräista liikuttelua ja kuljetusta ympäri tehdasta. Tämä on yksi suurista ongelmakohdista Palodexilla.
4. Tarpeeton työ/liikatyö. Ei työskennellä laitteen kanssa kauemmin kuin asiakas vaatii. Tähän lasketan myös ylilaatu, joka ei toisaalta ole hyvä juttu.
5. Tarpeeton varastointi. Tehdään laitteet suoraan asiakkaille ilman, että ne joutuvat seisomaan liian pitkiä aikoja varastoissa.
6. Tarpeettomat työntekijöiden liikkeet ja liikkumiset. Tehdään työpisteistä sellaisia, joissa työntekijöiden on helppo työskennellä ergonomisesti ilman ylimääräisiä liikkumisia.
7. Tarpeettomat virheet. Pyritään poistamaan ylimääräiset ja turhat kokoonpanovirheet ohjeilla tai joillakin muulla keinoilla.

Toyoyta panosti siis tehokkaaseen virtaustehokkuuteen kuten PalodexGroup. Tuotantoprosessissa pyritään havaitsemaan kaikki mahdolliset virheet ajoissa ja korjaamaan ne mahdollisimman nopeasti. [2; 4.]

3 Työaikojen tasoitus Palodexilla

3.1 Laitteet

Käytännössä hammasröntgenlaite koostuu pilarista, pyörijästä sekä vaihtoehtoisesti myös cephalo-päästä. Jokainen laite voidaan tilata joko panoraama-tai cephalo-versiona. Cephalo on ”käsivarsi”, joka lähtee laitteesta joko oikealle tai vasemmalle (ks. kuva 6). Panoraamalla ja cephalolla voidaan ottaa hieman erilaisia kuvia. Cephalo ei siis ole mitenkään pakollinen, mutta se helpottaa kuvaamista tietyissä tilanteissa. Cephalon kallokuva on hyvin erilainen verrattuna panoraamakallokuvaan. Tämä johtuu siitä, että panoraama pyörähtää pään ympäri, kun taas cephalo liikkuu leukaluun suuntaisesti eteenpäin. Panoraamalaite sekä cephalo-laite eroavat ainoastaan siten, että toisessa on cephalo-pää ja toisessa ei. Laitteet voidaan tilata joko vasen,- tai oikeakätisenä. Tämä tarkoittaa, että asiakas saa valita, tuleeko cephalo oikealle vai vasemmalle.

Hammasröntgenlaitteella kuvataan useimmiten hampaita, mutta sillä pystytään kuvaamaan myös muita päänalueen osia esimerkiksi kalloa, leukaluita yms. Uusimmat hammasröntgenlaitteet ovat 3D-laitteita, joilla pystyy monipuolisesti tutkimaan päänalueen eri osia.

ELEO-linjalla, jonne tein työni valmistetaan kahta eri laitetta: Cranex D:tä sekä OP200:aa. Nämä laitteet ovat 2D-laitteita eli kuvat tulevat normaaleina 2D-kuvina. Laitteet eroavat toisistaan huomattavan paljon verrattuna siihen, että ne ovat periaattessa samat laitteet, mutta esimerkiksi käyttöliittymä on erilainen. Laitteiden valmistus on myös hyvin erilainen, vaikkakin molemmat noudattavat samaa kaavaa. Cranex D on aina suora digitaalinen, eli kuvat siirtyvät laitteelta kuidun avulla suoraan tietokoneelle katseltavaksi. Tämä on nykyaikainen tapa siirtää kuvia. Ennen käytettiin filmitekniikkaa, eli kuvat otettiin kuvalevylle, josta ne tuli teettää ennen kuin niitä pystyttiin katselemaan. OP200-laitteen kohdalla asiakkaalla on huomattavasti enemmän mahdollisia konfiguraatioita valittavana kuin Cranex D:ssä. Esimerkiksi

OP200-laitteessa on optiona cephalon kätisyyden lisäksi myös panoraaman kätisyys ja kyseistä laitetta voidaan tilata vielä filmiversiona. Filmilaitteiden tilaukset ovat hyvin vähäiset nykyään, ja suoradigi on huomattavasti yleisempi.

Kuva 6. Kuvassa vasemmalla vasenkätinen CranexD ja oikealla oikeakätinen OP200 D [5; 6.]

3.2 Alkutilanne

Työtä aloitettaessa oli koko tehtaassa tehty suuria layout-muutoksia, joiden takia oli myös ELEO-minitehdas vaihtanut hieman paikkaa. Tämän ison layout-muutoksen suunnittelu sekä tekeminen oli hieman puutteellinen Cranex D- sekä OP200-linjojen kohdalla. Muutoksen takia oli ELEO:sta vähennetty yksi testauskoppi. Lisäksi koko ELEO:n pinta-ala oli hieman pienentynyt, joten tilaakin oli vähemmän.

Huomasimme heti layout-muutoksen jälkeen, että laitteita tuli hieman vähemmän ja linjalla saatettin joutua odottelemaan enemmän. Tavoitteena oli 6 laitetta päivässä. Oli päiviä, jolloin saattoi valmistua ainoastaan 2 laitetta. Tämä tietysti laski tuottavuutta huomattavasti. Uusi layout oli suunniteltu siten, että 1. koppi tekee sähköisen testauksen sekä säteilymittaukset. 2. kopin tehtävä oli panoraaman suuntaus ja 3. kopin tehtävänä oli cephalon suuntaus sekä laitteen viimeistely ennen pakkaamoa.

Tavoitteena olikin saada pakkaamon, kokoonpanon sekä testauksen vaiheita muutettua siten, että laitteita tulisi joka päivä vähintään neljä, mutta tarpeen vaatiessa (eli tilauksia ollessa paljon) olisi mahdollista valmistaa myös kuusi laitetta päivässä. Tämä tarkoitti käytännössä sitä, että jokainen vaihe käytäisiin yksitellen lävitse ja pyrittäisiin kehittämään työvaihetta ja poistamaan siitä ylimääräistä työtä. Lisäksi suunnittelin mahdoliisuuksien puitteissa uutta layout-suunnitelmaa, joka mahdollistaisi sen, että laitteet tulisivat yhdestä ainoasta linjasta kahden linjan sijaan.

3.3 Tavoitteiden saavuttaminen

Kuten jo on yllä mainittu, tarkoitus oli käydä jokainen kokoonpano sekä testausvaihe lävitse ja poistaa siitä mahdollisuuksien mukaan ylimääräistä työtä. Alun perin tarkoitus oli keskittyä kokoonpanoon, mutta työn edetessä tehtiin muutoksia myös testauksessa. Testauksessa keskityttiin siihen, onko mahdollista tehdä tietyt suuntaukset käyttämällä jonkinlaista työkalua, joka poistaisi turhan samojen vaiheiden tekemisen uudelleen. Tästä esimerkkinä on pyörimiskeskipisteen suuntaus, jossa pyörijä säädetään ensin toiselta puolelta keskellä ja sen jälkeen toiselta puolelta. Usein tässä tilanteessa jälkimmäisen säädön jälkeen toinen puoli ei ollut enää suunnassa ja jouduttiin säätämään se uudestaan.

Kokoonpanossa työvaiheet kellotettiin ja niitä vertailtiin toisiin työvaiheisiin ja tutkittiin, miksi jossain kesti kauemmin kuin toisessa, vaikka teoreettisesti molempien tulisi kestää yhtä kauan. Työvaiheita tarkastellessa huomattiin virheitä/puutteita työohjeissa, jotka myös korjattiin.

Työn aikana kellotettiin molempien laitteiden kokoonpano sekä testausajat ja niitä peilattiin annettuihin tahtiaikoihin. Tahtiaika on käytännössä 90min/ työvaihe. Samalla kun opinnäytetyötä tehtiin, korjattiin myös kokoonpano-ohjeita. Lisäsin sinne asioita, jotka näin tärkeiksi.

Laitteiden testauksen keston pituuksista johtuen tultiin siihen tulokseen, että linja tarvitsee neljä testauskoppia kolmen sijaan, jotta päästään tarvittavaan tahtiaikaan. Näillä tiedoilla laskettuna tarvittava operaattoreiden määrä koko linjalla oli 13. Keskimääräinen tuotantomäärä oli kaksi kummankin brändin laitetta päivässä, mutta toiveena oli, että kyettäisiin muuttamaan pelikirjaa lennosta, mikäli toiselle laitteelle

tulisi tilauksia enemmän. Teoreettinen mahdollisuus olisi tehdä maksimissaan 6 laitetta päivässä. Tämä tarkoittaa käytännössä 2 instru- sekä 4 soredex-laitetta. Kellotuksien jälkeen havaittiin, että laitteita on hyvin hankala lähteä yhdistämään samaan linjaan.

3.4 Kellotus

Työ aloitettiin kellottamalla molemmat laitteet kolme kertaa. Tässä vaiheessa huomattiin selvä ero kahden eri laitteen välillä. Cranex D:n kohdalla työtehtävien tahtiajoissa oli selvästi hieman korjattavaa, jotta päästäisiin siihen tilanteeseen, että kaikki työvaiheet kestäisivät yhtä kauan. Muuten Cranex D valmistui jokaisella kolmella kellotuksella suunnilleen yhtä nopeasti. Kolmen koneen kokoonpanojen ajat eivät poikenneet toisistaan enempää kuin 5 %.

OP200 olikin huomattavasti mutkikkaampi. Tämän laitteen kohdalla työvaiheiden väliset tahtiaika heitot olivat kohtalaisen suuria, jopa 22 %. OP200:n kohdalla korostui myös huomattavan paljon se, millä konfiguraatiolla laitetta oli tilattu. Mikäli laite oli panoraamalaite, ei ongelmia ollut läpimenoajan suhteen, mutta mikäli se oli cephalolaite (kuten suurin osa molemmista laitteista OP200 ja CranexD olivat) cephalon tekemiseen kuluu kaksinkertainen määrä aikaa suhteessa CranexD-laitteen cephaloon. Kellotuksien loputtua huomattiin myös, että laitteiden valmistusaika ei ollut läheskään yhtä tasainen kuin olin odottanut. Tässäkin oli heittoa miltei 20 %.

3.5 Ongelmien ydin

Osa havaituista ongelmista oli helppo korjata ja osa taas hieman vaikeampi. Suurimman kontrastin antoivat laitteiden väliset erot. Cranex D:n kokoonpano oli paljon tutumpaa, ja ratkaisut nähtiin helpommin siihen, miksi toinen vaihe kestää kauemmin kuin toinen.

Seuratessani laitteiden kokoonpanoa huomasin seuraavaa. Vaikka palodex pyrkii STD:hen, ihmiset tekevät kokoonpanot eri tavoin. Tähän ongelmaan on hankala puuttua, mikäli henkilöille on juurtunut tapa tehdä asiat. Kyseiseen ongelmaan pureuduttiin siten, että teimme työohjeista mahdollisimman yksiselitteiset, joten niitä seuraamalla tulisi päästä tahdottuun tahtiaikaan. Tämä helpotti varmasti ainakin OP200:n kohdalla, koska siitä puuttuivat kunnolliset työohjeet kokonaan

.

Seuraavaan ongelmaan olikin hieman hankalampi pureutua mutta siinäkin onnistuttiin kohtalaisesti. Haluan painottaa tässä vaiheessa, että resurssien puutteen sekä tilausten määrän takia työtä tehtäessä emme ehtineet ottaa käyttöön kaikkia muutoksia.

3.6 Kokoonpano ja testausvaiheiden sisältö

3.6.1 Työaikojen tasoittaminen

Kellotuksen jälkeen alettiin pohtimaan, missä voidaan parantaa ja onko työvaiheissa mahdollisesti jotakin ylimääräistä, joka ei siihen kuulu. Alkuperäinen tavoitehan oli, että uusi layout mahdollistaisi sen, että molemmat laitteet tulisivat yhdestä linjasta. Kellotuksen jälkeen huomattiin kuitenkin, että mikäli tämä toteutetaan OP200:lla tulisi hidastamaan linjaa siten, että sen jälkeen tuleva CranexD joutusi odottelemaan. Tämä ei tietenkään ole LEAN:in mukaista, joten lähdettiin etsimään toisenlaisia parannuksia.

Kun oli havaittu, että tietyt työvaiheet kestävät hieman kauemmin kuin toiset, pyrittiin tasoittamaan niitä mahdollisimman lähelle toisiaan. Suurimmaksi osaksi tasoitukset tai toimenpiteet eivät olleet mitenkään mittavan suuria vaan pieniä muutoksia, joiden avulla kuitenkin molempien laitteiden kohdalla pystyttiin puristamaan joitakin minuutteja, joka taas johti siihen, että kokoonpanovaiheet saatiin suhteellisen lähelle toisiaan.

Muutamia työvaiheita siirrettiin työpisteestä, jossa aikaa kului hieman kauemmin, työvaiheeseen, joka oli hieman nopeampi tehdä. Tällaisiä muutoksia tehtiin muutamia, ne oli helppo nähdä ja toteuttaa ilman suurempia ongelmia. Näitä muutoksia olivat mm. esihehkun asettaminen kopissa 1. kun se aiemmin tehtiin 2. kopissa. Suunniteltiin myös uusia työpöytiä, jotka helpottavat työntekijää, ettei hänen tarvitse kurotella esimerkiksi tarvittavia ruuveja. Työpisteitä käytiin myös muuten lävitse. Tässä havaittiin, että osassa työpisteitä oli ruuveja, joita ei käytetty kuin kerran koko laitteessa. Näitä tutkiessa huomattiin, että kyseiset ruuvit voidaan hyvin vaihtaa toiseen ruuviin, jota käytetään huomattavasti paljon useammin. Nämä muutokset toivat hyvin lisätilaa pöydille ja ehkäisivät kokoonpanovirheitä ja täten myös edistivät tahtiaikaan pääsyä.

Testauksessa selvitettiin, miksi panoraaman suuntaus kestää välillä hyvinkin kauan,

tähän syyksi selvisi pyörimiskeskipisteen suuntaus (ks kohta 3.3). Tähän lähdettiin hakemaan ratkaisua naapurilinjasta ja hieman matkittiin siellä olevaa työkalua, jolla heidän laitteensa pyörimiskeskipiste suunnattin. Suunniteltiin siis työkalu, jonka avulla nähtiin panoraama kuvassa, onko pyörimiskeskipiste suunnassa.

Suurempia muutoksia, joita ruvettiin ajamaan eteenpäin, olivat muutokset ,jotka koskivat alihankkijaa. Tällaiset muutokset vaativat tarkempaa suunnittelua, jotka myös tehtiin, mutta ne vaativat myös ”muutoslautakunnan” hyväksynnän ennen kuin ne voidaan ottaa käyttöön. Tämä on yksi syy, miksei kaikkia muutoksia saatu tehtyä kesän aikana.

Eniten aikaa käytettiin vanhojen työohjeiden päivittämiseen. Osa kuvista ja ohjeista olivat jo aikaa sitten vanhenneet. Ohjeiden kohdalla pätivät samat säännöt kuin toimittajamuutoksissa eli muutokset tuli hyväksyä ennen kuin ne voitiin jalkauttaa linjalle.

Teimme myös linjalle VOP- (voice of process) taulun, jolla seurataan jokaista työpistettä. Tauluun työntekijä täyttää siitä työpisteestä valmistuneiden laitteiden määrän sekä havaittujen virheiden määrän ja luokittelee ne. Taulut katsotaan lävitse joka aamu ja ajan kanssa nähdään, mihin virheluokkaan tulee eniten virheitä, esimerkiksi onko eniten kokoonpano- vaiko osto-osa-virheitä. Näin päästään helposti kiinni siihen, mistä hukka-aikaa syntyy eniten.

3.6.2 Layout-suunnittelu

Uutta layoutia suunnitellessa piti tehdä hieman kompromisseja, sillä tilausten puolesta ei ollut aikaa tehdä mitään suuria muutoksia. Kaikista suurin hyöty saataisiin muuttamalla linjan layout paremmin tuotantotyötä sekä testausta avustavaksi. Pääpainona olikin siis cephalo-pisteen siirtäminen/yhdistäminen sekä pakkaamon sijainti. Vielä ei saatu kuitenkaan tehtyä cephalo-pistettä, josta voitaisiin valmistaa molempien brändien cephalo. Huomattiin kuitenkin, että mikäli cephalo-piste siirretään alkutestauksen jälkeen, on laitteiden siirtäminen huomattavasti helpompaa. Materiaalien tuonti linjalle oli myös hieman hankalaa tietyissä pisteissä, joten uutta layout-suunnitelmaa tehtäessä piti ottaa huomioon myös tämä asia. Saatiin tehtyä periaatteellinen suunnitelman, jossa cephalo-piste olisi yhteinen ja lisättäisiin yksi testauskoppi lisää. Tämän suunnitelman toteutuksen vaaditaan kuitenkin hieman

aikaa, sillä koko linja muuttuisi ja tarvittaisiin materiaali myös testauskoppiin, ja se pitäisi rakentaa. Muutos myös helpottaisi markettia materiaalien tuomisessa. Pakkaamon sekä pellityksen pöytien materiaalien tilaus hyväksyttiin, mutta niitä ei ehditty tilaamaan.

4 Yhteenveto

Työ ei mielestäni onnistunut siten siten, miten olisin sen halunnut onnistuvan. Pääsimme kuitenkin haluttuihin tavoitteisiin, jotka olivat kellotus sekä periaatteellinen suunnitelma siitä, kuinka linjan tulisi toimia ja mitä muutoksia sen eteen vaaditaan. Jotta linja saataisiin haluttuun tilaan, tulisi se pysäyttää noin viikon ajaksi, jonka aikana tehtäisiin halutut muutokset. Tämä kuitenkin vaatii, että materiaalit ovat paikalla ja kaikille on selvää, mitä tehdään, ettei aikaa kuluisi turhaan odotteluun/ihmettelyyn.

Ehdottomasti paras muutos linjalle olisi saada yksi eli neljäs testauskoppi lisää. Tämän avulla pystyttäisiin helposti muuttamaan pelikirjaa vastaamaan asiakastilausten suurta määrää. Tällä varmistettaisiin se, että kaikki laitteet lähtevät ajoissa asiakkaille, eikä tulisi myöhästyneitä laitteita.

Kuitenkin pohtiessani, mitä opin työssäni, huomasin, että kaikki työt, jotka tein, koskivat hyvin paljon LEAN:iä. Kaikki muutokset, ehdotukset yms. ovat LEAN:in mukaisia, eli jatkuvaa parantamista. Opin työssäni huomattavan paljon tästä ja olenkin huomannut muissa tehtävissä toimiessani miettiväni, kuinka kyseistä prosessia voitaisiin helpottaa tai parannella jollakin muulla tavalla.

Lähteet

1. http://www.palodexgroup.com/fi/ Artikkeli: Yritys. PalodexGroup kotisivu. Verkkosivu. Luettu 03.11.2015.
2. Modig Niklas & Åhlström Pär. Tätä on LEAN. Kirja. Luettu 05.11.2015.
3. https://fi.wikipedia.org/wiki/Lean Artikkeli: LEAN. Wikipedia. Verkkodokumentti. Luettu 03.11.2015.
4. Antti Piirainen http://www.sixsigma.fi/fi/artikkelit/onko-kaikki-erilaista-vai-ei/ Artikkeli: onko kaikki erilaista vai ei? Six Sigma. Verkkodokumentti. Luetttu 14.11.2015.
5. http://www.renewdigital.com/soredex-cranex-d-panorex-ceph/ Artikkeli: Cranex D. Renew Digital. Verkkodokumentti. Luettu 03.12.2015.
6. http://sz.benqmedicalcenter.com/ksjs/frontksjs.do?method=listksjs&ksjs=180&type=4 Artikkeli: OP200. Benq Medical Center. Verkkodokumentti. Luettu 03.12.2015.