

Teemu Sirviö

Moottorilukon dokumentointi



Insinööri (AMK)

Konetekniikka

Kevät 2020



KAMK • University
of Applied Sciences

Tiivistelmä

Tekijä(t): Sirviö Teemu

Työn nimi: Moottorilukon dokumentointi

Tutkintonimike: Insinööri (AMK), konetekniikka

Asiasanat: Tuotekehitys, valmistustekniikka, dokumentointi

Opinnäytetyön aiheena oli luoda moottorilukolle täydellinen dokumentaatio osien valmistukseen sekä lukon tuotantoa varten. Dokumentointi oli osa vanhan tuotteen tuotekehitysprojektia, joka oli jäänyt kesken-eräiseksi edellisellä vuosikymmenellä. Työn tilaajana toimi Rollock Oy. Dokumentointi ja tuotekehitys toteutettiin SolidWorks 3D-mallinnusohjelmaa käyttäen. Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda täydellinen tuotedokumentaatio sekä kehittää tuotteesta tuotantovalmis lukko.

Tuotekehitysprojektin pohjana käytettiin vanhoja piirustuksia sekä dokumentteja. Lukkojen mekaniikkaan ja mekanismeihin perehdyttiin tutkimalla yrityksen aiemmin tuotteistettuja tuotteita. Tietoa kerättiin projektia varten myös haastatteleamalla yrityksen mekaniikkasuunnittelijoita sekä tuotannon henkilöitä. Ongelmien tunnistamiseen käytettiin Six Sigma DMAIC -ongelmanratkaisumenetelmää. Menetelmä on tarkoitettu prosessin parantamiseen, mutta soveltamalla sitä voitiin käyttää tässäkin työssä.

Opinnäytetyön lopputuloksena oli tuotantovalmis tuote. Jokaiselle osalle ja dokumentille annettiin yrityksen nimeämiskäytännön mukainen tunnus. Tuotetiedonhallintaan käytettiin SolidWorksin CustomWorks lisäosaa, joka mahdollisti osien nimiketietojen automaattisen päivittymisen esimerkiksi piirustuksiin ja osaluetteloihin. Opinnäytetyön toteuttamisvaiheessa tutustuttiin myös PDM-järjestelmään, jota yrityksellä ei kuitenkaan ollut käytössä työn toteuttamisen aikaan. Tuotantovalmiin tuotteen edellytyksenä dokumentoinnin osalta ja opinnäytetyön lopputuloksena oli täydellinen tuotedokumentaatio sisältäen 3D-mallit, osakokoonpanot, pääkokoonpanot, osaluettelot, ohjeistukset, piirustukset sekä mockup-mallit.

Abstract

Author(s): Sirviö Teemu

Title of the Publication: Creating Product Documentation for Motorized Lock

Degree Title: Bachelor of Engineering, Mechanical Engineering

Keywords: Product development, manufacturing technique, documentation

The subject of this thesis was to create product documentation for a motorized lock. The thesis was a part of wider product development project, which was never completed. It was left unfinished in the last decade. The commissioner of this thesis was Rollock Oy. Documentation and development were executed using SolidWorks 3D CAD Design Software. The goal of the thesis was to create complete product documentation and develop a production-ready lock.

The previous documentation and technical drawings were used as the starting point for this project. The operating principle of locks was studied by researching locks produced by the company previously. Information for the project was obtained by interviewing the company's mechanics engineers and production personnel. Issues were recognized using the Six Sigma DMAIC problem-solving method. The DMAIC method is intended for improving processes, but it was applied for problem solving in this thesis.

As a result of this thesis, a production-ready lock was created. Every part and document was named according to the company's naming practice. SolidWorks' CustomWorks plug-in was used for product information management, which enabled the automatic update of product information to drawings and part lists. During the project, the PDM system was familiarized with, but the company did not have a PDM system in use. The prerequisite for the production-ready lock, and the result of this thesis was complete product documentation including 3D models, subassemblies, main assemblies, part lists, instructions, technical drawings and mock-up models.

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Lukitus yleisesti.....	2
3	Älylukko	3
4	Tuotekehityksen perusta	5
4.1	Prosessi.....	5
4.2	Työvaiheet	6
4.3	Projektin käynnistäminen.....	7
4.4	Luonnostelu.....	8
4.5	Kehittely	8
4.6	Viimeistely	8
5	Piirustukset suunnitteluprosessissa	10
5.1	Osapiirustus.....	10
5.2	Kokoonpanopiirustus	11
5.3	Osaluettelo	11
6	Dokumentointi tuotekehityksessä.....	12
7	Revisiointi	14
8	Tuotetiedonhallinta	16
9	CustomWorks	18
10	Projektin tausta	20
11	Työn toteutus	21
11.1	Ongelmien tunnistaminen	21
11.1.1	Määrittely.....	22
11.1.2	Mittaus	24
11.1.3	Analysointi.....	25
11.1.4	Parannus.....	25
11.1.5	Ohjaus	27
11.2	3D-mallinnus.....	28

11.2.1	Lähtökohta mallinnukselle	28
11.2.2	Mallinnus.....	29
11.2.3	Alikokoonpanot	30
11.2.4	Pääkokoonpano.....	31
11.3	Dokumentointi.....	31
12	Yhteenveto	34
	Lähteet	35

Symboliluettelo

CAD	Computer Aided Design, tietokoneavusteinen suunnittelu
ML200	Moottorilukko, karaetäisyys 30 mm
ML201	Moottorilukko, karaetäisyys 35 mm
PDM	Product Data Management, tuotetiedon hallinta
RFID	Radio Frequency IDentification, radiotaajuinen etätunnistus

1 Johdanto

Opinnäytetyö oli osa laajempaa tuotekehitysprojektia, jonka taustalla oli tarve saada tuotantovalmis profiilioviin käyvä älylukko. Profiiliovia voivat olla esimerkiksi kevyemmät ovet kiinteistöjen sisällä tai ulko-ovet kerrostaloissa. Tällä tuotteella myöskin profiiliovet saadaan osaksi kiinteistön älykästä lukitusta.

Aiemmin ja suuressa määrin vielä nykyäänkin pien- ja kerrostalojen lukitusratkaisut oli toteutettu pääsääntöisesti avainpesällä varustetulla mekaanisella lukolla. Avainpesällä varustettu mekaaninen lukko vaatii aina fyysisen avaimen. Esimerkiksi avaimen kadotessa koko kerrostalon lukot voidaan joutua sarjoittamaan uudelleen. Tämä tulee kalliiksi käyttäjille ja taloyhtiöille.

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Rollock Oy, joka on suomalainen lukitusalan yritys Kajaa- nista. Sen toimialaan kuuluu älylukkojen valmistus, joissa digitalisuus, avaimettomuus ja kääntyvä telki ovat merkittävässä roolissa. Rollockin älylukoilla on Avainlippu- sekä Design from Finland -merkit.

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda tuotedokumentaatio keskeneräiselle älylukolle ML200/ML201. Dokumentaatiotyön yhteydessä jouduttiin väistämättä osallistumaan myös tuotekehitykseen. Muutamien osien muotoa jouduttiin muuttamaan, sillä niiden valmistus olisi ollut mahdotonta. Tuotteesta oli tehty nollasarja aiemmin, mutta nollasarjan tuotteet eivät olleet valmiita tuotantoon. Lukon mekanismeille tehtiin toleranssiketjujen tarkastelu, sillä osakokoonpanoista löytyi törmäyksiä. Työssä keskityttiin dokumentoimaan lukon mekaniikkaan, mekanismeihin sekä tuotantoon liittyviä seikkoja.

Työn toteutuksessa käytettiin SolidWorks 3D-mallinnusohjelmistoa. SolidWorksilla tehtiin osien 3D-mallit, osakokoonpanot, pääkokoonpanot, osaluettelot, ohjeistukset, piirustukset sekä mockup-mallit.

2 Lukitus yleisesti

Lukituksen tarkoituksena on sallia tai rajata henkilöiden pääsy tiettyihin tiloihin sekä niissä liikkumista [1] Perinteinen avainpesällä varustettu mekaaninen lukkorunko ei mahdollista kulunvalvontaa eikä tarkkaa kulkuoikeuksien hallintaa. Kulkuoikeuksien jakaminen tapahtuu antamalla käyttäjälle fyysinen avain. Älylukoilla kulunvalvonta on mahdollista ja kulkuoikeuksia voidaan jakaa helposti internetin välityksellä. Älylukon etuna on myös tarkka kulkuoikeuksien hallinta ja seuranta. Lukituksella pyritään ehkäisemään asiattomien pääsy tiloihin sekä torjumaan rikoksia, mm. murtautumista.

Lukko-termillä tarkoitetaan sulkemiseen, kiinnittämiseen tai kokonaan käytön estämiseen käytettävää laitetta. Lukko-määritteen täyttämiseksi laitteen on oltava asetettavissa siten, että se on avattavissa vain siihen sopivalla ohjauslaitteella tai tunnisteella. Avain on tunniste, jolla ohjataan lukitusjärjestelmää tai yksittäistä lukkoa. Järjestelmän tyyppistä riippuen tunniste voi olla mekaaninen, sähköinen tai biometrinen. Murtautuminen määritellään tunkeutumisena lukittuun ja rakenteellisesti suojattuun omaisuuden säilytystilaan, vahingoittamalla sen rakenteita tai lukkoja. [1.]

3 Älylukko

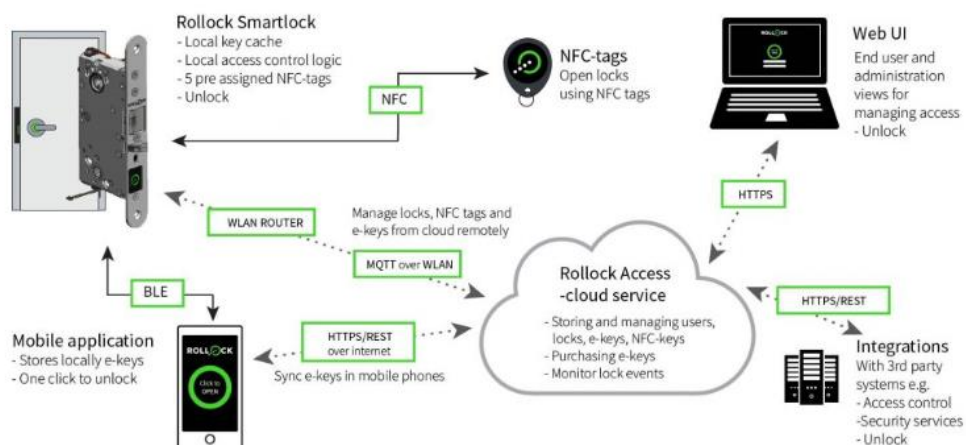
Älylukko koostuu yleensä sähköisestä lukkorungosta ja sen ohjaimen muodostamasta kokonaisuudesta. Älylukon etuja verrattuna mekaaniseen lukkoon on esimerkiksi avaimettomuus, kulunvalvonta, helppo kulkuoikeuksien jakaminen sekä niiden poistaminen. Avaimena voi toimia älypuhelin, johon on asennettu valmistajan tekemä sovellus tai sähköinen kulkutunniste. Älylukot vaativat pääsääntöisesti kaapeloinnin johtuen sähkön- ja tiedonsiirron tarpeesta. Kaapelointi tulee joko lukkorunkoon tai vastarautaan.

Tässä työssä käsiteltävän Rollock-älylukon lukkiutumisen toimintaperiaate on samankaltainen kuin auton ovissa. Yleensä mekaanisessa lukossa telki liikuu kohtisuoraan vastarautaan, mutta Rollock älylukoissa on kääntyvä telki. Kääntyvä telki mahdollistaa kevyen sulkeutumisen, aivan kuten auton ovissa. Oven tiivistepaineen vuoksi tavallisella lukolla varustettu ovi täytyy usein lyödä voimalla kiinni tai sitä joutuu tönäisemään avatessa. Lukoissa käytettävä valohela opastaa käyttäjää ilmaisemalla lukon tilan erivärisillä LED-valoilla. Valohela myös valaisee painikkeen.

Rollock älylukkoihin ei oletusarvoisesti asenneta avainpesää, mutta mahdollisuus siihen on olemassa. Normaalisti lukko avataan RFID:llä eli radiotaajuisella etätunnisteella varustetulla kulkutunnisteella tai kännykän mobiilisovelluksen avulla Bluetoothia käyttäen. Lukon saa etäavattua myös internetin välityksellä älypuhelimien asennettavalla sovelluksella tai esimerkiksi tietokoneella Rollock Access palvelun avulla. Avainpesän asentamisen hyötynä on sisäänpääsy myös sähkökatkoksen aikaan. Lukon pystyy avaamaan sisäpuolelta mekaanisesti, mutta ulkopuolelta tämä ei ole mahdollista ilman avainpesää. [2] Lukon saa myös mekaanisesti päiväkäyttötilaan, jolloin sen avaaminen on mahdollista normaalisti painiketta painamalla (pois lukien lukot ML200 ja ML201, joissa päiväkäyttötila toteutetaan sähköisesti). Mekaanisessa päiväkäyttötilassa lukko avautuu painikkeesta myös sähkökatkon aikaan sekä sisä- että ulkopuolelta.

Rollock älylukkojen hallinta tapahtuu Rollock Access -pilvipalvelussa. Accessissa voidaan luoda uusia E-avaimia, poistaa niitä, hallinnoida lukon käyttöoikeuksia sekä suorittaa lukon etäavauksen. Sieltä näkee myös lukkoakohtaisesti lukon tapahtumat. Kun kyseessä on avaimeton lukitus, täytyy tietoturvan olla huippuluokkaa. Kaikki yhteydet ovat suojattuja sekä salattuja, niin puhelimen ja lukon kuin lukon ja pilven välillä. Avausviestin kopioiminen tehdään mahdottomaksi erilaisilla, uniikkeilla salausavaimilla. [3.]

Rollockin tuotekonseptin perustana ovat etähallittavat lukitusratkaisut, joita ohjataan pilven välityksellä. Ohjaus tapahtuu käyttäen Rollock Access pilvipalvelua tai mobiilisovelluksella. Lukon etäohjaus, pääsyoikeuksien muuttaminen, tilatietojen muutokset sekä ohjelmistopäivitykset suoritetaan pilviyhteyden kautta. Datan suuresta määrästä johtuen edellä mainittu prosessi vaatii paljon palvelintehoa. Rollockin datakeskus sijaitsee Kajaanissa, Herman IT:n konesalissa. Kuvassa 1 havainnollistetaan pilvipalvelun osuutta Rollock älylukituksessa. [4.]



Kuva 1. Pilvipalveluun pohjautuva ohjaus. [4]

4 Tuotekehityksen perusta

Yrityksen menestymisen edellytyksistä yksi keskeisin on onnistunut tuotekehitystoiminta. Tuotekehityksellä varmistetaan, etteivät tuotteet ole vanhentuneita. Vanhentuneen tuotteen myynti vähenee ja jossain vaiheessa loppuu kokonaan. [5.] Myös kokonaan uudet tuotteet tuodaan markkinoille tuotekehityksen kautta.

Tuotekehitysprojektista on olemassa useita eri malleja. Yleisesti kaikkiin niihin kuuluu tarvekuvaus, luovan työn vaihe sekä detaljisuunnittelu. Mallit voidaan jakaa karkeasti peräkkäismalliin ja spiraalimalliin. Peräkkäismallissa vaiheet tulevat toisensa jälkeen eikä seuraava vaihe voi alkaa ennen edellisen vaiheen päättymistä. Spiraalimallissa vaiheet sijoitetaan ympyrämäisesti ja niitä kierrätetään prosessin loppuun saakka. [6.]

Tuotekehitys voidaan jakaa kahteen eri osa-alueeseen: uuden tuotteen kehittäminen ja vanhan tuotteen parantaminen. Tuotekehitysprojektilla voidaan luoda täysin uusi tuote, tai olemassa olevaa tuotetta voidaan kehittää paremmaksi sekä valmistuskustannuksiltaan edullisemmaksi. Tuotekehityksessä asetetut tavoitteet pyritään täyttämään mahdollisimman hyvin sekä teknisesti että taloudellisesti. [5.]

4.1 Prosessi

Tuotekehitysprosessi on monivaiheinen. Se käsittää tuoteidean etsimisen, markkinoiden sekä hankkeen aloittamiseen vaadittavien tietojen selvittämisen, tuotteen luonnostelun, huolellisen suunnittelun, tuotedokumenttien tekemisen sekä tuotantomenetelmien kehittämisen. Tuotedokumenttien tekeminen voi sisältää työpiirustusten tekemisen sekä käyttöohjeiden laatimisen. [5.]

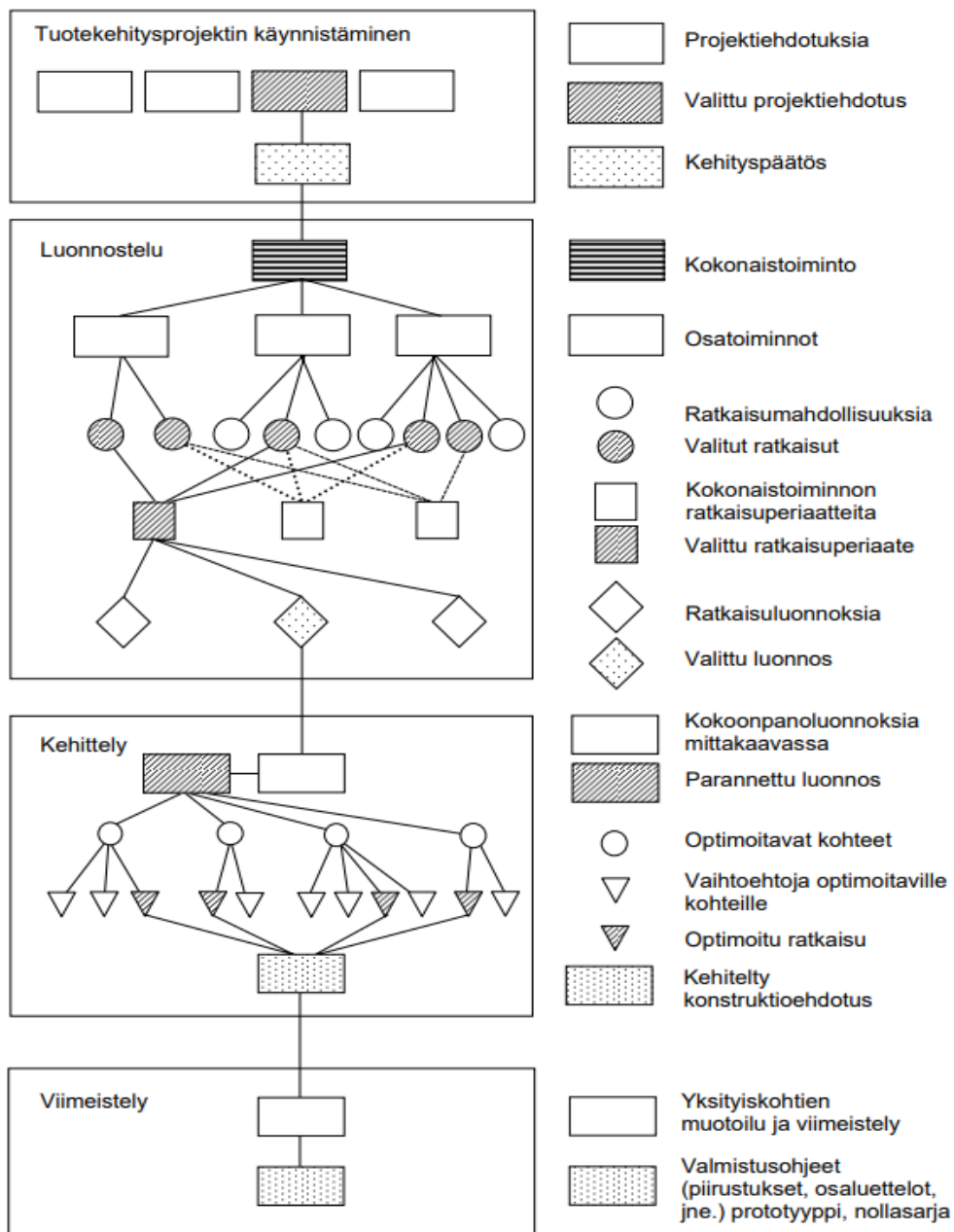
Prosesseista erotetaan eri tyyppisiä niiden luonteen avulla. Esimerkkejä ovat:

- Markkinavetoinen prosessi, jossa kehitys alkaa markkinoilla tunnistetun tarpeen perusteella.
- Teknologiatyöntöprosessi, jossa kehitys alkaa teknologiainnovaatiosta, jolle etsitään markkinat.

- Paranteluprosessi, jossa parannetaan olemassa olevaa tuotetta.
- Räätelöintiprosessi, joka on kertaluonteinen asiakastilaukseen pohjautuva toteutus. [6.]

4.2 Työvaiheet

Tuotekehitysprojekti on jaettavissa Jokisen [5, s. 14] mukaan neljään vaiheeseen. Ensimmäinen on tuotekehitysprojektin käynnistäminen. Projektin käynnistämisen jälkeen seuraavassa vaiheessa tapahtuu luonnostelu. Kolmas vaihe on kehittäminen ja neljäs vaihe viimeistely. Toimintavaiheet näkyvät kaaviomuodossa kuvassa 2. [5.]



Kuva 2. Tuotekehitysprojektin eri vaiheet. [5]

4.3 Projektin käynnistäminen

Yrityksen menestyksen kannalta on hyvin oleellista käynnistää oikeat tuotekehitysprojektit. Ennen hankkeen toteuttamispäätöstä täytyy selvittää tuotteen kehittämiskustannukset, näkymät

markkinoinnin osalta, kannattavuus taloudellisesti sekä työterveydelliset ja ympäristönsuojelulliset seikat. Myönteisessä tapauksessa hanke päätetään käynnistää ja käynnistämisvaihe päättyy kehityspäätökseen. [5.]

4.4 Luonnostelu

Kehityspäätöksessä mukana olleista henkilöistä vain osa osallistuu itse tuotekehitystyöhön. Voi olla myös tilanne, että kaikki tuotekehitystyöhön osallistuvat henkilöt ovat uusia. Sen vuoksi luonnosteluvaihe alkaa analysoimalla tehtävä. Tässä vaiheessa tuotteelle tulee laatia tavoitteet ja vaatimukset. Näitä laadittaessa voi tulla eteen sellaisia seikkoja, joita ei huomioitu kehityspäätöksen teossa. [5.]

Luonnosteluvaiheeseen kuuluu myös pyrkimys selvittää tehtävään liittyvät olennaiset ongelmat sekä kokonaistoiminto. Seuraavaksi se jaetaan osatoimintoihin ja aletaan selvittämään ratkaisumahdollisuuksia eri ideointimenetelmillä. [5.]

4.5 Kehittely

Kehittelyvaihe aloitetaan laatimalla edellisessä vaiheessa valitun ratkaisun kokoonpanoluonnos todellisessa mittakaavassa. Tällä pyritään havaitsemaan suunnitelman taloudellisesti ja teknisesti heikkoja kohtia. Näitä kohtia pyritään poistamaan ideoimalla, jolloin saadaan ainakin yksi parannettu suunnitelma. Suunnitelman täyttäessä kaikki tuotteelle asetetut vaatimukset kehitysvaihe päättyy kehitettyyn konstruktioehdotukseen. [5.]

4.6 Viimeistely

Tuotekehitysprojektin viimeinen vaihe on konstruktion viimeistely. Tuotteesta on luotava tässä vaiheessa tarkat piirustukset, osaluettelot ja ohjeistukset. Tuotteen ollessa sarjavalmisteinen siitä valmistetaan yleensä prototyyppi eli koekappale. Tämän jälkeen tarkastetaan, että tuote täyttää sille asetetut tavoitteet. Prototyypin ollessa onnistunut on mahdollista valmistaa vielä nollasarja.

Nollasarjalla tarkoitetaan prototyypin jälkeistä piensarjaa, jonka avulla tulevaa tuotantoa voidaan kokeilla käytännössä. Nollasarjan suunnittelun ja valmistuksen tarkoitus on tutkia ja kokeilla niitä valmistusmenetelmiä, joilla tuotetta on tarkoitus sarja valmistaa. Sillä saadaan myös tietoa tuotteen ominaisuuksista, valmistushajonnasta sekä valmistuskustannuksista. Sarjan suuruus riippuu tuotteen yksikköhinnasta, ja näin ollen se voi olla muutamasta kappaleesta muutamaan kymmeneen kappaleeseen. [5.]

Tuotannon aloittaminen ei kuitenkaan merkitse tuotekehityksen päättymistä. Jotta tuote saataisiin pysymään kilpailukykyisenä mahdollisimman kauan, sitä täytyy kehittää jatkuvasti. Käytön myötä saatavista kokemuksista tulee pitää tilastoa, sillä erilaiset käyttöhäiriöt sekä asiakkaiden valitukset ovat erittäin arvokkaita tuotekehityksen jatkon osalta. Niitä voi hyödyntää myös tulevissa tuotekehitysprojekteissa. [5.]

5 Piirustukset suunnitteluprosessissa

Piirustuksilla arkistoidaan kappaleen tai tuotteen geometrinen muoto. Niiden avulla voidaan myös kommunikoida suunnittelijoiden ja muiden tarvittavien ryhmien välillä. Suunnitteluprosessin aikana piirustukset toimivat suunnittelijan lyhytkestoisen muistin apuna. [6.]

Piirustusten teko vaatii huolellisuutta, sillä kappaleiden valmistus tapahtuu niiden avulla. Valmistettujen osien poikkeavuus piirustuksista voi johtua esimerkiksi siitä, että piirustukset ovat epätäydelliset. Piirustusten tulee olla yksikäsitteisiä eikä niissä saa olla tulkinnan varaa. Osat voivat poiketa suunnitellusta myös siksi, ettei niitä voida valmistaa alun perin tarkoitettulla tavalla. [6.]

5.1 Osapiirustus

Osapiirustuksia laatiessa suunnittelijan täytyy yhdistää luonnos ja esisuunnittelun tuloksena saatu muoto. Piirustukseen tulee merkitä valmistusmenetelmä sekä huomioida materiaalin asettamat vaatimukset. Edellä mainittujen lisäksi mietitään myös valmistustarkkuus ja osien toleranssit. [6.]

Koneenpiirustuksen standardit määräävät piirustusten esitysmuodon. Yleensä piirustuksissa esitetään pääprojektio ja riittävä määrä sivuprojektioita. Standardin mukaan tehtyä piirustusta luukiessa jokaisen tulee saada siitä suunnittelijan tarkoittama mielikuva. Projektioihin merkittävät standardin mukaiset mitoitukset voidaan jakaa neljään eri ryhmään: lujuusopilliset mitat, toimintamitat, valmistusmitat sekä riippumattomat mitat. [6.]

Lujuusopilliset mitat on määritetty niin, että tuotteen toimintakyky säilyy myös äärimmäisissä ratituksissa. Näitä mittoja ei saa muuttaa enää jälkikäteen, ellei lujuuslaskelmia tai analyysejä suoriteta uudelleen. [6.]

Toimintamitat ovat tuotteen toimintaan vaikuttavia kriittisiä mittoja, jotka on yleensä määritetty jo suunnittelua aloittaessa. Yleensä nämä mitat toleroidaan, jotta laitteen toiminta saadaan varmistettua. [6.] Toleranssilla tarkoitetaan valmistuksessa sallittavaa mittavaihtelua, ja näin ne mahdollistavat mekanismien toiminnan mittojen osalta.

Valmistusmitat ovat standardien määrittämät valmistusmenetelmien mukaiset mitat. Näitä ovat esimerkiksi työstökoneiden mittarajoitukset, vakiomittaiset työkalut sekä kuljetuskalustosta ja lainsäädännöstä johtuvat rajoitukset. Vakiomittaisia työkaluja voivat olla esimerkiksi porat, jyrsimet ja kalvaimet. [6.]

Riippumattomat mitat ovat valittavissa vapaasti esimerkiksi visuaalisen ilmeen mukaisiksi. Tällaiset mitat olisi hyvä valita niin, että ne on standardisoitu tiettyjen porrastusten väliin. Sillä pyritään säilyttämään järjestystä tuoterepertuaarissa. [6.]

5.2 Kokoonpanopiirustus

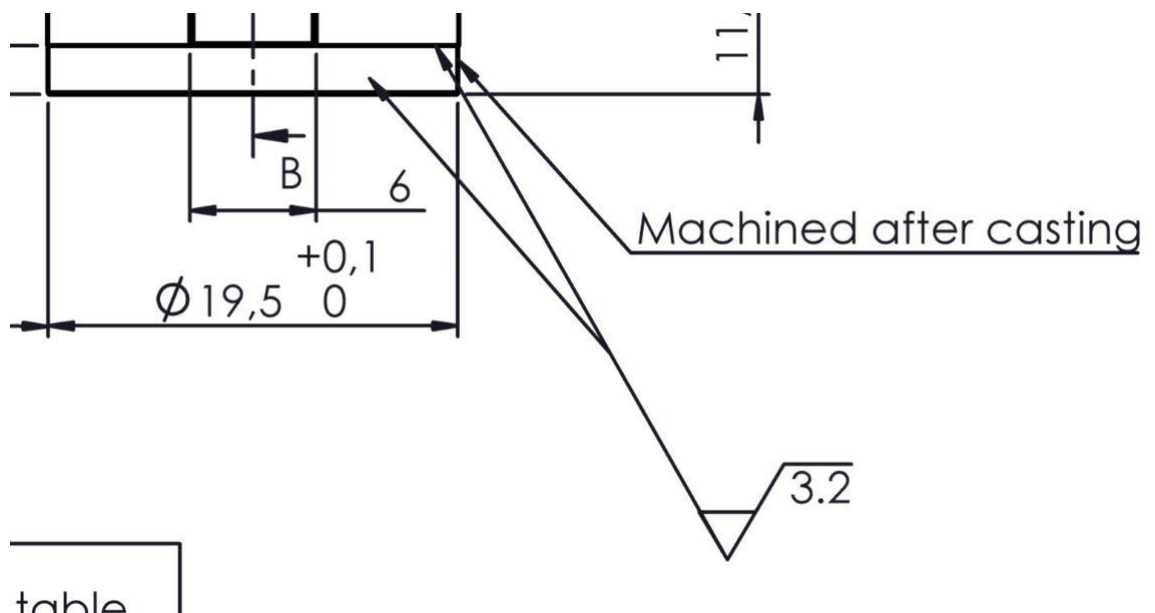
Kokoonpanopiirustuksen tulee kertoa selkeästi kokoonpanoa suorittavalle henkilölle kokoonpanoon tarvittavat osat ja kokoonpanojärjestys. [6.] Osakokoonpanot ovat pääkokoonpanon pienempiä osakokonaisuuksia, jotka on kasattu valmiiksi nopeuttaakseen pääkokoonpanon suorittamista. Sujuvaa kokoonpanotyötä ajatellen osakokoonpanot tulisi suunnitella järkevästi siten, että niiden yhdistäminen varsinaiseksi tuotteeksi on loogista ja helppoa. [6.]

5.3 Osaluettelo

Osaluettelo sisältyy aina kokoonpanopiirustukseen. Siinä esitetään kokoonpanoon tarvittavat osat ja komponentit. Näiden tulisi olla osaluettelossa siinä järjestyksessä, jossa ne liitetään kokoonpanoon. Osaluettelosta käy ilmi osan nimi, kappalemäärä ja osapiirustuksen numero tai nimi. [6.]

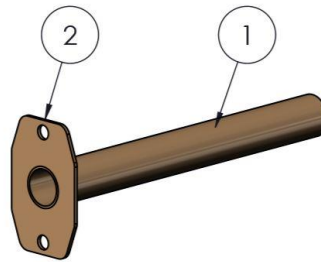
6 Dokumentointi tuotekehityksessä

Usein dokumentoinnin ensimmäinen työvaihe on laatia osien piirustukset. Piirustuksia laatiessa tulee miettiä osien valmistusmenetelmä sekä käytetäänkö oman tuotannon standardiosia vai markkinoilta saatavia. [5.] Standardiosat voivat olla esimerkiksi kiinnitystarvikkeita ja jousia. Osia suunnitellessa ja piirustuksia tehdessä täytyy huomioida käytettävissä olevat raaka-aineet sekä työkonet. [5.] Nämä edellä mainitut vaikuttavat siihen, mitä standardia käytetään toleranssien ja sovitteiden osalta. Piirustusten teko vaatii tietoa valmistustekniikasta sekä kokemusta mekaniikkasuunnittelusta, sillä saavutettavissa olevat toleranssit täytyy tietää ja niiden kriittisyys on huomioitava piirustuksissa. Tuotekehitysprojektin dokumentointia tehdessä päätetään lopulliset valmistusmenetelmät, toleranssit osien piirustuksiin, pinnankarheus, osiin käytettävät raaka-aineet sekä mahdolliset pintakäsittelyt. Kuvan 3 mukaiseen piirustukseen on merkitty valettavan kappaleen koneistus, toleranssi koneistukselle sekä pinnankarheus koneistuksen jälkeen.



Kuva 3. Toleranssin, pinnankarheuden ja viimeistelyn merkintä.

Osapiirustusten ollessa valmiita niistä kootaan rakenneryhmät. Rakenneryhmiä varten tehdään kokoonpanokuvat ja niihin osaluettelot, joista selviää kyseiseen kokoonpanoon vaadittavat osat. Kuva 4 havainnollistaa osaluettelon rakennetta. Siitä selviää kokoonpanon osien lukumäärä, tuotenumero, revisio, kuvaus, määrä sekä yksikkö.



2	RO46548	C	Test for CustomWorks demo	1	pcs	
1	RO94651	A	Test for CustomWorks demo	1	pcs	

Kuva 4. Osaluettelo.

Piirustuksia täydentävät erilliset työselitykset, joissa kerrotaan mahdolliset erityisvaatimukset osalle tai kokoonpanolle [5]. Erityisvaatimuksia voivat olla esimerkiksi maalaus hitsauksen jälkeen, pintojen viimeistely harjaamalla (kuva 5) tai metalliosien pinnoitus. Työselitykset kannattaa merkitä piirustukseen selvästi, jotta vältetään tulkintavirheitä.

Surface will be brushed lengthways after welding



Kuva 5. Harjauksen merkintä erityisvaatimuksena piirustukseen.

Ennen valmistusta on tärkeää tarkistaa, että piirustukset, ohjeet sekä osaluettelot ovat yrityksen työtapojen ja standardien mukaiset. Niiden on oltava helppolukuisia, valmistusystävällisiä ja yksikäsitteisiä. Dokumenteista tulee selvittää kaikki valmistukseen vaadittavat sekä siihen oleellisesti liittyvät asiat. Jollei niitä ole selvästi ilmoitettu, ei niitä tule myöskään valmiiseen tuotteeseen.

7 Revisiointi

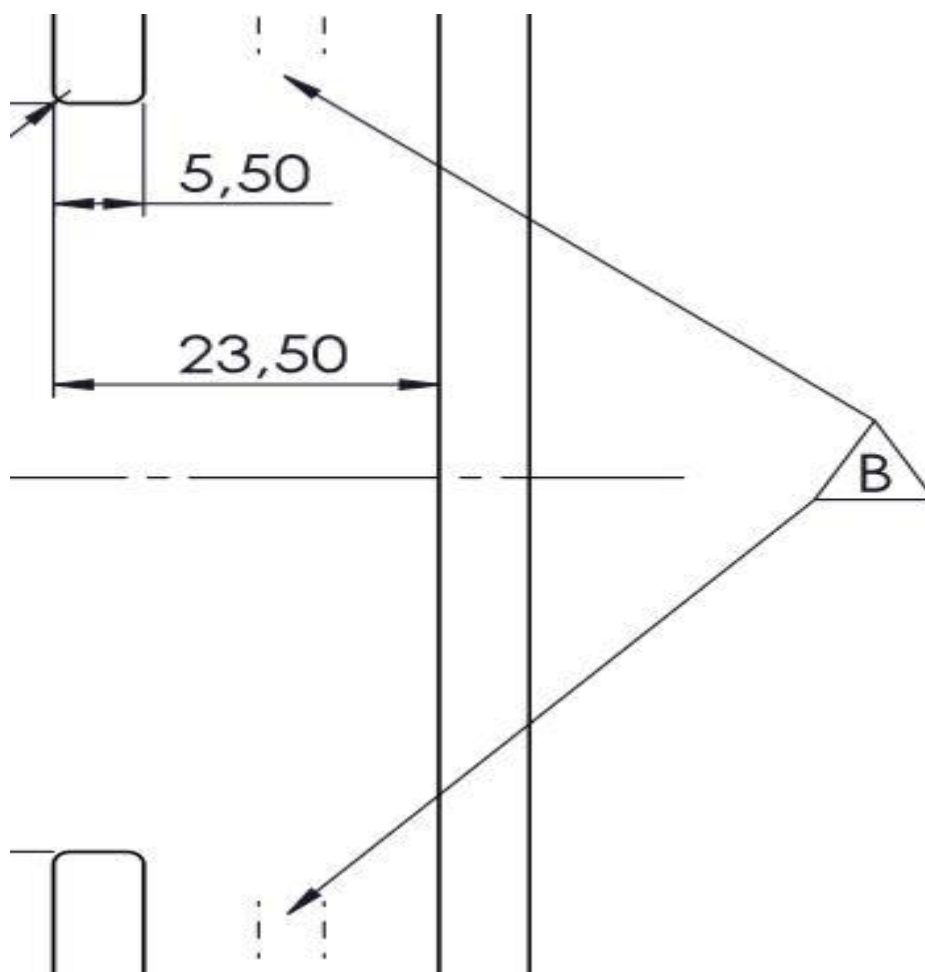
Revisio eli muutostunnus on tärkeä osa dokumentointia. Mallin, nimikkeen tai piirustuksen edessä Hyväksyty-tilaan voidaan sen valmistus aloittaa. Osaan ei voi tehdä muutoksia tämän jälkeen, sillä se toimii tuotedokumenttina toimituksen hetkellä. Jos osaan täytyy tehdä muutos, se voidaan tallentaa uutena revisiona. Näin vanha revisio säilyy ennallaan ja osoittaa tilauksen aikaisen tilanteen. Myös dokumentit voidaan revisioida. Revisiotunnukseksi käytetään joko kirjainta tai numeroa. Revision muuttuessa voidaan kirjoittaa lyhyt kuvaus revisiotaulukkoon ominaisuudesta, jota on muutettu. Muutos tulisi merkitä myös piirustukseen revision osoittavalla tunnukseksi. [7.]

Revisiotaulukosta ei tarvitse tehdä monimutkaista. Taulukon 1 kaltainen on riittävä osoittamaan revision, muuttuneen ominaisuuden, päivämäärän sekä muutoksen tekijän. SolidWorksista löytyy valmis revisiotaulukko, mutta taulukossa 1 on käytetty Rollockin omaa revisiotaulukkoa.

Taulukko 1. Revisiotaulukko.

B	Cut space for magnet holder	07.08.2019	TSi
A	Part created	1.12.2017	TJu
Vers.	Description	Date	Prepd

Revisio merkitään piirustukseen selvästi. Taulukkoon 1 on merkitty kuvan 6 mukainen revision muutos osapiirustukseen. Muutostunnus voidaan merkitä joko kirjaimella tai numerolla. Jos osaa tilataan esimerkiksi konepajalta, tulisi revisiotunnus ilmoittaa myös tiedoston nimessä siltä varalta, ettei vanhalla ja uudella revisiolla oleva kappale menisi sekaisin.



Kuva 6. Revision merkintä piirustukseen.

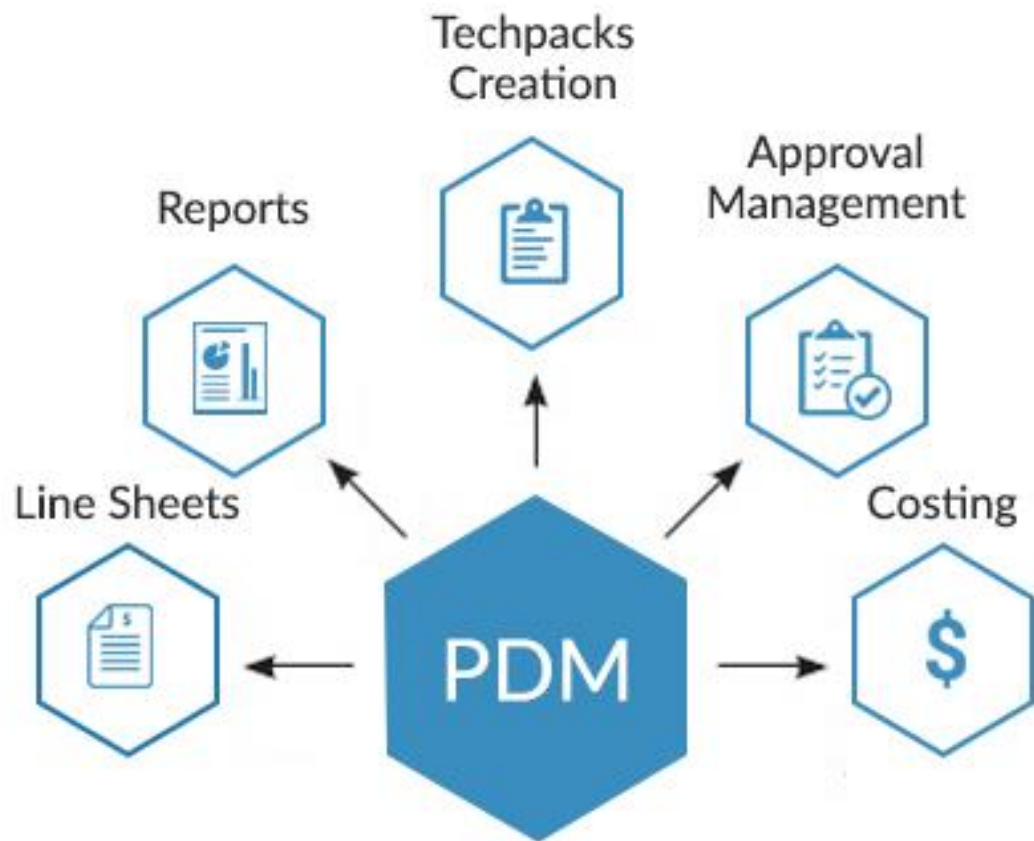
8 Tuotetiedonhallinta

PDM (Product Data Management) eli tuotetiedonhallinta on tärkeä osa tuotesuunnittelua nykypäivänä. Esimerkiksi revisiointia voidaan tehdä käsin tai se voidaan hoitaa PDM-järjestelmällä. PDM-järjestelmä mahdollistaa tuotetiedon tarkan hallinnan ja varmistaa, että tieto on jokaisen osapuolen saatavilla. [8.] Tuotetiedonhallinta on myös osa tuotteen elinkaaren hallintaa. Sillä hallinnoidaan tuotteen versioita, teknisiä tietoja sekä muita tuotteen valmistuksen ja kehityksen kannalta tärkeitä aineistoja. [9.]

Tuotetiedon ollessa tallennettuna toimivaan tiedonhallintajärjestelmään se on kaikkien hyödynnettävissä. Järjestelmän avulla esimerkiksi suunnittelijat ja insinöörit voivat hakea nykyisen tuotteen tietoja tai niiden aiempiin versioihin liittyviä tietoja. Uusien 3D-mallien pohjana voidaan käyttää vanhoja malleja ja niihin voidaan tehdä parannuksia, kun vanhat versiot ovat tallessa PDM-järjestelmässä. Tuotetiedonhallintajärjestelmä ehkäisee myös sitä, että versiotieto jäisi tallentamatta. [8.]

PDM-järjestelmä voidaan integroida myös muihin järjestelmiin. PLM GROUPIN tuotetiedonhallintajärjestelmä mahdollistaa 3D-mallin esikatselun ilman CAD-ohjelmaa. Näin esimerkiksi yrityksen johto voi seurata tuotteen kehitystä ja kustannuksia sekä tehdä niihin liittyviä strategisia päätöksiä. Järjestelmästä voi katsoa myös tuotteen ominaisuuksia ja myyjät voivat käyttää niitä myyntivaltteina erottumaan kilpailijoista. [8.]

PDM-järjestelmästä selviää kuvan 7 mukaisesti esimerkiksi tuotetiedot, ominaisuudet ja tuotteen mittatiedot. Järjestelmästä saadaan myös materiaalitiedot, versiomuutoshistoria, yksityiskohtainen osaluettelo, hintatiedot sekä tuotteen hyväksyntätieto.



Kuva 7. PDM-ominaisuudet. [12]

PDM-järjestelmä on monipuolinen työkalu monen yrityksen käyttöön. Opinnäytetyötä tehdessäni Rollockilla ei ollut käytössä PDM-järjestelmää, mutta sen käyttöönotto oli suunnitteilla.

9 CustomWorks

CustomWorks on SolidWorksiin saatava PDM-ohjelmisto, joka on tarkoitettu nimiketiedon automatisoituun hallintaan. CustomWorksilla automatisoidaan rutiineja, ja se tekee tiedonsiirron vaivattomaksi. Mitä vähemmän tietoa joudutaan syöttämään manuaalisesti, sitä enemmän aikaa säästyy varsinaiseen tuotekehitykseen. [10.]

Ohjelmisto ohjaa käyttäjää syöttämään vaadittavat nimiketiedot oikein ja johdonmukaisesti. Esimerkiksi mittatiedot tulevat suoraan 3D-mallista kuvan 8 mukaisesti, jolloin jokainen malliin tehty muutos päivittyy automaattisesti osaluetteloon. Näin säästytään käsin tietojen syöttämiseltä ja muuttamiselta. CustomWorksilla vanhentuneen ja virheellisen tiedon määrä vähenee, sillä tieto päivittyy automaattisesti joka paikkaan. CustomWorksin avulla 3D-mallin yhteydessä oleva tieto on luotettavaa, yhdenmukaista ja laadukasta. [10.]

The screenshot shows a software interface for data entry. It is titled 'Page1' and has two main sections: 'Numero' and 'Perustiedot'.
 In the 'Numero' section, there is a text input field for 'DrawingNo' containing 'RO94651' and a 'Uusi' button. Below it is a checkbox labeled 'Ei osaluetteloon'.
 The 'Perustiedot' section contains several fields:
 - 'Description': Test for CustomWorks demo
 - 'Unit': pcs
 - 'Prepd': Trainee
 - 'PrepdDate': 10.12.2019, with a 'Tänään' button
 - 'Checked':
 - 'CheckedDate':, with a 'Tänään' button
 - 'Approved':
 - 'ApprovedDate':, with a 'Tänään' button
 - 'Revision': A

Kuva 8. Tietojen syöttö 3D-malliin.

CustomWorks on integroitavissa yrityksen muihin tietojärjestelmiin. Tietojen noutaminen tai käyttäminen ei vaadi erityistä CAD-osaamista. CustomWorks tuottaa tarvittavat tulosteet, listaukset ja piirustukset automaattisesti. [10.]

Ohjelmisto automatisoi nimiketiedon hallinnan syöttämällä ja muokkaamalla Atribuuttitietoja, generoimalla uudet nimet sekä nimikenumerot. Nimiketiedot tulevat automaattisesti valmiisiin piirustus pohjiin sekä osaluetteloihin. CustomWorksiin voidaan sisällyttää myös revisiotieto. Ohjelmisto kääntää tiedostot tarvittaessa massa-ajona esimerkiksi PDF-, DXF- tai DWG-muotoon. Kaikki tarvittavat piirustukset saadaan tulostettua kerralla napin painalluksella, eikä se vaadi CAD-osaamista. [10.]

10 Projektin tausta

Opinnäytetyön toimeksiantajalla Rollock Oy:llä oli vanha tuote, joka oli jäänyt keskeneräiseksi viime vuosikymmenellä. Tuote on moottorilukko, josta löytyy kaksi eri versiota. Näillä kahdella moottorilukon eri versiolla on eroa ulkoisesti vain karaetäisyys 30 mm (ML200) ja 35 mm (ML201). Kuten kohdassa 3 mainittiin, Rollock-älylukoissa on kääntyvä telki. Moottorilukon lukkiutumisperiaate on teljen veto vastarautaan magneetin avulla. Tällä lukolla pystytään toteuttamaan esimerkiksi kerrostalon alaoven tai kiinteistön sisällä olevan profiilioven lukitus. Lukko käy myös palooveen.

Työn lähtökohdat määritettiin aloituspalaverissa. Siinä käytiin läpi moottorilukkoon liittyviä ongelmia, joista suurin oli se, ettei tuotteesta ollut kunnollista dokumentaatiota. Hyllystä löytyi noin 35 kappaletta puoliksi kasattuja lukkoja, jotka oli kasattu varastossa olevilla osilla. Henkilöt, jotka olivat olleet suunnittelemassa kyseistä lukkoa, eivät enää olleet yrityksen palveluksessa. Tämän takia lukkoon liittyvät tiedot olivat rajalliset. Palaverissa päätettiin, että projektin tulisi olla valmis vuoden 2019 loppuun mennessä.

Aloituspalaverin yhteydessä keskusteltiin projektin vaatimuksista. Tuotteen valmistus vaati täydellisen dokumentaation jokaisesta osasta, kokoonpano-ohjeet tuotantoon, osaluettelot, 3D mallit sekä mockup-mallit. Mockup-malli oli tässä tapauksessa ulkoisesti valmiin tuotteen näköinen, mutta se ei sisältänyt toiminnallisia osia. Tuotedokumentaation tuli olla valmis joulukuussa 2019.

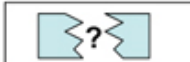




11 Työn toteutus

Opinnäytetyöprojektin alussa tutkittiin vanhoja osapiirustuksia. Näiden piirustusten pohjalta kasattiin viisi kappaletta kumpaakin lukkoa (ML200 ja ML201). Piirustuksia tutkiessa huomattiin, ettei mitään kokoonpano-ohjetta löytynyt eikä myöskään osaluetteloa. Pelkästään oikeiden osien kerääminen varastosta osoittautui haastavaksi.

Tarvittavien osien keräämisen jälkeen aloitettiin lukkojen kasaaminen. Mallia katsottiin vanhoista osittain kasatuista lukoista. Varastosta kerättyjen osien seasta löydettiin monella eri revisiolla olevia osia, eikä kenelläkään ollut tietoa, mikä oli uusin tai toimiva. Lukot kasattiin tutkimalla ja kokeilemalla osia toisiinsa. Ne osat jätettiin paikoilleen, joilla lukot saatiin toimimaan.

11.1 Ongelmien tunnistaminen

Ongelmien tunnistamiseen käytettiin tukena Six Sigma DMAIC -ongelmanratkaisumenetelmää. DMAIC-menetelmä on tarkoitettu pääasiassa prosessin parantamiseen, mutta soveltamalla sitä voitiin käyttää myös tässä työssä. Six Sigma valittiin ongelmanratkaisumenetelmäksi, koska se oli ennalta tuttu. Kuvassa 9 on esitetty DMAIC-ongelmanratkaisumenetelmän vaiheet. DMAIC tulee sanoista määrittely (define), mittaus (measure), analysointi (analyze), parannus (improve) ja ohjaus (control). [11.]

PROSESSIN PARANNUS LEAN SIX SIGMALLA		
Lean Six Sigman vaiheet	Prosessin parannus	Prosessin suunnittelu/ uudelleen suunnittelu
 1. MÄÄRITTELY	<ul style="list-style-type: none"> Tunnista ongelma Määrittele vaatimukset Aseta tavoite 	<ul style="list-style-type: none"> Tunnista onko suppeat vai laajat ongelmat Määrittele tavoite/muutos visio Selkeytä ongelman laajuus ja asiakasvaatimukset
 2. MITTAUS	<ul style="list-style-type: none"> Kelpuuta ongelma/prosessi Viimeistele ongelma/tavoite Mittaa avainkohdat/inputit 	<ul style="list-style-type: none"> Mittaa vaatimusten suorituskyky Kerää prosessin hyötysuhteen määrittelyssä tarvittavaa dataa
 3. ANALYSOINTI	<ul style="list-style-type: none"> Luo syy-seuraus hypoteesi Tunnista keskeiset ydinsyyt Kelpuuta hypoteesit 	<ul style="list-style-type: none"> Tunnista "paras käytäntö" Arvioi prosessisuunnitelmaa <ul style="list-style-type: none"> arvon/ei-arvon lisäys pullonkaulat/katkokset vaihtoehtoiset "polut" Viimeistele vaatimuksia
 4. PARANNUS	<ul style="list-style-type: none"> Luo idea, kuinka ydinsyyt poistetaan Testaa ratkaisu Standardisoi ratkaisu Mittaa tulos 	<ul style="list-style-type: none"> Suunnittele uusi prosessi <ul style="list-style-type: none"> haasteelliset oletukset käytä luovuutta virtausperiaate Toteuta uusi prosessi, rakenteet ja systeemit
 5. OHJAUS	<ul style="list-style-type: none"> Luo standardimittaukset ylläpitämään suorituskykyä Korjaa ongelmat, jos niitä syntyy 	<ul style="list-style-type: none"> Luo mittaukset ja katselmoi ylläpitääksesi suorituskyvyn Korjaa ongelmat, jos niitä syntyy

Kuva 9. DMAIC-ongelmanratkaisumenetelmä. [11.]

11.1.1 Määrittely

Määrittelyvaiheen alkaessa suurin ongelma sarjatuotantoa ajatellen oli tuotteen puutteellinen dokumentointi. Sarjatuotannon yksi tärkeimmistä vaatimuksista on täydellinen tuotedokumentaatio. Aloituspalaverissa päätettiin, että tuotteesta täytyi luoda dokumentaatio jokaisesta osasta, kokoonpano-ohjeet tuotantoon, osaluettelot, 3D-mallit sekä mockup-mallit. Tavoitteena oli luoda tuotedokumentaatio, jolla mahdollistettiin sarjatuotanto.

Lukkoja kasatessa tunnistettiin monta ongelmaa myös liittyen osien laaduntarkkailuun. Vanhoja osapiirustuksia verrattiin varastosta löytyneisiin osiin, ja useista osista puuttui koneistus tai ne oli

koneistettu huolimattomasti. Esimerkkinä koneistuksen huolimattomuudesta kuva 10, jossa lukon käyttökara oli koneistettu huolimattomasti. Oli vaikea arvioida, johtuiko koneistus epäselvästä merkinnästä piirustuksessa vai koneistajan virheestä.



Kuva 10. Koneistusvirhe lukon käyttökarrassa.

Kuvan punainen nuoli osoitti virheen kohdan. Reuna olisi pitänyt koneistaa seuraavaan pintaan saakka, mutta se oli jostain syystä jätetty vajaaksi. Tämä aiheutti sen, ettei vääntönuppi mennyt välttämättä pohjaan saakka. Varastosta löytyi yksi erä virheellisesti koneistettuja käyttökaroja. Kaikki muut erät oli koneistettu kunnolla kuvan 11 mukaisesti.



Kuva 11. Toimiva käyttökara.

Käyttökaran osapiirustukseen oli merkitty koneistuksen syvyys, mutta se oli voitu lisätä piirustukseen vasta ensimmäisen epäkurantin erän jälkeen. Varastosta löydettiin myös osia, joiden revisio oli muutettu, mutta niistä ei ollut merkintää piirustuksessa. Vanhoja osia oli revisioitu ainoastaan nimen perään tulevan numerosarjan avulla.

11.1.2 Mittaus

Mittausvaiheessa ongelma vahvistettiin haastattelemalla tuotannon työntekijöitä ja kysymällä heidän kokemuksiaan lukon kokoamisesta. Haastatteluihin päädyttiin siitä syystä, että heillä oli paras näkemys lukon kokoamisen haasteista ja syistä, joista johtuen lukkoa ei saatu toimimaan. Tuotannon henkilöiltä saatiin tietoa, mutta rajallisesti. Tiedon rajallisuus johtui pienistä tuotantomääristä, sillä moottorilukko ei ollut valmis siirtymään nollasarjasta varsinaiseen sarjatuotantoon.

11.1.3 Analysointi

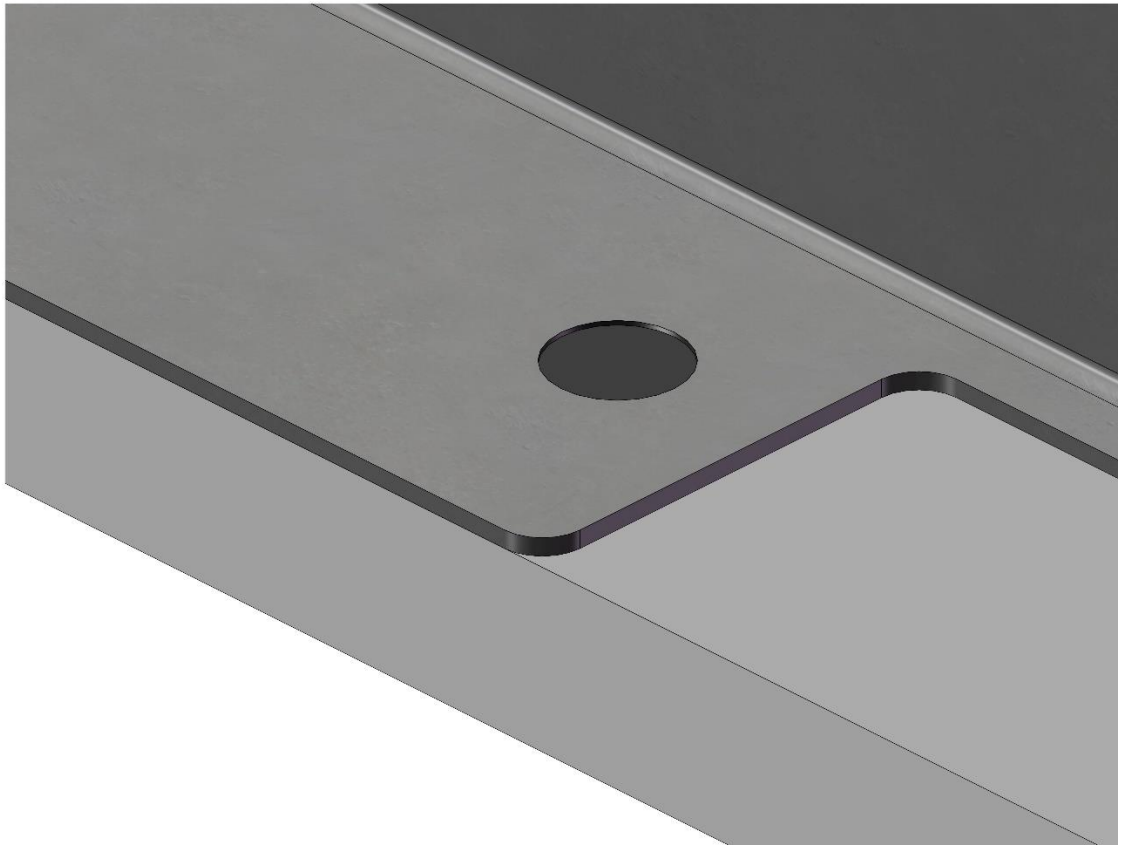
Analysointivaiheessa lukkojen kasausta tarkasteltiin ja havainnot kirjattiin ylös. Havainnointi ja tiedon keräys toteutettiin seuraamalla kokoonpanoprosessia tuotannossa. Ongelman esiintyessä lukko toimitettiin tutkittavaksi ollessaan siinä tilassa, kun ongelma esiintyi. Tuotannosta otettiin yksi viallinen ja yksi toimiva lukko yhtä aikaa tutkittavaksi. Mahdollisia vikapaikkoja tutkittiin, ja tämän avulla luotiin syyseuraushypoteesi.

Hypoteesin luomisen jälkeen lukot purettiin ja osia verrattiin keskenään. Jokainen osa mitattiin ja huomioidut kirjattiin ylös. Mittausten jälkeen lukkoja alettiin jälleen kasaamaan osa kerrallaan, testaten toiminta jokaisen osan asennuksen jälkeen. Lukkoja kasattiin niin pitkälle, että ongelma esiintyi. Näin saatiin tunnistettua keskeiset ydinsyyt sekä kelpuutettua hypoteesit.

11.1.4 Parannus

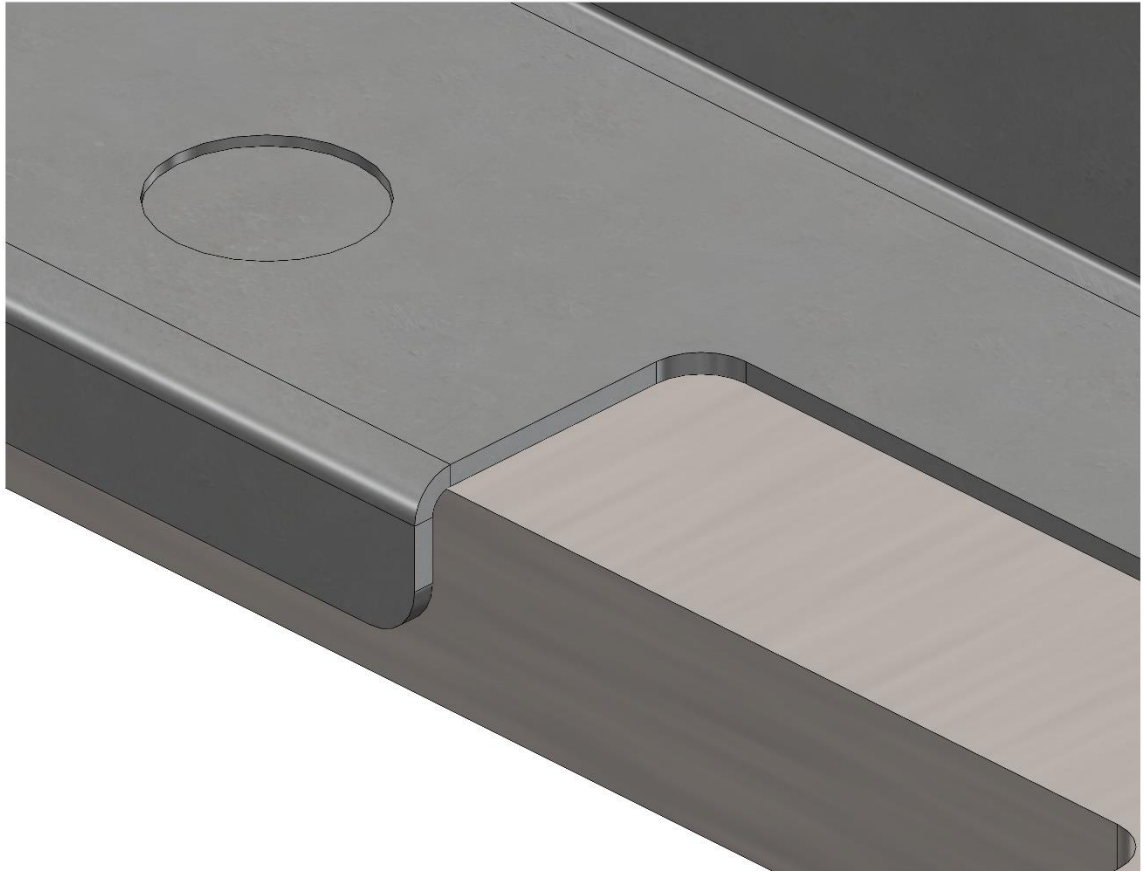
Parannusvaiheessa luotiin idea, jolla ydinsyyt saatiin poistettua. Osa lukon mekaanisista ongelmista johtui puutteellisesta dokumentoinnista ja toleranssiketjujen tarkastelun puuttumisesta.

Yhden alikokoonpanon ongelma oli peltiosan paikoittamisessa (kuva 12). Yleistoleranssi mahdollisti sen, että osa oli hitsattu toleranssin määrittämän mitan sisään, mutta todellisuudessa se esti mekanismin toiminnan. Tilaa oli rajallisesti, ja osan muoto teki sen hitsauksesta haasteellisen.



Kuva 12. Vanha peltiosa.

Ratkaisua osan paikoittamista varten pohdittiin ja ideoitiin, päätyen tekemään osaan yksi muoto lisää, jonka avulla se saatiin tarkasti oikeaan kohtaan (kuva 13). Peltiosaan lisättiin 90°:n kulma, jolloin sitä ei voitu pistehitsata liian syväälle. Myös piirustukseen lisättiin erityishuomio osan paikoittamisesta.



Kuva 13. Peltiosan uusi muoto, jolla paikoittaminen saatiin tarkaksi.


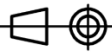
Muutama ongelma liittyi dokumentointiin ja tarkemmin osien nimeämiseen. Osille oli annettu nimi, joka ei perustunut mihinkään käytäntöön. Yrityksellä on käytössä sisäinen nimeämiskäytäntö jokaiselle osalle, kokoonpanolle ja dokumentille. Yrityksen käytössä olevat tiedostot on nimetty ROL-alkuisella koodilla. Moottorilukon jokaiselle osalle annettiin ROL-koodi, ja uudelleennimetyt osat tallennettiin oikeaan kansioon. Myös sähköisessä muodossa olleille piirustuksille annettiin ROL-koodit, ja nämäkin tallennettiin niille tarkoitettuun kansioon.

11.1.5 Ohjaus

Ohjausvaiheessa ongelmanratkaisumenetelmän mukaan tuli luoda järjestelmä, jolla varmistettiin saavutetun tilan säilyminen parannusprojektin jälkeen. Järjestelmänä tässä vaiheessa toimi se,

että kaikki dokumentit pidettiin ajan tasalla sekä kaikki muutokset tehtiin asianmukaisesti dokumentteihin. Revisiot pidettiin ajan tasalla käyttäen SolidWorksin CustomWorks lisäosaa ja Rollockin piirustusohjaa. Kun osan revisio muutettiin, se päivittyi automaattisesti piirustuksiin ja osaluetteloihin. Taulukon 2 kappale tehtiin ainoastaan havainnollistamaan CustomWorksin toimintaa. Kaikki tiedot syötettiin 3D-malliin, josta ne päivittyivät myös piirustukseen.

Taulukko 2. Nimiketiedot Rollockin piirustusohjassa.

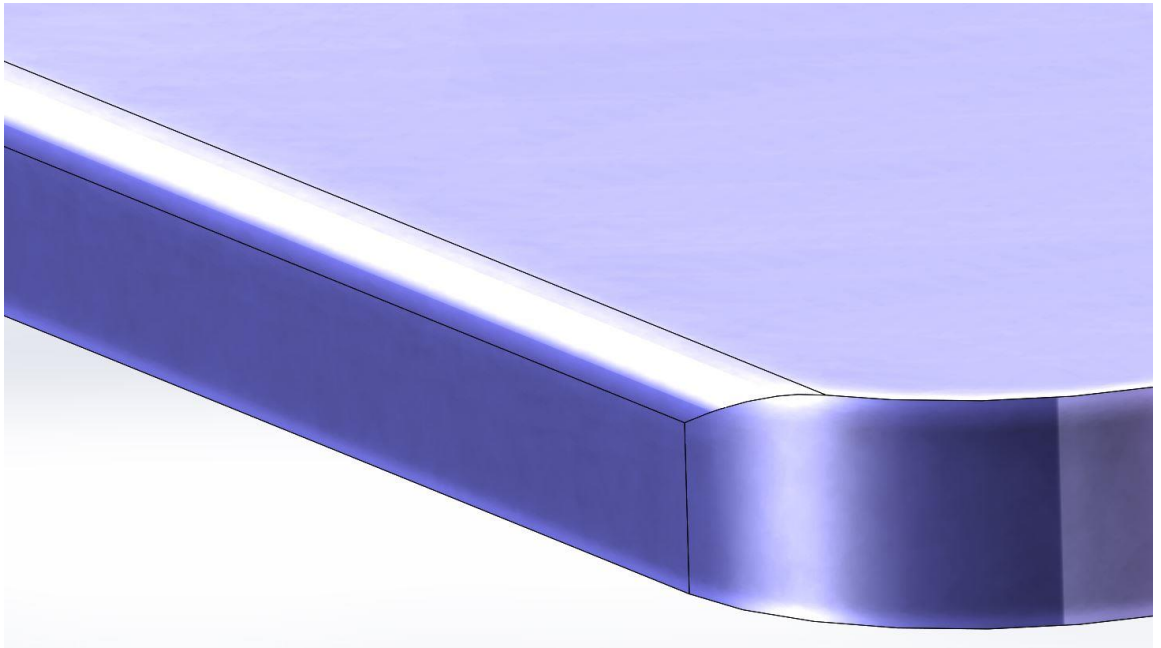
Prepd	TSi	05.12.2019	Checked	Approved	
Material		Treatment		Tolerance	
EN 1.4318 / AISI 301		Brushed		ISO2768-c	
 	Title CustomWorks demo part		Scale	Sheet	
			2:1	1 / 1	
				Drawing No. ROL67495	A

11.2 3D-mallinnus

Nykyaikana sarjatuotannon ja osien valmistuksen edellytyksenä ovat piirustukset ja 3D-mallit. 3D-mallien avulla voidaan vähentää piirustusten tulkintavirheitä kappaleen muotojen ja mittojen osalta. 3D-mallien avulla voidaan myös luoda suoraan työstöradat esimerkiksi koneistettaville kappaleille. Tässä osiossa käsitellään 3D-mallinnusta dokumentoinnin näkökulmasta.

11.2.1 Lähtökohta mallinnukselle

Kuten aiemmin todettiin, eivät piirustukset, vanhat 3D-mallit ja todelliset osat vastanneet toisiinsa. Toimiviksi todetut osat otettiin erilleen ja niitä verrattiin piirustuksiin. Piirustuksista löydettiin sellaisia muotoja, joita ei todellisuudessa voi toteuttaa osalle merkityllä valmistusmenetelmällä. Fyysisiä osia tarkastellessa juuri nämä mahdottomat muodot puuttuivat niistä. Esimerkkinä tästä on kuvan 14 peltiosa. Osa oli piirustusten mukaan leikattu ja kantattu oikeaan muotoon. 3D-mallin yhdestä nurkasta löytyi pyöristys, ja tämä oli merkitty myös piirustukseen. Pyöristystä ei voida toteuttaa kyseisellä valmistusmenetelmällä. Viisteen jälkikoneistus olisi mahdollista, mutta pyöristysten tekeminen peltiosan leikattua sivua vasten on mahdotonta.

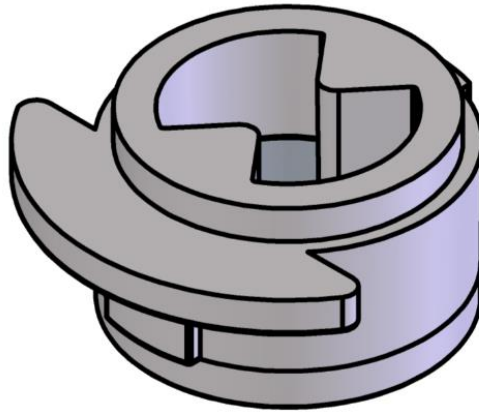


Kuva 14. Pyöristys peltiosassa.

Myöskään revisioiden muutoksista ei löydetty mitään virallista tietoa. Revisio eli muutostunnus olisi pitänyt muuttaa aina malliin ja piirustukseen, kun tuotteeseen tehtiin muutoksia. Piirustukseen tulisi merkitä ja osoittaa selvästi muuttunut mitta tai ominaisuus.

11.2.2 Mallinnus

3D-mallinnuksen alkuvaiheessa vanhat mallit tutkittiin tarkkaan ja niiden perusteella tehtiin päätös vanhojen mallien säilyttämisestä tai uudelleen mallintamisesta. Tutkinnan jälkeen osa vanhoista malleista otettiin käyttöön. Muutama osa mallinnettiin uudelleen, jotta osan rakenteesta saatiin siistimpi. Siistimmän rakenteen ja järkevän mallinnuksen avulla osaa pystyttiin muokkaamaan myös jälkikäteen. Varsinkin haastavan muotoisten osien vanhoja 3D-malleja käytettiin uusien 3D-mallien pohjana. Kuvan 15 käyttökaran 3D-malli säilyi ennallaan.



Kuva 15. Käyttökara.

Tuotannosta kerättiin kaksi kappaletta jokaista lukkoon tulevaa osaa, yksi toimiva ja yksi toimimaton. Nämä osat mitattiin digitaalisella työntömitalla ja samalla niitä verrattiin vanhoihin 3D-malleihin. Tällä tavalla saatiin esille ne osat, joiden revisio oli muutettu dokumentoimatta. Toimivien osien perusteella 3D-mallit päivitettiin ajan tasalle.

11.2.3 Alikokoonpanot

Osien 3D-mallintamisen jälkeen luotiin alikokoonpanot. Alikokoonpano tarkoittaa pienempää osakokoonpanoa, joka myöhemmin asennetaan pääkokoonpanoon. Ne voitiin jakaa kahteen ryhmään: omassa tuotannossa valmistettavat ja toimittajalta tilattavat. Toimittajalta tilattiin sellaiset osat, joita ei ollut järkevää valmistaa omassa tuotannossa. Näitä olivat esimerkiksi hitsausta tai prässäystä vaativat osat. Omassa tuotannossa valmistettiin esimerkiksi sellaiset alikokoonpanot, joissa osat kiinnitettiin toisiinsa ruuveilla.

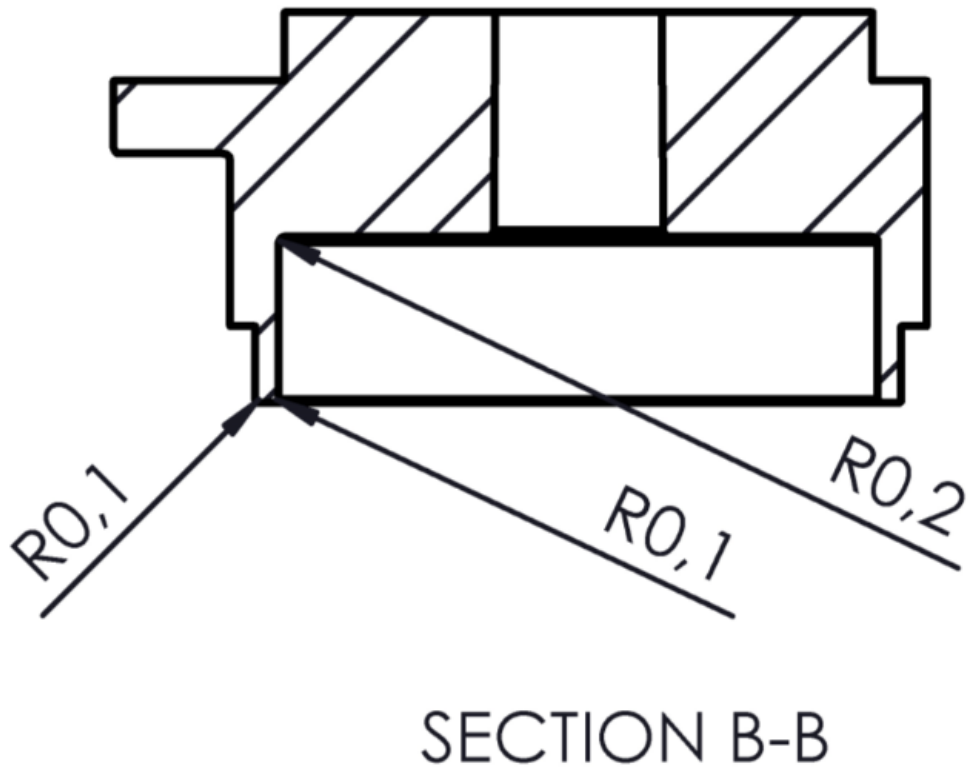
11.2.4 Pääkokoonty

Pääkokoonty koostuu yksittäisistä osista sekä alikokoontyista. Pääkokoontya lähdtettiin tekemään SolidWorksilla loogisessa järjestyksessä. Kokoontya tehdessä mietittiin mahdolliset erityishuomiot osien asentamiseen liittyen. Osat lisättiin kokoontyoon siinä järjestyksessä, jossa ne tulittiin asentamaan tuotannossakin. Pääkokoontyan 3D-malliin lisättiin myös ruuvit, mutterit, jousisokat ja muut vaadittavat kiinnitystarvikkeet. Näin kaikki siihen vaadittavat osat saatiin näkymään kuvissa sekä myöhemmin piirustuksen osaluettelossa.

Pääkokoontyan ohella tuotteesta tehtiin mockup-malli. Kyseinen malli oli ulkoisesti oikean tuotteen näköinen, mutta siitä puuttuivat toiminnalliset osat. Mockup-mallia voitiin käyttää esimerkiksi lukon koesovituksessa profiilioven 3D-malliin.

11.3 Dokumentointi


Lukon dokumentointi aloitettiin tekemällä osapiirustukset. Niihin merkittiin osien mittatiedot, valmistusmenetelmä, käytettävä standardi ja sen mukainen toleranssi, erityishuomiot osan viimeistelyyn, pinnankarheus ja materiaali. Piirustuksiin merkittiin kaikki ne asiat, joiden tuli olla valmiissa osassa. Esimerkiksi kuvan 16 osasta tehtiin leikkauskuvanto, jotta sisäpyöritykset saatiin merkittyä piirustukseen. Piirustukset tehtiin yrityksen omalle piirustusohjelmalle. Jokainen piirustus tehtiin helppolukuseksi ja selväksi niin, ettei tulkintavirheille jätetty mahdollisuutta. Lopuksi piirustukset luovutettiin tarkastettavaksi ja hyväksyttäväksi.



Kuva 16. Leikkauskuvanto.

Osapiirustusten jälkeen tehtiin kokoonpanopiirustukset. Piirustuksia varten kokoonpanojen 3D-malleista luotiin räjäytyskuvat, joilla havainnollistettiin osien paikoittamista ja asennusta. Kokoonpanopiirustuksiin sisältyi alikokoonpanojen sekä pääkokoonpanon piirustukset. Jokaisesta piirustuksesta löytyi osaluettelo, jonka avulla oikeita osia saatiin varattua oikea määrä kokoonpanoa varten. Osaluettelossa eriteltiin myös kaikki tarvittavat kiinnitystarvikkeet, kuten ruuvit ja jousisokat.

Pääkokoonpanoa varten tehtiin erilliset asennusohjeet. Piirustusten yhteyteen merkittiin huomioitavia asioita osien asentamista varten. Kuvassa 17 ohjeistettiin teljen asentamista oikeaan kohtaan.



Step 2. Install latch with latch pin
to left side of the latch frame.

Kuva 17. Asennusohje.

Ohjeistuksissa huomioitiin useita kokoonpanossa mahdollisesti esiintyviä ongelmatilanteita ja niitä pyrittiin ehkäisemään erilaisilla huomioteksteillä kokoonpanon eri vaiheissa. Kaikkia ongelmatilanteita varten ei voida tehdä ohjeistusta etukäteen, sillä vasta oikea tuotanto nostaa niitä esille. Ohjeistuksia laatiessa on mahdollista unohtaa jokin olennaisen asian merkintä, sillä se saattaa olla suunnittelijalle itsestäänselvyys. Täytyy kuitenkin pitää mielessä, että kokoonpanoa suorittava henkilö ei luultavasti tiedä tuotteesta yhtä paljon heti alussa kuin suunnittelija.

12 Yhteenveto

Opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda moottorilukolle täydellinen dokumentaatio osien valmistusta ja lukon tuotantoa varten. Dokumentoinnin lisäksi työssä ratkaistiin osien valmistukseen liittyviä ongelmia. Ongelmanratkaisuun sovellettiin Six Sigma DMAIC-ongelmanratkaisumenetelmää. Suurin ongelma tuotteen valmistusta ajatellen oli dokumentaation puuttuminen.

Työn suorittaminen vaati perehtymistä lukkojen mekaniikkaan, tuotekehitysprojektin eri vaiheisiin, tekniseen piirustukseen ja valmistusmenetelmiin. Työn toteutukseen käytettiin SolidWorks 3D-mallinnusohjelmaa ja nimiketiedon hallintaan CustomWorks lisäosaa. Lähtötiedot työhön hankittiin haastatteleamalla yrityksen mekaniikkasuunnittelijoita sekä tuotannon henkilöitä.

Ennen dokumentointia vanhat 3D-mallit päivitettiin ajan tasalle ja muutamia osia mallinnettiin uudelleen. Joidenkin osien revisio oli muuttunut, mutta niiden dokumentointi oli puutteellista. 3D-mallien oli vastattava olemassa olevia toimivia osia. Vasta sen jälkeen voitiin aloittaa tuotteen dokumentointi. Jokainen osa tallennettiin oikeaan paikkaan ja nimettiin yrityksen nimeämiskäytännön mukaisesti ROL-koodilla. 3D-mallinnusvaiheen lopputuloksena oli mallit osista ja kokoonpanoista. Myös mockup-mallit tehtiin tässä vaiheessa.

Dokumentointi aloitettiin luomalla osapiirustukset. Piirustuksiin merkittiin osien valmistuksessa käytettävät standardit, toleranssit, valmistusmenetelmät ja erityisvaatimukset. Itse piirustusten mitoittaminen ja kuvannot tehtiin koneenpiirustusstandardien mukaan. Osapiirustusten jälkeen tehtiin kokoonpanopiirustukset sekä ohjeistukset tuotantoon.

Opinnäytetyön lopputuloksena oli täydellinen dokumentaatio, joka mahdollisti sarjatuotannon aloittamisen. Työn toimeksiantaja oli tyytyväinen lopputulokseen. Työ oli todella opettavainen itselleni, sain siitä hyvän käsityksen tuotekehitysprojektin laajuudesta sekä varsinkin dokumentoinnin merkityksestä tuotekehityksessä.

Lähteet

1. Finanssiala - Rakenteellinen murtosuojaus III. S. 2-4. Saatavissa: <http://www.finanssiala.fi/vahingontorjunta/dokumentit/Rakenteellinen%20murtosuojaus%20III.pdf>. Hakupäivä 31.10.2019.
2. Rajainmäki, Minna. Uudenlainen älylukko tallentaa käynnit. Vantaan Sanomat 28.11.2013. Saatavissa: <https://www.vantaansanomat.fi/artikkeli/136075-uudenlainen-alylukko-tallentaa-kaynnit>. Hakupäivä 31.10.2019.
3. Helatalo Kajaanin Lukko Oy. Tuotteet/ Älylukko. Saatavissa: <https://www.kajaaninlukko.fi/tuotteet/alylukko/>. Hakupäivä 31.10.2019.
4. Herman IT (2019). Referenssit / Rollockin älykkäät lukitusratkaisut vaativat tuekseen luotettavan datakeskuksen. Saatavissa: <https://www.hermanit.fi/refet/rollockin-alykkaat-lukitusratkaisut-vaativat-tuekseen-luotettavan-datakeskuksen/>. Hakupäivä 04.12.2019.
5. Jokinen, Tapani (2015). Tuotekehitys. Otaniemi. Saatavilla: <http://lib.tkk.fi/Reports/2010/isbn9789526033204.pdf>. Hakupäivä 04.12.2019.
6. Hietikko, Esa (2015). Tuotekehitystoiminta. Helsinki
7. Vertex. Vertex Flow 2017 tuotedokumentaatio/ Flow – Käyttöohjeet/ Revisiointi. Saatavilla: <https://kb.vertex.fi/flow2017fi/flow-kaeyttoehjeet/revisiointi>. Hakupäivä 04.12.2019.
8. PLM GROUP. PDM – kolme erittäin tärkeää kirjainta. Miksi? Saatavilla: <https://plm-group.fi/pdm-kolme-erittain-tarkeaa-kirjainta-miksi/>. Hakupäivä 04.12.2019.
9. Carsman. Tuotetiedon hallinta: PIM, PLM ja PDM – mitä ne oikeasti tarkoittavat? Saatavilla: <https://www.crasman.fi/blogi/tuotetiedon-hallinta-pim-plm-ja-pdm-mit%C3%A4-ne-oikeasti-tarchoittavat>. Hakupäivä 04.12.2019.

10. CADWORKS. CustomWorks. Saatavilla: http://www.cadworks.fi/fi/tuotteet/custom-works-tiedonhallintaohjelmisto?token=lw6h8i-t7HbCawRqg-eYhFJqEnt-jGLd0NB_jBJ4EAw&webform_id=contact_us. Hakupäivä 04.12.2019.
11. Six Sigma. Lean Six Sigma DMAIC. Saatavilla: <http://www.sixsigma.fi/fi/six-sigma/dmaic/>. Hakupäivä 27.11.2019.
12. WFX. WFX Cloud PDM. Saatavilla: <https://www.worldfashionexchange.com/wfx-cloud-pdm-fashion-apparel.aspx>. Hakupäivä 04.12.2019.