



Pahvilaatikon purkajan suunnittelu

Kalle Nokelainen

OPINNÄYTETYÖ
Tammikuu 2020

Konetekniikka
Tuotekehitys

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Konetekniikan koulutusohjelma
Tuotekehitys

NOKELAINEN, KALLE:
Pahvilaatikon purkajan suunnittelu

Opinnäytetyö 19 sivua
Tammikuu 2020

Tämän opinnäytetyön aiheena suunniteltiin pahvilaatikon purkaja EA-Systems Oy:n tuotekehitysidean perusteella. Laite helpottaa ja nopeuttaa työtehtäviä, joissa puretaan paljon pahvilaatikoita. Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi EA-Systems Oy. Tärkeää oli, että yritys saa uuden tuotteen markkinoille. Yrityksen suorittamien kyselyjen mukaan laitteelle on paljon kysyntää.

Työn tuloksena syntyi kokoonpanopiirustukset osakokoonpanooneen ja valmistuskuvineen. Piirustukset hyväksyttiin toimeksiantajalla ja luovutettiin yrityksen käyttöön opinnäytetyön valmistumisen yhteydessä.

Toimeksiantajalle luovutettuja teknisiä dokumentteja ei sisällytetä julkiseen raporttiin, eikä lopullisiin piirustuksiin johtanutta suunnittelu- tai mallinnustyötä käsitellä julkisessa raportissa seikkaperäisesti.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical Engineering
Product Development

NOKELAINEN KALLE:
Designing a Cardboard Box Flattener

Bachelor's thesis 19 pages
January 2020

The purpose of this thesis was to design a cardboard box flattener based on the EA-System Oy product development idea. The device would make work assignments where multiple cardboard boxes are flattened faster and easier. The thesis was commissioned by EA-Systems Oy. The main reason for this commission was that the company wished to launch a new product of this type on the market. Based on investigations performed by the company, the demand for the device is quite heavy.

As a result of this study, assembly drawings and other technical documents were created and handed to the client. These documents were approved by the client.

The technical drawings and other confidential material were omitted from the public report.

Key words: product development, cardboard box flattener, cardboard box shredder

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	EA-SYSTEMS OY	7
3	KONEENSUUNNITTELU.....	8
3.1	Koneensuunnittelun määritelmä.....	8
3.2	Koneenosien mitoitus osana innovaatioprosessia	8
3.3	Tietokoneavusteinen suunnittelu eli CAD	9
3.3.1	3D-malli	10
3.3.2	3D-kokoonpano	10
3.3.3	Kokoonpanon liikkeen tarkastelut ja lujuusanalyysit.....	11
4	LAATIKONPURKAJAN SUUNNITTELU	13
4.1	Esitutkimus	13
4.2	Luonnostelu	14
4.3	Tuotesuunnitteluvaihe	15
5	POHDINTA.....	17
	LÄHTEET	19

1 JOHDANTO

Pahvilaatikoista puretaan kaupan alalla ja teollisuudessa, joskus toimistoissakin, huomattavia määriä tavaraa. Usein jokaisen puretun pahvilaatikon jälkeen se taitellaan käsin ja laitetaan liikuteltavaan rullakkoon. Rullakosta pahvilaatikat heitellään käsin jätehuoneessa olevaan pahvinkeräykseen.

Ylöjärveläinen EA-Systems Oy on ideoinut ratkaisun tämän työn tehostamiseksi sekä työntekijää kuormittavien toistoliikkeiden vähentämiseksi. Ratkaisu on laatikonpurkaja, joka koostuu useasta erillisestä moduulista. Asiakas voisi hankkia moduuleja omien tarpeidensa mukaan.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on suunnitella EA-Systems Oy:n tuotekehitysidean pohjalta tyhjen pahvilaatikoiden taittamiseen soveltuva laite. Laitteen tulisi olla helppokäyttöinen, turvallinen ja tarpeeksi pienikokoinen, että se mahtuisi normaaliin huoneeseen. Laite saisi olla maksimissaan 2 500 mm korkea. Laitteen olisi tarkoitus helpottaa ja nopeuttaa työtehtäviä, joissa joudutaan taittelemaan paljon purettuja pahvilaatikoita. Laite tulisi pyrkiä mitoittamaan siten, että sillä saisi taiteltua maksimissaan 500 mm korkean pahvilaatikon, koska sitä suuremmat pahvilaatikat ovat harvinaisia etenkin tuotteiden nopeaa laatikoista purkamista silmällä pitäen. Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii EA-Systems Oy.

Suunniteltava laite on aivan uusi tuote, eikä aikaisempia kehitysversioita ole tehty. Laitetta kehitetään, koska EA-Systemsin asiakkailla on kyseiseen laitteeseen kova kysyntä. Opinnäytetyö rajautuu laitteen suunnitteluun ja piirustusten tuottamiseen.

Opinnäytetyössä selvitetään markkinoilta löytyviä laitteeseen soveltuvia koneenosia ja tehdään niistä sekä itse valmistettavista koneenosista CAD-kokoonpano liikemallinnuksineen. Myös hieman lujuuslaskentaa suoritetaan. Mallinnetun kokoonpanon pohjalta tehdään kokoonpanopiirustukset osakokoonpanoineen sekä itse valmistettavien koneenosien valmistuspiirustukset.

Työn tuotoksena koostetaan työn tilaajan käyttöön tekniset dokumentit laitteen kokoonpanoa varten. Dokumentit kuuluvat erilliseen salassa pidettävään opinnäytetyön liiteosioon, jota ei julkaista. Teknisten dokumenttien laatimisvaiheita ja niihin liittyviä asioita on kuitenkin kuvattu raportissa lyhyesti.

2 EA-SYSTEMS OY

EA-Systemsin toimitilat sijaitsevat Ylöjärvellä. Yrityksen suunnittelupäällikkö on Mika Somppi ja asennuspäällikkö Tuomo Koivuniemi. (EA-Systems Oy 2019.) Vuonna 2018 yrityksen liikevaihto oli noin 425 000 euroa (Kauppalehti 2019).

EA-Systemsin päätoiminta on sähkö- ja automaatioalan suunnittelussa, asennuksissa sekä kunnossapidossa. Suunnittelupalveluihin kuuluu sähkö- ja automaatio suunnittelu (mm. AutoCAD), logiikka- ja käyttöliittymäohjelmointi (mm. Simatic S5 ja S7, TIA Portal), sähkökäyttöjen parametointi (mm. ABB, Siemens, Unidrive), käyttöönottotyöt, konsultointi ja koulutus. Asennuspalveluihin kuuluu kaikki teollisuuden ja kiinteistöjen sähkö- sekä automaatioasennukset instrumentoinnista suuriin sähkösyöttöihin. Lisäksi asennuspalveluihin kuuluu pneumaattikka-asennukset ja korjaukset. Kunnossapitopalvelu tarjoaa mm. ennakkohuollot, lämpökuvaukset sekä vikojen etsimistä ja korjaamista niin teollisuudessa kuin kiinteistöissäkin. (EA-Systems Oy 2019.)

3 KONEENSUUNNITTELU

3.1 Koneensuunnittelun määritelmä

Koneensuunnittelulla tarkoitetaan päämäärällistä toimintaa, jossa tavoitteena on rakentaa jokin kone, joka toimii turvallisesti, varmasti ja hyvin (Norton 2006, 3). Suomen Standardisoimisliitto SFS ry määrittelee termin ”kone” seuraavasti standardissa SFS-EN ISO 12100:

Toisiinsa liitettyjen osien tai komponenttien yhdistelmä, jossa on tai joka on tarkoitettu varustettavaksi voimansiirtojärjestelmällä ja jossa ainakin yksi osa tai komponentti on liikkuva ja joka on kokoonpantu erityistä toimintoa varten.

HUOM. 1 Termillä ”kone” tarkoitetaan myös koneyhdistelmiä, jotka on järjestetty ja ohjattu toimimaan yhtenä kokonaisuutena tietyn päämäärän saavuttamiseksi. (SFS-EN ISO 12100 2011, 12.)

Koneensuunnittelun tavoitteena on mitoittaa osat siten, että kone toimii kuten on suunniteltu. Osien mitoituksessa on otettava huomioon kyseisten osien materiaali sekä valmistusmenetelmät, jotta osat kestävät niihin kohdistuvat rasitukset ilman vaurioita. (Norton 2006, 4.)

3.2 Koneenosien mitoitus osana innovaatioprosessia

Innovaatioprosessi koostuu kahdesta vaiheesta: tuotekehityksestä ja toteutusvaiheesta. Tuotekehitykseen sisältyvät tuoteohjelman suunnittelu ja tuotesuunnittelun prosessit. (Hietikko 2015, 12.)

Tuoteohjelman suunnittelussa luodaan asiakkaiden tarpeiden mukaan ideoita. Parhaita ideoita jatkokehitetään edelleen. Tuotesuunnitteluvaiheessa tehdään asiakkaiden vaatimuslistojen ja ideoiden perusteella tuotteiden tekniset piirustukset ja työohjeet. Osien lujuuslaskenta ja mitoitus kuuluvat olennaisena osana tuotesuunnitteluvaiheeseen. Tuotesuunnitteluprosessi jatkuu analysoimalla tuotetta ja tekemällä analyysin perusteella tarvittavat muutokset, jotta saavutetaan tuotteelle asetetut vaatimukset. Tuotteeseen tehtyjen muutosten jälkeen tehdään

edelleen uusi analyysi, jonka jälkeen tehdään analyysin perusteella tarvittavat muutokset, jotta saavutetaan tuotteelle asetetut vaatimukset. (Hietikko 2015, 12–13.)

Toteutusvaiheessa tuotekehityksen aikaansaamat tekniset piirustukset ja työohjeet jalostetaan tuotantoprosesseiksi, joissa koneenosista ja materiaaleista valmistetaan lopullinen tuote. Tekniset piirustukset ja työohjeet jalostetaan myös logistiikkaprosesseiksi, joissa tuote toimitetaan asiakkaille. (Hietikko 2015, 12.)

3.3 Tietokoneavusteinen suunnittelu eli CAD

Tietokoneita on käytetty suunnittelun apuna erilaisien mallinnuksien teossa jo 1960-luvulta lähtien. Enemmissä määrin tietokoneita alettiin käyttää suunnittelun apuna 1980-luvulla, jolloin henkilökohtaiset tietokoneet yleistyivät. Aluksi ohjelmat olivat enemmänkin piirto-ohjelmia kuin suunnitteluohjelmia. Tuohon aikaan ohjelmilla piirrettyillä 2D-kuvilla ei ollut keskenään kytkentää toisiinsa. Tietokoneavusteisesta suunnittelusta käytettävä lyhenne CAD tulee englanninkielisistä sanoista computer-aided design. (Hietikko 2013, 14–15.)

Tekninen piirtäminen tietokoneen avulla kuitenkin helpotti huomattavasti suunnittelutyötä aiempaan käsin piirtämiseen verrattuna, koska muutosten tekeminen piirroksiin helpottui huomattavasti ja piirroksia ei tarvinnut enää lopuksi piirtää puhtaaksi. Lisäksi piirustuksia voitiin arkistoida digitaalisesti, muokata tarpeen tullen tietokoneella ja tarvittaessa tulostaa paperille. (Pere 2016, 2-11, 2-15.)

Nykyisin koneensuunnittelun alalla tietokoneavusteinen suunnittelu on käytännössä syrjäyttänyt käsin piirtämällä suunnittelun kokonaan. Tietokoneiden ja ohjelmistojen kehittyessä ovat erilaiset analyysit, simulaatiot ja visualisoinnit yleistyneet. Lisäksi etenkin suurissa yrityksissä on suunnittelutiedon hallinta entistä tehokkaampaa keskitettyjen tiedonhallintajärjestelmien myötä. (Pere 2016, 2-11.)

3.3.1 3D-malli

Nykyisin 3D-suunnittelu on korvannut 2D-suunnittelun lähes kokonaan monilla aloilla. Ainoastaan suunniteltaessa esimerkiksi sähkö- tai putkistokaavioita tai muita tuotteita, joissa 2D-suunnittelu on tehokkaampaa kuin 3D-suunnittelu, hyödynnetään 2D-suunnittelua edelleen suuressa mittakaavassa. 3D-suunnittelun lopputuote on edelleen hyvin usein 2D-piirustus, mutta todennäköisesti 2D-piirustusten merkitys laskee entisestään tulevaisuudessa. (Pere 2016, 2-16–2-18.)

3D CAD -malli voi olla tyypiltään rautalanka-, pinta- tai tilavuusmalli. Rautalankamallia käytettiin 3D-malleissa ensimmäisenä. Puhdasta rautalankamallia ei käytännössä enää nykypäivänä juurikaan käytetä, mutta esimerkiksi mallin visualisointi rautalankamallina on monissa tapauksissa hyödyllistä 3D-mallia mallinnettaessa. 3D-pintamalleja käytetään usein esimerkiksi valettavien kohteiden suunnitteluun. Tilavuusmalli on nykyisin yleisin, koska, toisin kuin muista malleista, tilavuusmallista voidaan määrittää kappaleen massa ja massakeskipiste. Tilavuusmallia voidaan käyttää myös törmäystarkasteluissa. (Pere 2016, 2-18, Tuhola & Viitanen 2008, 20–22.)

3.3.2 3D-kokoonpano

CAD-kokoonpano koostuu useista CAD-malleista. Kokoonpanoon voidaan lisätä ja siitä voidaan poistaa yksittäisiä CAD-malleja alkuperäisiä malleja muokkaamatta. Esimerkiksi, jos poistaa kokoonpanosta jonkin tietyn CAD-mallin, ei alkuperäinen CAD-malli poistu tietokoneen kiintolevyiltä. Kokoonpanoon on mahdollista lisätä toinen kokoonpano. Kokoonpanoon lisättävää kokoonpanoa kutsutaan osakokoonpanoksi. Suuressa kokoonpanossa voi olla useita osakokoonpanoja. Osakokoonpanot voivat myös edelleen koostua osakokoonpanoista. Pääkokoonpanoksi kutsutaan kokoonpanoa, joka sisältää kaikki tuotteeseen tarvittavat osat. (Pere 2016, 2-22–2-23, Tuhola & Viitanen 2008, 98–100.)

Kokoonpanosta tehdään yleensä lopuksi 2D-piirustus ja osaluettelo. Kokoonpanopiirustuksen tarkoituksena on esittää kokoonpano siten, että tuote voidaan val-

mistaa. Mikäli tuote koostuu osakokoonpanoista ja erillisistä osista, tehdään tuotteesta pääkokoonpanopiirustus, ettei piirustus mene epäselväksi liian monen merkinnän ja yksityiskohdan takia. Pääkokoonpanopiirustuksessa on tuotteen kaikki osat ja kokoonpanoryhmät, mutta kuvasta ei tarkasti selviä esimerkiksi tuotteen geometria, vaan lisäksi piirretään osakokoonpanopiirustuksia, joissa ilmoitetaan tarkemmin tuotteen kokoonpanoon liittyvät tiedot. (Pere 2016, 16-1–16-2, Tuhola & Viitanen 2008, 108.)

3.3.3 Kokoonpanon liikkeen tarkastelut ja lujuusanalyysit

Riippuen mallinnusohjelmasta sekä siihen hankituista lisensseistä voidaan kokoonpanosta luoda erilaisia osien liikettä mallintavia analyysejä. Törmäystarkastelu on mahdollista lähes joka ohjelmalla peruslisenssillä. Törmäystarkastelulla saadaan selville, sopivatko osat niille tarkoitettuun tilaan. Varsinaisilla kinemaattisilla tarkasteluilla voidaan mallintaa ohjelmasta riippuen esimerkiksi mekanismien toimintaa. Liikkeen analyysit havainnollistavat kokoonpanon toimintaa. Mekanismia simuloimalla voidaan havaita esimerkiksi mallinnettavan laitteen toiminnassa tapahtuvat osien tarkoituksettomat törmäykset tai muu virheellinen toiminta osien liikkuesssa. (Tuhola & Viitanen 2008, 122-124.)

Tietokoneella suoritettavat lujuusanalyysit perustuvat lähes yksinomaan elementtimenetelmään. Elementtimenetelmä on englanniksi finite element method, josta tulee lyhenne FEM. Tietokone on mahdollistanut elementtimenetelmässä tarvittavien suurten numerolaskumäärien laskemisen kohtuullisessa ajassa. (Lähteenmäki 2006, 1.1.)

Nykyisin on hyvin yleistä, että CAD-järjestelmä sisältää mahdollisuuden lujuusanalyysien tekoon. Yleensä lujuusanalyysien teko vaatii erillisen lisenssin. 3D-mallinnusohjelmaan integroiduilla lujuuslaskentaohjelmistoilla on analyysin suorittaminen sikäli helpompaa, että 3D-mallinnusohjelmalla mallinnettua geometriaa voidaan käyttää sellaisenaan, eikä geometriaa tarvitse erikseen prosessoida. Yksittäisen osan lisäksi on mahdollista tehdä lujuuslaskenta kokoonpanolle. (Hietikko 2015, 201, 207.)

Lujuusanalyyseillä tarkoitetaan yleensä staattisten kuormitustapahtumien analysointia. Kinemaattisia analyysimalleja voidaan kuitenkin käyttää pohjana lujuuslaskenta-analyyseissä, jolloin lisäämällä niihin kuormitukset on mahdollista selvittää rakenteen toiminnalliset sekä lujuudelliset ominaisuudet. (Tuhola & Viitanen 2008, 123, 125.)

Lujuusanalyyseillä saatujen tulosten oikeellisuus riippuu todella paljon siitä, onko ohjelmalle annettu tarpeeksi hyvin luonnossa tapahtuvia reaktioita simuloivat lähtöarvot. Tukireaktioiden sijoittelu vaatii suunnittelijalta erityistä huomiota. (Tuhola & Viitanen 2008, 125.) Tietokoneohjelmia kehitetään koko ajan vastaamaan entistä paremmin todellisuutta. Kuitenkin edelleen joissakin harvinaisissa erityistapauksissa ohjelma saattaa suorittaa lujuuslaskennan virheellisesti. Lujuuslaskentaohjelmien tekemät virheet ovat kuitenkin erittäin harvinaisia verrattuna ohjelmien käyttäjien tekemiin virheisiin. (Klebanov, Barlam & Nystrom 2008, 412.)

4 LAATIKONPURKAJAN SUUNNITTELU

4.1 Esitutkimus

Aivan työn alkuvaiheessa tutustuttiin huolella jo olemassa olevaan EA-Systems Oy:n piirtämään luonnokseen laatikonpurkajasta sekä käytiin luonnosta selventäviä keskusteluja. Luonnos oli karkea 2D-piirros, josta selvisi laitteen toimintaperiaate pääpiirteittäin.

Aluksi selvitettiin myös projektin tavoitteet. Ensisijaiseksi tavoitteeksi asetettiin laitteen keskeisessä osassa olevan mekanismin suunnittelu, jotta voidaan rakentaa prototyyppi, jonka avulla nähdään mekanismin toiminta käytännössä. Mahdollisia laitteeseen lisättäviä lisämoduuleja olisi aivan turha suunnitella ennen kuin varsinainen pahvilaatikon avaava mekanismi olisi todettu käytännössä toimivaksi.

Lisäksi tutkittiin jo markkinoilla olevia ratkaisuja paremman kokonaiskuvan saamiseksi siitä, miten laatikot tällä hetkellä yleensä puretaan. Kuvassa 1 on eräs nykyisin markkinoilla oleva ratkaisu laatikon hävittämiseksi. Monet markkinoilla nykyisin olevat laitteet perustuvat murskaamiseen, jolloin suurempien pahvilaatikoiden hävittämiseen tarvitaan joko erittäin suuri murskain tai sitten pahvilaatikko on ennen murskausta taiteltava käsin auki. Lisäksi markkinoilta löytyy esimerkiksi pahvilaatikon silppuajia, joihin laatikot asetellaan käsin taiteltuina yksi kerrallaan. Erikokoisten laatikoiden seinien auki taittamiseen kykeneviä laatikon purkajia ei markkinoilta ainakaan suuressa mittakaavassa löydy.



KUVA 1. ERDWICH M465/2 -yleismurskain (Erdwich 2019)

4.2 Luonnostelu

Esitutkimuksen jälkeen aloitettiin luonnostelu. Kun laitteen toimintaidea oli pääpiirteittäin selvillä, asetettiin ensimmäiseksi tavoitteeksi luoda yksinkertainen, idealisoitu 3D-liikemalli mekaniikasta, jotta voitiin tutkia tarkemmin kokoonpanon vaatimuksia.

Liikkeiden simuloinnin perusteella kokeiltiin erilaisia variaatioita mahdolliselle kokoonpanolle ja jatkojalostettiin ideoita, jotka vaikuttivat toimivilta. Luonnosteluvaiheessa pidettiin mallit karkeina ja tutkittiin erilaisia mahdollisuuksia nopeasti perehtymättä liaksi yksityiskohtiin. Luonnosvaiheessa käytettiin tietokoneen lisäksi suunnittelun apuna paperia ja kynää, koska karkean idean piirtäminen paperille on monesti nopeampaa kuin saman idean mallintaminen. Tietokoneen avulla mallintamalla käy monesti hyvin nopeasti selvillä, mikäli paperille piirretty idea ei ole lainkaan toimiva käytännössä.

4.3 Tuotesuunnitteluvaihe

Tuotesuunnitteluvaihe aloitettiin tutkimalla markkinoilta jo löytyviä komponentteja, joilla olisi mahdollista toteuttaa suuri osa idealisoidun mekanismin toiminnasta. Tuotetta jatkokehitettiin sen mukaan, että markkinoilta löytyviä komponentteja voitaisiin käyttää hyödyksi mahdollisimman paljon, koska ei olisi taloudellisesti järkevää eikä käytännössä mahdollistakaan valmistaa kaikkia tarvittavia osia alusta asti itse. Toisin sanoen itse valmistettavat osat mitoitettiin markkinoilta löytyvien komponenttien mukaan.

Monien kokoonpanossa tarvittavien osien 3D-mallit oli mahdollista ladata internetistä kyseisten osien valmistajien sivustoilta, jolloin mallinnusaikaa säästy huomattavasti, koska 3D-malli oli mahdollista liittää kokoonpanoon sellaisenaan. Toki valmistajien tuoteluetteloiden lukemiseen kului paljon aikaa. 3D-mallintamisen hyödyt tulivat laajan kokoonpanon kohdalla esiin tilanteissa, joissa mitoitusvirheet olisivat saattaneet jäädä havaitsematta 2D-kuvista, mutta 3D-maailmassa virheet havaittiin heti alkuvaiheessa.

Mekanismin toimivuutta mallinnettiin liikemallinnuksilla. Mekanismin liikkeen mallinnus oli keskeisessä osassa tutkittaessa tarvittavien osien mitoituksia. Liikemallinnuksen perusteella haettiin osille toimivat mitat sekä tutkittiin mekanismin toimintaa eri nopeuksilla. Liikemallinnukseen sisällytettiin painimen FEM-laskentaa mekanismin liikkeessä. Tuloksista nähtiin painimeen kohdistuvia rasituksia liikkeen aikana. Lisäksi tehtiin FEM-laskelmia mekanismin paikallaan ollessa. Lujuslaskennan perusteella mekanismi on rakenteiden kestävyuden kannalta toteutettavissa.

Kun kokoonpano saatiin mekanismin toiminnallisuuden sekä lujuusominaisuuksien kannalta vastaamaan työlle asetettuja tavoitteita, piirrettiin kokoonpanopiirustukset osakokoonpanoineen sekä itse valmistettavien koneenosien valmistuspiirustukset. Laadittuja teknisiä dokumentteja tullaan tulevaisuudessa hyödyntämään prototyypin valmistamisessa. Mikäli prototyyppi on toimiva, hyödynnetään

niitä sellaisenaan todennäköisesti myös tuotanto- ja logistiikkaprosesseja jalostettaessa. Työn tilaajalle luovutettiin tekniset dokumentit laitteen kokoonpanoa varten, eli kokoonpanokuvat osakokoonpanoiheen sekä valmistuskuvineen. Dokumentit kuuluvat erilliseen salassa pidettävään opinnäytetyön liiteosioon, jota ei julkaista tässä raportissa.

5 POHDINTA

Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella tyhjien pahvilaatikoiden purkuun soveltuva laite. Opinnäytetyön tuloksena syntyi laatikonpurkajan kokoonpanoon tarvittavat piirustukset.

Piirustukset täyttivät niille asetetut tavoitteet ja vaatimukset hyvin. Eniten työtä oli tietenkin piirustusten pohjalla olevassa suunnittelu- ja mallinnustyössä. Tavoitteiden täyttymistä arvioitiin yhdessä tilaajan kanssa. Suunnitelmia muutettiin paremmin tavoitteet täyttäväksi tilaajan palautteen pohjalta. Esimerkiksi laite oli ensimmäisissä piirustuksissa liian korkea, joten päätettiin tarkka maksimikorkeus laitteelle. Lopulliset piirustukset vastaavat tilaajan odotuksia ja toimeksiantaja antoi niille hyväksyvän palautteen. Suuresta kokoonpanosta huolimatta piirustukset onnistuttiin pitämään selkeinä ja informatiivisina.

Uuden tuotteen suunnittelussa haastavinta oli mitoittaa mekanismi siten, että laite veisi mahdollisimman vähän tilaa, mutta pystyisi avaamaan mahdollisimman suuren laatikon. Haasteita oli myös sopivien mittasuhteiden löytämisessä, jotta mekanismi yleensäkin toimisi halutulla tavalla kokonaisuudessaan. Laitteen mittasuhteet eivät ole nykyisissä suunnitelmissa aivan tavoitellulla tasolla. Markkinoilta löytyy erilaisia ratkaisuja ongelman korjaamiseen, mutta prototyyppi päätettiin rakentaa suunnitelmien nykyisillä koneenosilla yksinkertaisemman rakenteen vuoksi.

Haasteeksi muodostui myös sopivien koneenosien löytäminen markkinoilta. Valmistajia on lukuisia ja tuoteluetteloissa on vaihtelevasti tietoa tuotteista. Loppujen lopuksi kokoonpanoon soveltuvat koneenosat saatiin etsittyä. Tietenkin muutama kokoonpanon osa täytyy valmistaa itse erilaisia metallituotteiden valmistusmenetelmiä hyödyksi käyttäen.

Työssä kului paljon aikaa lujuuslaskelmien tekemiseen, koska liikkuvan mekanismin FEM-laskennasta ei ollut aiempaa kokemusta. Kuitenkin kiinnostus kyseisen lujuuslaskelman tekemiseen oli kova, joten aihetta opiskeltiin kirjojen, harjoitus-

tehtävien sekä videoiden perusteella. Loppujen lopuksi saatiinkin tehtyä liikkuvaan malliin FEM-laskenta, joka palautti uskottavia tuloksia. Kokonaisuudessaan mekanismin kaikkiin osiin kohdistuvia voimia on melko hankala arvioida, eikä niitä liiaksi ole tarkoituksenmukaistakaan laskea ennen prototyypin rakentamista.

Laatikonpurkajan piirustukset saatiin tehtyä valmiiksi ja seuraavaksi olisi tarkoitus rakentaa suunnitelmien pohjalta prototyyppi. Suunnitelmien ja piirustusten lopullinen toimivuus saadaan todennettua vasta ensimmäisen prototyypin valmistuttua, jolloin nähdään laitteen toimivuus käytännössä. Prototyypin toiminnan pohjalta tehdään mahdollisesti tarvittavia muutoksia suunnitelmiin ja jatketaan tuotesuunnitteluvaiheesta kohti toteutusvaihetta.

LÄHTEET

EA-Systems Oy. Laadukasta sähkö- ja automaatio-osaamista. Luettu 27.7.2019. <http://www.ea-systems.fi/>

Hietikko, E. 2013. SolidWorks 2014. Helsinki: BoD – Books on Demand.

Hietikko, E. 2015. Palkki. Helsinki: BoD – Books on Demand.

Kauppalehti. Yrityshaku. Luettu 27.7.2019.

<https://www.kauppalehti.fi/yritykset/yritys/ea-systems+oy/22254028>

Klebanov, B., Barlam, D. & Nystrom, F. 2008. Machine elements life and design. CRC Press.

Lähteenmäki, M. 2006. Elementtimenetelmän perusteet. Luettu 9.8.2019.

https://mllahteen.fi/arkistot/elpe_pdf/johdanto.pdf

Pere, A. 2016. Koneenpiirustus 1&2. Espoo: Kirpe Oy.

SFS-EN ISO 12100. 2010. Koneturvallisuus. Yleiset suunnitteluperiaatteet, riskin arviointi ja riskin pienentäminen. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Luettu 29.7.2019. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/>

TDB_M465_2-480_570_720_1000_1250. ERDWICH TWO-SHAFT-SHREDDER. Erdwich Zerkleinerungs-Systeme GmbH. Tulostettu 18.9.2019.

https://www.erdwich.com/fileadmin/user_upload/Infocenter/Download/01_MASCHINEN_DATENBLAETTER/Zweiwellen/Englisch/TDB_M465_2-480_570_720_1000_1250_E.pdf

Tuhola, E. & Viitanen K. 2008. 3D-mallintaminen suunnittelun apuvälineenä. Tampere: Tammertekniikka.