



TÄYTTÖPÖYDÄN TUOTTEISTAMINEN JA VALMISTETTAVUUDEN PARANTAMINEN

Opinnäytetyö

Tuomas Saarelainen

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Kone- ja tuotesuunnittelu

Hyväksytty ____ . ____ . ____ _____

SAVONIA-AMMATTIKORKEAKOULU TEKNIikka KUOPIO

Koulutusohjelma

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Tekijä

Tuomas Saarelainen

Työn nimi

Täyttöpöydän tuotteistaminen ja valmistettavuuden parantaminen

Työn laji

Päiväys

Sivumäärä

Insinööriyö

22.2.2010

50 + 3

Työn valvoja

Yrityksen yhdyshenkilö

Tekn. tohtori, yliopettaja Esa Hietikko

Ins. Jaakko Happonen

Yritys

Kevako Oy, NK-Tuote Oy

Tiivistelmä

Insinööriyön aiheena oli tuotteistaa järjestelmätoimittaja Kevako Oy:n asiakasyritys NK-Tuote Oy:lle tällä tuotannossa oleva täyttöpöytä. Täyttöpöydän tuotteistamisen lisäksi työhön kuului tuotteen valmistettavuuden parantaminen mm. mahdollisen massatuotannon kannalta. Keskeisenä teemana insinööriyössä oli myös järjestelmätoimittajasuhde, joka on insinööriyön antaneiden yritysten välillä.

Täyttöpöydästä suunniteltiin moduloitu tuote, jonka ansiosta tuotteen eri moduulikokonaisuuksia voidaan tarvittaessa valmistaa alihankintana. Tällöin tuotetta valmistava pääyritys säästää muun muassa tuotteen ohjaus- ja hallintokustannuksissa. Tuotteen valmistettavuutta parantavina keinoina käytettiin standardointia sekä ohutlevyrakenteita, joilla voidaan vähentää tuotteen osien sekä hitsausliitosten määrää. Korvaavat levyrakenteet mitoitettiin käsin laskien lujuusopin kaavoja käyttäen, jotta saavutettiin samat lujuusominaisuudet uusille ohutlevyrakenteille kuin vanhoille jo käytössä oleville. Täyttöpöydän kriittisimpään kohtaan tehtiin suunnittelun aikana FEM-analyysi, jolla varmistettiin tuotteen käytönaikainen kestävyys.

Työn lopputuloksena saatiin aikaan uuden moduulitäyttöpöydän valmistuspiirustukset, joilla asiakasyritys voi siirtää tuotteen tuotantoon.

Avainsanat

järjestelmätoimittaja, valmistettavuus, modulointi

Luottamuksellisuus

julkinen

SAVONIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Degree Programme

Mechanical Engineering

Author

Tuomas Saarelainen

Title of Project

Productization of a Filling Device and Improving Manufacturability

Type of Project

Final Project

Date

February 22, 2010

Pages

50 + 3

Academic Supervisor

Mr Esa Hietikko, D.Sc., Senior Lecturer

Company Supervisor

Mr Jaakko Happonen, B.Sc

Company

Kevako Oy, NK-Tuote Oy

Abstract

The subject of this final year project was to productize a filling device for a system supplier for NK-Tuote Oy, a customer company of Kevako Oy. In addition to productization a filling device the work includes improving manufacturability of the product. A central subject in the project was also the relationship between the system supplier Kevako Oy and NK-Tuote Oy.

A modulated prototype of the filling device was designed during the final year project which enables manufacturing different modules in subcontracting if necessary. In that case the leading company manufacturing the product can spare in the manufacturing costs. Standardizing and sheet metal structure were used to improve the manufacturability of the product. They can decrease the number of parts and welding joints in the product. The substitutive sheet metal structures were calculated by hand using formulas of strength calculation. So the new structure was as strong as the old structure. A FEM -analysis was made in the critical spot of the filling device and then the durability of the product was ensured.

As a result of this final year project manufacturing drawings of the module filling device were created. The customer company can manufacture the product by using these drawings.

Keywords

system supplier, manufacturability, modularity

Confidentiality

public

ALKUSANAT

Tämä insinööriö on toteutettu yhteistyössä Lapinlahdella sijaitsevan metallialan järjestelmätoimittaja Kevako Oy:n sekä tämän Pielavedellä sijaitsevan asiakasyrityksen maatalouden rehunjakolaitteita valmistavan NK-Tuote Oy:n kanssa.

Haluan esittää suuret kiitokset insinööriöön antaneiden Kevako Oy:n sekä NK-Tuote Oy:n henkilökunnalle. Erityiskiitoksen ansaitsevat toimitusjohtaja Jukka Karjalainen ja insinööriön ohjaaja Jaakko Happonen Kevako Oy:stä, insinööriön ohjaava opettaja Esa Hietikko ja avustava ohjaaja Kai Kärkkäinen Savonia-ammattikorkeakoulusta sekä toimitusjohtaja Mika Hiltunen ja täyttöpöydän asiantuntijana toimiva Pekka Pietikäinen NK-Tuote Oy:stä.

Lopuksi haluan vielä kiittää läheisiäni, jotka ovat tukeneet minua insinööriön eri vaiheissa.

Kuopiossa 22.2.2010

Tuomas Saarelainen

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	8
2	YRITYSESITTELYT	9
2.1	Kevako Oy, Lapinlahti	9
2.2	NK-Tuote Oy, Pielavesi	10
3	JÄRJESTELMÄTOIMITTAJASUHDE	11
3.1	Toimittajien merkitys	11
3.2	Verkostoituminen	11
3.2.1	Toimitusketjut	12
3.2.2	Partnerisuhde	13
3.3	Järjestelmätoimittaja ja sen hyödyt asiakkaalle	13
3.4	ISO 9001 -laadunhallintajärjestelmä	15
3.4.1	Asiakkaaseen liittyvät prosessit	15
3.4.2	Suunnittelu ja kehittäminen	16
3.5	Tuotteistaminen	18
3.5.1	Tuotekehitysprosessi	18
3.5.2	Suunnittelupalvelu	19
3.5.3	Valmistuksen hallinta	21
3.5.4	Tuotteen liittäminen PDM-järjestelmään	21
4	MODULAARINEN TUOTERAKENNE	22
4.1	Modulointi ja modulaarisuus	22
4.1.1	Modulointimenetelmiä	23
4.1.2	Moduloinnin tulokset	24
4.2	Moduulirakenteen käyttökohteet	24
4.3	Moduulirakenteen edut ja haitat	24
4.4	Standardointi	25
5	KEVAKO OY:N JA NK-TUOTE OY:N YHTEISTYÖSUHDE	26
5.1	Kevako Oy järjestelmätoimittajana	26
5.2	Tuotteistusprosessi	26
5.3	Suunnittelupalvelu Kevako Oy:ssä	27
5.4	ISO 9001 Kevako Oy:ssä	27
5.5	Kevako Oy:n ja NK-Tuote Oy:n välinen tiedonsiirto ja toiminta	28
6	TÄYTTÖPÖYTÄ	29
6.1	Tuoterakenne	29
6.2	Alkuperäinen rakenne	31

6.3	Valmistettavuuden parantaminen.....	31
6.4	Täyttöpöydän modulointi ja uusi moduulitäyttöpöytä	32
6.4.1	Runkomoduuli	33
6.4.2	Repijämoduuli	33
6.4.3	Ohutlevykappaleet ja standardointi	34
6.5	Uuden ja vanhan mallin vertailu	34
6.6	Moduulirakenteen tavoitteet ja edut yritykselle	35
6.6.1	Alihankinta	35
6.6.2	Vienti	35
6.6.3	Tuotannon ennakointi.....	36
6.6.4	Kilpailuedut.....	37
6.7	Täyttöpöydän mallinnus ja dokumentointi.....	37
6.8	Rakenteiden tekninen tarkastelu	38
6.8.1	Rakenteen profiilin muutos	38
6.8.2	Runkolevyn FEM-analyysi CosmosWorks-ohjelmistolla	43
6.9	Täyttöpöydän koneturvallisuus	46
6.9.1	Konedirektiivi.....	46
6.9.2	Standardit.....	47
6.10	Täyttöpöydän valmistuskustannusten arviointi.....	48
7	TULOSTEN ARVIOINTI	49
	LÄHTEET.....	50
	LIITTEET	
	LIITE 1: Moduulitäyttöpöydän takajalan valmistuspiirustukset	

KÄSITTEET

Järjestelmätoimittaja	Järjestelmätoimittaja valmistaa, toimittaa sekä kehittää asiakkaana olevalle päähankkijalle tämän tilaaman tuotteen, jonka valmistuksessa he käyttävät omaa toimittajaverkostoa. [2]
Laadunhallintajärjestelmä	Työkalu, jolla yritys johtaa ja ohjaa yrityksen laatuun liittyvää toimintaa. Laaditaan mm. ISO 9001 -standardin pohjalta ja se voidaan tarvittaessa auditoida. [8]
Modulaarisuus	Modulaarisuudella tarkoitetaan tuotearkkitehtuurin muotoa, jossa luodaan eri tuotevariantteja moduulien avulla, jotka vastaavat parhaiten asiakkaitten tarpeita. [7][12]
Modulointi	Modulointi tarkoittaa tuotteen pilkkomista standardi kokonaisuuksiin, jolla pyritään vähentämään tuotteen yksittäisten osien lukumäärää sekä tehostamaan tuotantoa. [7]
Moduuli	Moduuli on standardoitu yksikkö, jolla on oma tekninen ominaisuus. Moduuleja yhdistelemällä muodostuu varsinainen tuote. Moduulilla on selkeä rajapinta, johon ei saa tehdä muutoksia. [11][12]
PDM -järjestelmä	Product Data Management on tuotteen tiedonhallintajärjestelmä, johon syötetään tuotesuunnittelun materiaalia. [10]
Standardointi	Tuotteen komponenttien, käytettyjen järjestelmien ja mahdollisesti koko yrityksen organisaation yhdenmukaistava toimenpide, jolla pyritään selkeyttämään ja keventämään toimintaa. [12]
Suunnittelupalvelu	Suunnittelupalvelu on mm. järjestelmätoimittajan asiakkaan tuotekehitystä tukeva palvelu, jossa asiakkaan tuotetta kehitetään eteenpäin.
Tilaus-toimitusprosessi	Tilaus-toimitusprosessissa asiakkaan tekemä tuotetilaus määritellään, jonka perusteella saadaan tarvittavat valmistus- ja toimitustiedot. [12]
Tuoterakenne	Tuoterakenne kertoo tuotteen valmistukseen tarvittavat osat ja niiden määrän.
Tuotteistaminen	Tuotteistamisessa määritetään tuotteen sisältö ja sen valmistuksen edellytykset.
Variantti	Vaihtokelpoisen moduulin rinnakkainen vaihtoehto, jotka ovat keskenään vaihtokelpoisia. [12]

1 JOHDANTO

Nykyään maailmalla metalliteollisuudessa vallitsevan kovan kilpailun myötä pyritään valmistuskustannukset ja -tehokkuus saamaan juuri optimille tasolle. Kustannustehokkaalla tuotteiden valmistuksella varustautuneet metallialan yritykset saavuttavat kilpailuedun, jolla ne pystyvät tekemään ratkaisevan eron muihin alalla toimiviin kilpailijoihin. Tämän kilpailukyvyn saavuttaminen edellyttää nykyaikaisten valmistustekniikoiden ja -menetelmien käyttöä, joista yleisimpiä menetelmiä ovat modulointi ja standardointi. Lisäksi metallialan yrityksellä tulee olla kehittynyt alihankintaverkosto, jotta yritys selviää alalla vallitsevassa kovassa kilpailussa. Nykyään metallialan yritykset pyrkivät kohdistamaan kaiken voimavaransa ydinosaamiseensa, minkä vuoksi näiden ulkopuolelle jäävät työvaiheet pyritään ulkoistamaan alihankkijoille ja näin jakamaan valmistuksen vastuuta yhteistyökumppaneille.

Tämä insinöörityö on tehty Pohjois-Savossa sijaitsevalle Kevako Oy:lle, joka on metalliteollisuuden alihankintaan erikoistunut yritys. Kevako Oy:n toimialaan kuuluvat metallialan yritysten alihankintatyöt. Kevako Oy:n asiakkaana on Pohjois-Savossa Pielavedellä sijaitseva NK-Tuote Oy, joka on erikoistunut maatalouden rehunjakojärjestelmien valmistukseen. NK-Tuote Oy valmistaa tuotteitaan maailman suurimmalle maidontuotantojärjestelmien toimittajalle ruotsalaiselle DeLavalille. Kevako Oy valmistaa ja kehittää sekä toimittaa NK-Tuote Oy:lle tämän tilaamia osakokonaisuuksia eri tuotteisiin.

Insinöörityön aiheena on täyttöpöydän tuotteistaminen ja tuoterakenteen selvittäminen. Insinöörityössä tuotteistetaan järjestelmätoimittaja Kevako Oy:n asiakasyritykselle NK-Tuote Oy:lle tällä jo tuotannossa oleva tuote. Lisäksi työn tavoitteena on kehittää tuotetta valmistuksen ja mahdollisen massatuotannon kannalta. Insinöörityö on sisällöltään laaja, joten työn aihe ei kerro kaikkea työn sisältämää tietoa.

Täyttöpöytä on nykyaikaisissa suurissa navetoissa käytettävä rehunjakojärjestelmän ensimmäinen laite, johon eläinten rehu lastataan. Täyttöpöytä on ketjukuljetin, jonka päävoimanlähde on 1,5 kW sähkömoottori. Sen keskeisiä toimilaitteita ovat lisäksi pienempi sähkömoottori sekä alennusvaihteet, joilla moottorien vääntömomenteja saadaan korkeammaksi ja pyörimisnopeuksia pienemmiksi. Täyttöpöytä syöttää tasaisesti ennalta määritetyin väliajoin rehua kuljettimille, jotka kuljettavat sen kohti navettaa, jossa matoruokkija jakaa rehun tarkasti jokaiselle eläinryhmälle. Täyttöpöytään voidaan lastata esimerkiksi yhden tai kahden päivän rehut. Täyttöpöydän ohjaus on toteutettu täysin tietokonepohjaisella ohjelmistolla, johon voidaan syöttää mm. ruokinta-ajat ja -määrät. Ilman rehunjakojärjestelmää rehun jakaminen olisi todella työlästä nykyaikaisissa, jopa yli sadan eläimen navetoissa.

Insinöörityön teko aloitettiin kesällä 2009 työn teknisen osuuden tekemisellä, joka toteutettiin yhteistyössä Kevako Oy:n ja NK-Tuote Oy:n kanssa. Teknisen osuuden sisältöön kuuluu uuden vaatimusten perusteella kehitettävän tuotteen suunnittelu ja tarvittavien dokumenttien laadinta. Insinöörityön tekninen osuus pyritään saamaan valmiiksi kesän 2009 aikana.

2 YRITYSESITTELYT

2.1 Kevako Oy, Lapinlahti

Kevako Oy on vuonna 2008 perustettu metalliteollisuuden alihankintayritys. Se sijaitsee Kuopion pohjoispuolella Lapinlahdella 5-tien varressa. Vuonna 2009 työntekijöitä oli 10 ja yrityksen liikevaihto noin miljoona euroa. Kevako Oy hakee aktiivisesti kasvua palvelutarjontaa kasvatamalla.¹

Yrityksen kanssa samaan yritysryhmään kuuluvat Lametal Oy ja Lapinlahden Koneistus Oy. Lametal Oy kehittää ja markkinoi erilaisia työlaitteita pyöräkuormaajiin, kaivukoneisiin ja traktoreihin. Lapinlahden Koneistus Oy valmistaa Kevako Oy:n ja muiden ulkopuolisten asiakkaiden tarvitsemat koneistettavat kappaleet. [1]

Kevako Oy valmistaa tuotteet alusta loppuun ja toimittaa tuotteet tarvittaessa suoraan loppuasiakkaalle. Tuotteiden valmistusta tukee oma suunnittelu, joka on mukana asiakkaan tuotekehitysprosessissa mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. [1] Kevako Oy valmistaa osakokoonpanoja ja lopputuotteita lähinnä maansiirtoon, metsänhoitoon ja maatalouteen liittyville kone- ja laitevalmistajille.¹

Yrityksen pääkilpailutekijät ovat monipuolinen palvelutarjonta asiakkaan tarpeiden mukaan sekä varma ja nopea toimitus. Laatujärjestelmän kehitykseen on panostettu yrityksessä huomattavasti.¹

Kevako Oy on nuori yritys, joka hakee kasvua kohtuullisen vaikeassa kilpailutilanteessa, mikä johtuu maailmantalouden ongelmista. Alalla toimivan yrityksen on pystyttävä luomaan uusia keinoja, joilla luodaan lisäarvoa asiakkaille. Uudistamalla ja keskittymällä omiin vahvuuksiin on mahdollisuus menestyä myös tulevaisuudessa. Tämä insinöörityö on osaltaan tukemassa yrityksen palvelutarjonnan lisäämistä ja edelleen kehittämässä toimintaa.¹



Kuva 1. Kevako Oy, Lapinlahti [1].

¹Jukka Karjalainen, Kevako Oy, Lapinlahti

2.2 NK-Tuote Oy, Pielavesi

NK-Tuote Oy on Pohjois-Savossa Pielavedellä sijaitseva maatalouden rehunjakolaitteita valmistava metallialan yritys. Yrityksen päätuotteet ovat täyttöpöydät, matoruokkijat sekä kuljettimet. Yritys työllistää nykyään yhteensä 10 työntekijää. Yrityksen liikevaihto on ollut viime vuosina noin miljoona euroa.¹

Yritys on perustettu vuonna 1988 nimellä NK-Huolto. Tuolloin yrityksen toimialaan kuuluivat erilaiset rehukourat, jotka olivat senaikkaisia rehunjakojärjestelmiä. Osakeyhtiöksi yritys muuttui vuonna 1990. Vuonna 2005 yrityksen ostivat Mika ja Sari Hiltunen ja nimeksi tuli nykyinen NK-Tuote Oy.¹

Yritys valmistaa rehunjakojärjestelmiä ruotsalaiselle DeLaval-nimiselle yritykselle, joka on maailman suurin maidontuotantojärjestelmientoimittaja ja toimii 115 maassa. Suomessa DeLavalilla on 50 %:n markkinaosuus. NK-Tuote Oy:n DeLavalille myymien tuotteiden osuus tuotannosta on 60 %, sillä NK-Tuote Oy myy tuotteitaan myös suoraan omilla tuotenimillään.¹

NK-Tuote Oy on Suomen johtava täyttöpöytien valmistaja 40 %:n markkinaosuudellaan. Vuonna 2009 yritys valmisti yhteensä 26 kpl täyttöpöytiä. Vuonna 2008 yritys saavutti 60 % markkinaosuuden valmistamalla 36 kpl täyttöpöytiä.¹



Kuva 2. NK-Tuote Oy, Pielavesi [nktuote.com].

¹ Haastattelu: Mika Hiltunen & Pekka Pietikäinen, NK-Tuote Oy, Pielavesi

3 JÄRJESTELMÄTOIMITTAJASUHDE

3.1 Toimittajien merkitys

Varsinaisilla tuotteen valmistajayrityksillä eli toisin sanoen toimittajien asiakasyrityksillä on ohjattavanaan suuri hallintokokonaisuus tuotannossa olevan tuotteen koon mukaan. Isojen tuotteiden valmistuksen ohjaamisen vastuuta yritykset jakavat mielellään toimittajilleen. Yrityksen ostamien nimikkeiden osuus tuotteen valmistuskustannuksista vaihtelee 60–80 %. [2, s. 7 ja 8.]

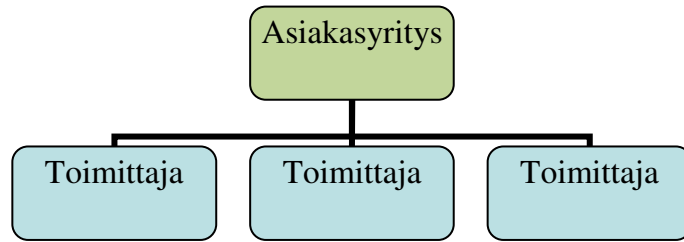
Nykyään asiakasyritykset keskittyvät käytännössä ainoastaan tuotteen loppukokoonpanoon ja muutamien yksittäisten nimikkeiden valmistamiseen, sillä on tehokkaampaa panostaa yrityksen ydinosaamiseen ja antaa valmistuksen sivutyöt valmistuskumppaneille. Tämän myötä toimittajien vastuu korostuu toimitusten onnistumisessa, minkä ansiosta myös toimitusketju pysyy kilpailukykyisenä. Nykyään toimittajan pitää kyetä vastaamaan yhä suurempien kokonaisuuksien hankinnasta, valmistuksesta sekä suunnittelusta. Tällaisten kokonaisuuksien toimittajasta käytetään nimitystä järjestelmätoimittaja. Toimittajan tulee myös huomioida toimitusten oikea-aikaisuus sekä laatu. Toimiva työnjako edellyttää asiakasyrityksen ja toimittajien tiivistä kanssakäymistä. Asiakasyrityksen siirtäessä vastuuta tuotteen valmistuksesta järjestelmätoimittajille sen omat vaikutusmahdollisuudet vähenevät. Näitä yritys voi lisätä asettamalla erilaisia mittareita järjestelmätoimittajille. Nämä mittarit järjestelmätoimittajat puolestaan asettavat omille toimittajilleen. Tällöin laatu pysyy koko toimitusverkoston eri vaiheissa samanlaatuisena, jollaiseksi loppuvalmistaja on sen asettanut. [2, s. 7 ja 8.]

3.2 Verkostoituminen

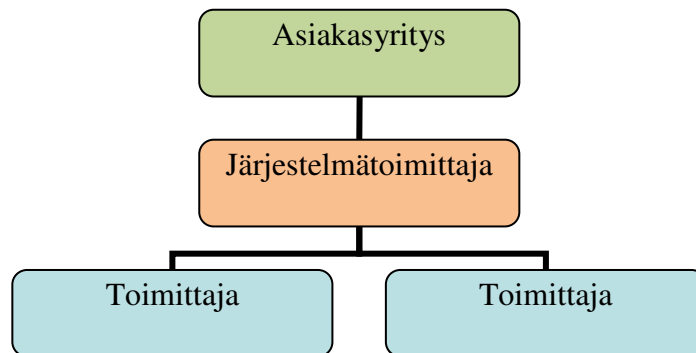
Yrityksen tehokkaan hallinnan ja sen kehittämisen kannalta on yrityksen toimittajien määrä oleellisen tärkeä. On tärkeää optimoida oikea toimittajamäärä, koska mitä suurempi määrä toimittajia on, sitä suuremmat ovat myös ohjaus- ja hallintokustannukset. Näin ollen mahdollisuudet kehittää toimintaa yhteistyössä toimittajien kanssa huononevat. Toimittajien määrä riippuu siitä,

- a) minkälaisina kokonaisuuksina hankinnat tehdään
- b) kuinka monta rinnakkaista toimittajaa on eri hankintakokonaisuuksille.

Yrityksen tehdessä hankintansa tuoterakenteen alimmalla tasolla se käsittelee jokaista lopputuotteen osaa erikseen, jolloin toimittajia on paljon ja näin ollen yritys on hankinnan kannalta vaikeasti ohjattavissa (kuva 3). Hankittavien nimikkeiden määrää ja samalla toimittajien määrää voidaan vähentää hankkimalla ne isompina kokonaisuuksina, joko moduuleina, eri järjestelminä tai setteinä. Moduulien tai järjestelmäratkaisujen käyttö edellyttää näiden huomioimista jo varhaisessa tuotekehitysvaiheessa. Nämä edellä mainitut toimitusratkaisut kuuluvat järjestelmätoimittajille, jotka eivät itse valmista kaikkia valmistuksessa olevien kokonaisuuksien nimikkeitä, vaan käyttävät omia toimittajiaan. Tämä toimintamalli johtaa ketjuuntuneeseen toimitusverkon rakenteeseen (kuva 4). [3, s. 94 ja 95.]



Kuva 3. Yritys ilman järjestelmätoimittajaa [3, s. 94].

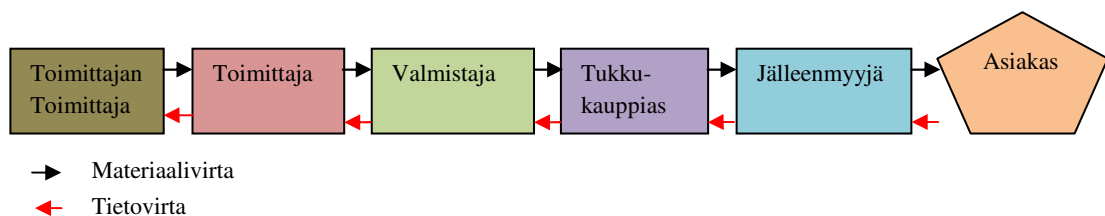


Kuva 4. Ketjutettu toimitusverkosto [3, s. 94].

Verkostotuotannon ensimmäisenä vaiheena luodaan päähankkijan ympärille toimiva verkosto, jossa järjestelmätoimittaja yhdessä verkostotoimittajien kanssa huolehtii päähankkijalle sovitusta tarpeista. Verkostossa toimivien yritysten välillä vallitsee toimitusvarmuus, joka ilmenee yritysten toistensa toimintatapojen ja vaatimusten tuntemisena.

3.2.1 Toimitusketjut

Toimitusketju koostuu kaikista niistä yrityksistä, jotka ovat osallisina tuotteen valmistuksesta sen toimitukseen asiakkaalle. Kuvassa 5 on esitetty yksinkertaistettu malli siitä, kuinka toimitusketju toimii käytännössä. Todellisuudessa toimitusketjun muoto riippuu siitä, että kuinka paljon toimitusketjussa on keskenään toimivia eri osapuolia. Toimitusketjun hallinnan kannalta on tärkeää tarkastella sen tieto- ja materiaalivirtoja raaka-ainelähteiltä koko toimitusketjun läpi aina lopulliselle käyttäjälle saakka. [4, s. 102–106.]



Kuva 5. Toimitusketju [4, s. 103].

3.2.2 Partnerisuhde

Partnerisuhteeksi kutsutaan yritysten välistä suhdetta, jossa toimivien yritysten tavoitteena on muodostaa asiakasyritystensä ja toimittajiensa kanssa aukoton järjestelmä. Partnerisuhteessa yritysten välinen tiedonsiirto käy vaivattomasti ja yritykset tuntevat hyvin toistensa toimintatavat sekä tukevat tarvittaessa yhteistyöyrityksiään.

Partnerisuhteessa molemmat osapuolet ovat samanarvoisia. Näin ollen yritysten välinen kiulu pienenee tai jopa häviää. Tavoitteena on, että molemmat yritykset näkisivät yhteistyökumppaninsa toiminnan tilan ja voisivat näin ennakoita tulevaa. Esimerkiksi yritys A näkee tietokannasta yrityksen B erään tuotteen osan olevan loppumaisillaan ja toimittaa näin hieman etukäteen tuotetta lisää varastoon, jolloin tuotteen osat eivät pääse loppumaan valmistuksessa.

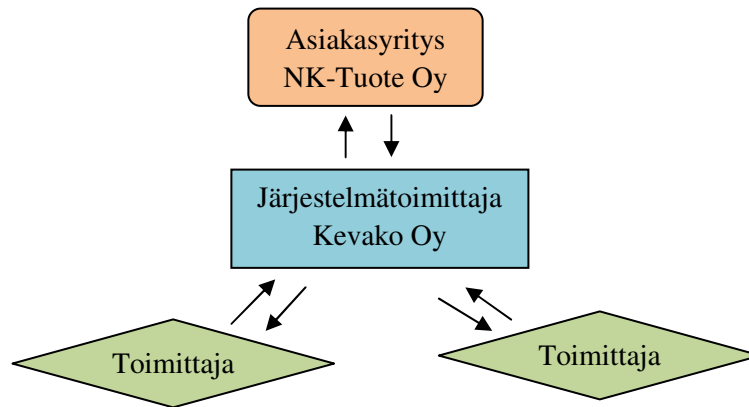
3.3 Järjestelmätoimittaja ja sen hyödyt asiakkaalle

Järjestelmätoimittaja vastaa asiakasyrityksen tuotteen osakokonaisuuden tai koko tuotteen valmistuksesta [2, s. 101]. Järjestelmätoimittaja on suorassa yhteydessä päähankkijaan eli asiakkaaseen, joka on tilannut palvelun tai tuotteen. Järjestelmätoimittajalla on vastuu toimitusverkoston toiminnasta ja sen hallinnasta. Järjestelmätoimittajalla on käytössään omat komponentti-toimittajansa, joiden kanssa se on solminut pitkät kumppanuussuhteet sekä kehittänyt omaa osaamistaan niiden kanssa. Nykyään järjestelmätoimittajan tulee olla aktiivinen myös kansainvälisellä tasolla ja kehittää toimintaansa siellä. [5]

Nykyään järjestelmätoimittajien vastuu on kasvanut näiden ja lopputuotteita valmistavien yritysten välillä, sillä järjestelmätoimittajilta odotetaan yhä suurempaa vastuuta asiakkaan tuotekehitysprosessista. Tällöin järjestelmätoimittajien kehityskyky ja muu aktiivinen toiminta uusien toimintatapojen sekä toimintamallien kehittämisessä korostuvat yhä enemmän. [6]

Järjestelmätoimittajan käytön edellytyksenä on se, kuinka suuri on yrityksen toimittajaverkosto. Pienen yrityksen järjestelmätoimittajatarve riippuu sen toimittajien määristä sekä tilattavien nimikkeiden kappalemääristä. Pienellä metallialan yrityksellä tilattavien nimikkeiden määrä voi olla niin vähäinen, että sillä ei ole tarvetta käyttää järjestelmätoimittajaa. Isompien yritysten on tuotannon kannalta tehokasta siirtyä käyttämään järjestelmätoimittajia, sillä tilattavien nimikkeiden ja toimittajien määrän vähentyessä myös yrityksen ohjaus- ja hallintokustannukset pienenevät.

Yritys, joka käyttää järjestelmätoimittajaa, jakaa vastuuta toimittajien hallinnasta. Vastuun jako selkeyttää ja yksinkertaistaa hankintatoimintaa, mutta toisaalta korostaa suuremman toimitusketjun hallintaa. Toimitusketjun ehtona voidaan pitää joustavaa ja nopeaa reagoitua. Toimitusketjussa on tärkeää, että informaatio kulkee hyvin asiakasyritykseltä järjestelmätoimittajan kautta muille toimittajille (kuva 6). [4, s. 102–106.] Valmistettavat tuotteet räätälöidään loppuasiakkaan asettamien vaatimusten perusteella, minkä myötä tuote- ja projektikohtainen suunnittelu korostuvat.



Kuva 6. Järjestelmätoimittajan toiminta yritysten välillä.

Järjestelmätoimittajalla on myös suuri vastuu asiakasyrityksen tilaaman tuotteen tuotekehityksestä. Tämän vuoksi järjestelmätoimittajan on tunnettava hyvin asiakasyrityksensä liiketoiminta ja vaatimukset sekä yrityksen tulevaisuuden mahdolliset kehityssuunnat. [3, s. 94 ja 95.] Yrityksen, jolla on käytössä ISO 9001 -laadunhallintajärjestelmä, täytyy noudattaa sen sisältämiä kohtia eri järjestelmätoimituksen vaiheista. Nykyään ja tulevaisuudessa järjestelmätoimittajalla on oltava kyky tarjota asiakkaalleen yhä kattavampia palveluratkaisuja tyydyttääkseen asiakkaitensa tarpeita. Järjestelmätoimittajat valmistavat tuotteita asiakkaan tarpeiden mukaan eikä mahdollisten alalla vallitsevien markkinoiden perusteella [7].

Järjestelmätoimittajan hyödyt asiakkaalle

Vanhaan konepajakulttuuriin kuului, että kaikki tuotteen valmistuksessa tarvittavat koneet täytyi olla omassa yrityksessä, jolloin ulkopuolista apua ei tarvittu. Tämä strategiamalli ei nykyään enää toimi yritysmaailmassa, sillä on kannattavampaa keskittää yrityksen ydinosaamiseen. Lopputuotteita valmistavat yritykset kehittävät nykyään hankintatoimiaan siten, että ne hajauttavat tuotteen valmistuksen eri toimittajille, jotka voivat valmistaa suuria määriä tiettyjä tuotteita edullisesti ja nopeasti. Tämä kuuluu yrityksen alihankintastrategiaan, joka on perustana hankintatoimen kehittämiseksi. Alihankintastrategia muodostuu yrityksen tuotantostrategiasta, joka puolestaan suunnitellaan yritysstrategian perusteella. Nämä kaikki kolme strategiaa liittyvät yhteen siten, että yhtä muuttamalla myös toiset muuttuvat. [2, s. 25.]

Nämä suurten osakokonaisuuksien toimittajat eli järjestelmätoimittajat hoitavat koko osakokonaisuuden valmistamiseen tarvittavan toimittajaverkoston toimintaa. Näin varsinaiselle loppukokoonpanoyritykselle eli asiakasyritykselle jää vain järjestelmätoimittajan välinen tilaus-toimitusprosessi. [2, s. 67–69.] Järjestelmätoimittajien käyttö pienentää asiakasyritysten valmistus- ja hallintokustannuksia [3, s. 94 ja 95]. Järjestelmätoimittajien täytyy tuntea asiakasyrityksensä hyvin, sillä ne myös vastaavat valmistamansa tuotteen kehittämisestä. Tärkeää järjestelmätoimittajasuhteen toiminnan kannalta on yritysten välinen aukoton yhteistyö, jossa toimitukset sujuisivat joustavasti ilman ongelmia. [2, s. 67–69.] Asiakasyritykset voivat valvoa tuotantoa asettamalla järjestelmätoimittajille mittareita, jotka ne asettavat omille toimittajilleen. Näin tuotteen laatu pysyy asiakasyrityksen vaatimalla tasolla. [2, s. 7 ja 8.]

3.4 ISO 9001 -laadunhallintajärjestelmä

Järjestelmätoimittajana toimivassa yrityksessä, jossa on käytössä ISO 9001 -laadunhallintajärjestelmä, tulee yrityksen ottaa huomioon ISO 9001:n asettamat kohdat järjestelmätoimittajasuhteeseen kuuluvia asetuksia. Tässä kappaleessa on esitetty keskeisimmät ISO 9001 -laadunhallintajärjestelmästandardin kohdat, jotka koskevat erityisesti järjestelmätoimittajan ja tämän asiakasyrityksen välistä toimintaa.

3.4.1 Asiakkaaseen liittyvät prosessit

Tärkeimpänä järjestelmätoimittajasuhdetta koskevaa ISO 9001 -laadunhallintajärjestelmän asiana voidaan pitää standardin kohtaa 7.2 asiakkaaseen liittyvät prosessit. Standardin osa sisältää kolme eri asiakohtaa. [8]

Ensimmäisenä kohtana (ISO 9001 7.2.1) standardi sisältää tuotteeseen liittyvien vaatimusten määrittämisen. Organisaation tulee standardin mukaan määrittää

- a) asiakkaan määrittelemät vaatimukset, mukaan lukien toimitusehdot ja toimituksen jälkeiset toimenpiteet
- b) vaatimukset, joita asiakas ei ole ilmaissut mutta joita tuotteen määritely tai aiottu käyttötarkoitus edellyttää, mikäli se on tiedossa
- c) tuotetta koskevat lakien ja viranomaisten vaatimukset
- d) kaikki lisävaatimukset, jotka organisaatio katsoo tarpeellisiksi. [8]

Lisäksi toimituksen jälkeisiin toimenpiteisiin sisältyvät esimerkiksi takuuvaatimuksiin liittyvät toimet, sopimukseen liittyvät sitoumukset, kuten kunnossapitopalvelut, ja lisäpalvelut, kuten kierrätys tai loppusijoitus. [8]

Toisena kohtana (ISO 9001 7.2.2) standardissa on tuotteeseen liittyvien vaatimusten katselmus. Organisaation tulee katselmoida tuotteeseen liittyvät vaatimukset. Katselmus tulee tehdä ennen kuin organisaatio sitoutuu toimittamaan tuotteen asiakkaalle (esim. ennen tarjouksen jättämistä, sopimuksen tai tilauksen tai niiden muutosten hyväksymistä). Katselmuksessa tulee varmistaa, että

- a) tuotevaatimukset määritellään
- b) eroavuudet selvitetään, jos sopimuksen tai tilauksen vaatimukset poikkeavat aikaisemmin esitetyistä
- c) organisaatio kykenee täyttämään määritellyt vaatimukset. [8]

Katselmuksen tuloksista ja katselmuksen johdosta suoritetuista toimenpiteistä tulee ylläpitää tallenteita (ISO 9001 4.2.4). Jos asiakas ei toimita vaatimuksiaan kirjallisesti, organisaation tulee vahvistaa asiakasvaatimukset ennen niiden hyväksymistä. Jos tuotevaatimukset muuttuvat, organisaation tulee varmistaa, että asiaan liittyvät asiakirjat muutetaan vastaavasti ja että asianosaisille henkilöille tiedotetaan muuttuneista vaatimuksista. Lisäksi joissakin tapauksissa, esimerkiksi Internetin kautta tapahtuvassa kaupassa, jokaisen tilauksen muodollinen katselmus on epäkäytännöllistä. Katselmus voidaan sen sijaan tehdä tuoteinformaatiolle, kuten luetteloille tai mainosmateriaalille. [8]

Kolmantena standardin kohtana (ISO 9001 7.2.3) on viestintä asiakkaan kanssa. Organisaation tulee määrittää ja toteuttaa vaikuttavat järjestelyt asiakkaan kanssa käytävään viestintään, johon kuuluvat

- a) tuoteinformaatio
- b) tiedusteluja, sopimusten tai tilausten ja niiden muutosten käsittely
- c) asiakaspalaute, mukaan lukien asiakasvalitukset. [8]

3.4.2 Suunnittelu ja kehittäminen

Suunnittelu ja kehittäminen ovat toinen keskeisistä ISO 9001 -laadunhallintajärjestelmän standardin asettamista asiakokonaisuuksista, jotka kuuluvat järjestelmätoimittajasuhteeseen. Suunnittelu ja kehittäminen (ISO 9001 7.3) on jaettu yhteensä seitsemään asiakohtaan. [8]

Ensimmäinen standardin kohta on suunnittelun ja kehittämisen suunnittelu (ISO 9001 7.3.1), jossa organisaation tulee suunnitella ja ohjata tuotteen suunnittelua ja kehittämistä. Suunnittelun ja kehittämisen suunnittelun yhteydessä organisaation tulee määritellä

- a) suunnittelun ja kehittämisen eri vaiheet
- b) katselmukset, todennukset ja kelpuutukset, jotka ovat tarkoituksen mukaisia suunnittelun ja kehittämisen eri vaiheissa
- c) suunnittelua ja kehittämistä koskevat vastuut ja valtuudet. [8]

Organisaation tulee myös ohjata suunnitteluun ja kehittämiseen osallistuvien ryhmien vuorovaikutusta, jotta se voisi varmistaa vaikuttavan viestinnän ja vastuiden selkeän määrittelyn. Suunnittelun tulokset tulee päivittää suunnittelun ja kehittämisen edistymisen myötä tarpeen mukaan. Suunnittelun ja kehittämisen katselmoinnilla, todentamisella ja kelpuuttamisella on kullakin eri tarkoitus. Ne voidaan suorittaa ja tallentaa erikseen tai ne voidaan yhdistää millä tahansa tuoteseen ja organisaatiolle sopivalla tavalla. [8]

Toinen standardin kohta on suunnittelun ja kehittämisen lähtötiedot (ISO 9001 7.3.2), jossa tuotteen vaatimuksiin liittyvät lähtötiedot tulee määrittää ja tallentaa (ISO 9001 4.2.4). Näihin lähtötietoihin tulee sisällyttää

- a) toiminnalliset ja suorituskykyä koskevat vaatimukset
- b) tuotetta koskevat lakien ja viranomaisten vaatimukset
- c) vastaavanlaisista aikaisemmista suunnitelmista kerätty informaatio, silloin kun se on tarkoituksenmukaista
- d) muut suunnittelun ja kehittämisen kannalta olennaiset vaatimukset. [8]

Lähtötietojen asianmukaisuus tulee katselmoida. vaatimusten tulee olla kattavia ja yksiselitteisiä eivätkä ne saa olla ristiriidassa keskenään [8].

Kolmas standardin kohta on suunnittelun ja kehittämisen tulokset (ISO 9001 7.3.3), jossa suunnittelun ja kehittämisen tulosten tulee olla sellaisessa muodossa, että niitä voidaan verrata suunnittelun ja kehittämisen lähtötietoihin. Ne tulee hyväksyä ennen julkaisemista. [8]

Suunnittelun ja kehittämisen tulosten tulee

- a) täyttää suunnittelun ja kehittämisen lähtötietojen vaatimukset
- b) tuottaa asian mukaista informaatiota ostotoimintoja, tuotantoa ja palveluiden tuottamista varten
- c) sisältää tuotteen hyväksymiskriteerit tai viittaukset niihin
- d) määrittää ne tuoteominaisuudet, jotka ovat olennaisia tuotteen turvallisen ja asianmukaisen käytön kannalta. [8]

Standardin kolmannessa kohdassa sanotaan lisäksi, että tuotantoa ja palvelujen tuottamista käsittelevä informaatio voi sisältää tietoja tuotteen säilytyksestä [8].

Standardin kohdassa neljä suunnittelun ja kehittämisen katselmus (ISO 9001 7.3.4) kerrotaan, että suunnittelun ja kehittämisen järjestelmälliset katselmuksia tulee pitää suunniteltujen järjestelyjen mukaisesti (ISO 9001 7.3.1) sopivissa vaiheissa. Katselmuksissa

- a) arvioidaan suunnittelun ja kehittämisen tulosten kykyä täyttää vaatimukset
- b) tunnistetaan mahdolliset ongelmat ja ehdotetaan tarvittavia toimenpiteitä. [8]

Näissä katselmuksissa tulee olla läsnä edustajat niistä suunnittelu- ja kehitysvaiheen toiminnosta, jotka ovat katselmuksen aiheena. Katselmusten tuloksista ja tarvittavista toimenpiteistä tulee ylläpitää tallenteita (ISO 9001 4.2.4). [8]

Standardin kohta viisi on suunnittelun ja kehittämisen todentaminen (ISO 9001 7.3.5). Todentaminen tulee suorittaa suunniteltujen järjestelyjen (ISO 9001 7.3.1) mukaisesti, jotta suunnittelun ja kehittämisen tulosten varmistetaan täyttävän lähtötietojen vaatimukset. Todentamisen tuloksista ja tarvittavista toimenpiteistä tulee ylläpitää tallenteita (ISO 9001 4.2.4). [8]

Standardin kohta kuusi on suunnittelun ja kehittämisen kelpuus (ISO 9001 7.3.6). Suunnittelun ja kehittämisen kelpuus tulee suorittaa suunniteltujen järjestelyjen (ISO 9001 7.3.1) mukaisesti, jotta varmistetaan, että valmis tuote täyttää määriteltyjen tai aiottuun käyttötarkoitukseensa liittyvät vaatimukset, mikäli käyttötarkoitus on tiedossa. Kelpuus tulee tehdä ennen tuotteen toimittamista tai käyttöönottoa, mikäli se on käytännössä mahdollista. Kelpuutuksen tuloksista ja tarvittavista toimenpiteistä tulee ylläpitää tallenteita (ISO 9001 4.2.4). [8]

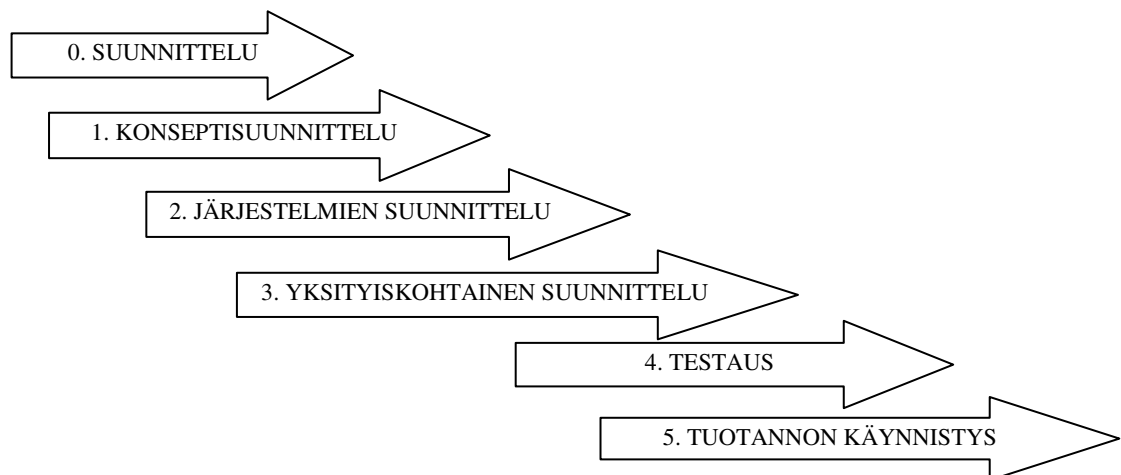
Viimeisessä standardin kohdassa seitsemän suunnittelun ja kehittämisen muutosten ohjaus kerrotaan, että suunnittelun ja kehittämisen muutokset tulee tunnistaa ja niistä tulee ylläpitää tallenteita. Muutokset tulee katselmoida, todentaa ja kelpuuttaa soveltuvin osin sekä hyväksyä ennen niiden toteuttamista. Suunnittelun ja kehittämisen muutosten katselmuksissa tulee arvioida muutosten vaikutus tuotteen osiin ja jo toimitettuun tuotteeseen. Muutosten katselmusten tuloksista ja tarvittavista toimenpiteistä tulee ylläpitää tallenteita (ISO 9001 4.2.4). [8]

3.5 Tuotteistaminen

Järjestelmätoimittaja tarjoaa asiakasyritykselle tuotteistamispalvelua, joka käsittää monia eri vaiheita. Tuotteistamisen laajuus sovitaan sopimuksen laadinnan yhteydessä asiakkaan ja yrityksen kesken. Tuotteistamisen tarkoituksena on määrittää tuotteen sisältö ja valmistukseen liittyvät asiat, mutta se voi sisältää myös täydentäviä ja tuotteistamista tukevia asioita.

3.5.1 Tuotekehitysprosessi

Suurissa yrityksissä on määritelty hyvin tarkkaan, miten tuotekehitysprosessit suunnitellaan ja toteutetaan. Tuotekehitysprosessin (kuva 7) ollessa itse jatkuvassa kehityksessä ovat myös sen eri yksityiskohdat ja vaiheet muodostuneet erilaisiksi saman toimialan yrityksissä. Tuotekehitysprojehti pitää pyrkiä erottamaan sitä kuvaavasta yleistetystä tuotekehitysprosessista. Tuotekehitysprosessin vaiheet etenevät hyvin pitkälti samanaikaisesti, toisin kuin kuvassa seitsemän on esitetty. [9, s.253–257.]



Kuva 7. Yleistetty tuotekehitysprosessi [9, s. 254].

Tuotekehitysprosessin ensimmäisessä vaiheessa asetetaan tärkeimmät tavoitteet ja reunaehdot, joita ovat mm. tuotevaatimukset, markkina-alue, aikataulu sekä taloudelliset tavoitteet [9, s. 253–257].

Prosessin toinen vaihe on selvittää tuotteelle asetetut vaatimukset ja hakea niihin eri ratkaisuvaihtoehtoja eli konsepteja. Tämä vaihe on tuotekehitysprosessin luovim vaihe. Siinä määritettyjen ratkaisujen perusteella määräytyvät tuotteen minimikustannukset. [9, s. 253–257.]

Kolmas vaihe on järjestelmien suunnittelu, jossa konseptin valinnan jälkeen suunnitellaan tuotteen arkkitehtuuri, alikokoonpanot, modulaarisuus, ulkomitat ja muotoilu. Tässä vaiheessa markkinointi ja valmistus kytkeytyvät entistä kiinteämmin mukaan prosessiin. [9, s. 253–257.]

Neljäs vaihe eli yksityiskohtainen suunnittelu on viimeinen suunnitteluvaihe, jossa määritellään tarkasti tuotteen kokoonpanoon liittyvät sekä osien valmistuksen kannalta tärkeät asiat kuten materiaalit ja toleranssit [9, s. 253–257].

Viides prosessin vaihe on testaus, missä tuotetta testataan prototyypin avulla. Prototyypillä pyritään ensisijaisesti selvittämään tuotteen toimivuus käytännössä. [9, s. 253–257.]

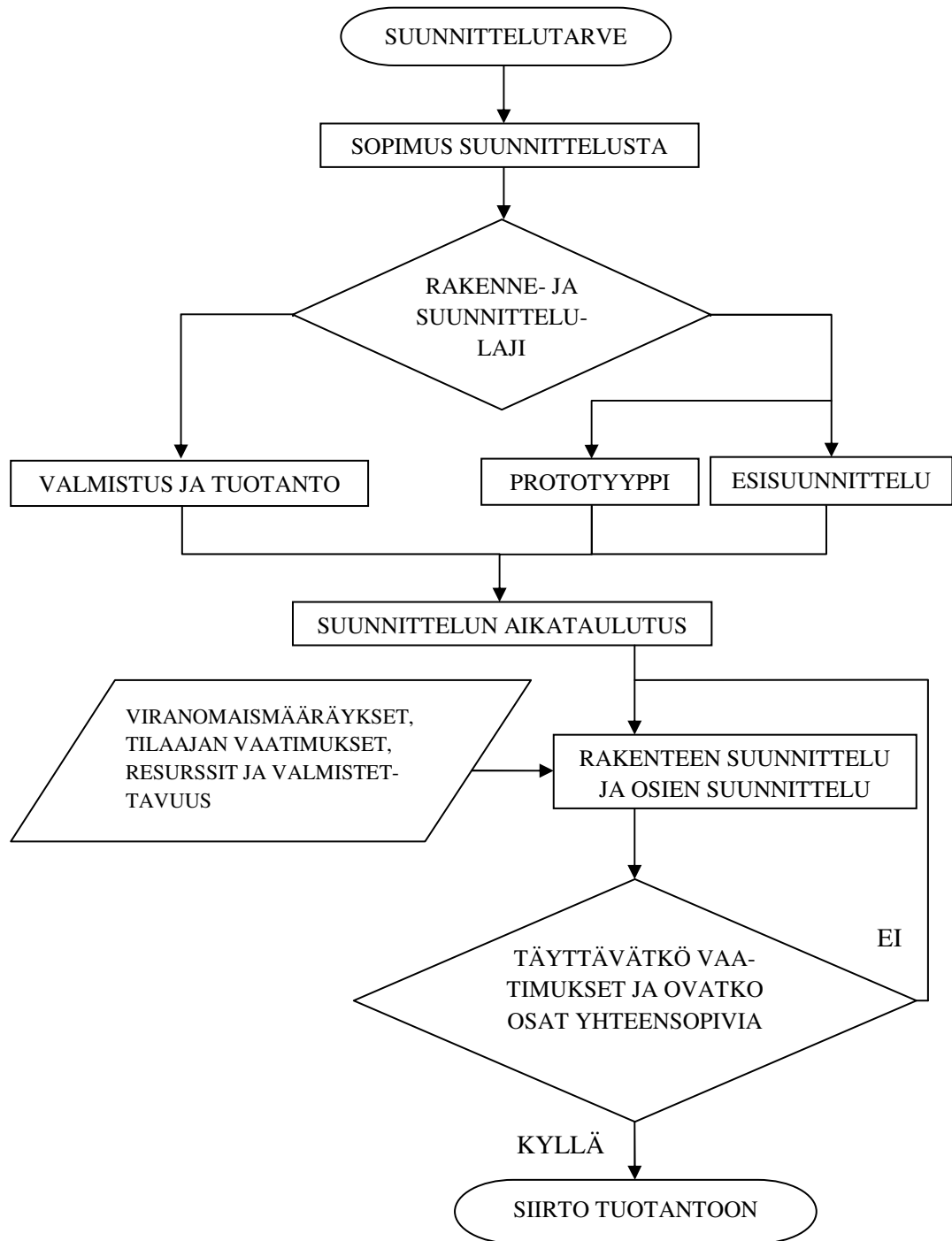
Viimeinen kuudes vaihe on tuotannon käynnistämisvaihe, johon tuotekehitysprosessi päättyy. Tuotteesta valmistetaan tässä vaiheessa ensimmäinen 0-sarjan eli koesarjan tuote, jolla testataan tuotantolinjaa sekä koulutetaan työntekijöitä. [9, s. 253–257.]

3.5.2 Suunnittelupalvelu

Suunnittelupalvelu on yksi tuotteen valmistusta ja kehittämistä tukevia järjestelmätoimittajan tarjoamia palveluja, jossa järjestelmätoimittaja tarjoaa asiakkaalleen tämän mukaan erilaista suunnittelua suunnittelutarpeesta riippuen. Suunnittelupalvelu kuuluu myös tuotteistamiseen kuuluviin toimintoihin. Mikäli yrityksessä on käytössä ISO 9001 -laatu järjestelmä, sen täytyy noudattaa standardin asettamia vaatimuksia tuotteen suunnittelusta ja kehittämisestä (ISO 9001 7.3). Suunnittelupalveluun sisältyvä ylläpitosuunnittelu käsittää tuotteeseen kuuluvien dokumenttien päivitykset, kuten esimerkiksi tuotteen piirustuksiin tehtävät korjaukset ja päivitykset. Suunnittelupalvelu sisältää myös valmistussuunnittelun, joka käsittää tuotteen valmistukseen tarvittavien asioiden ja toimintojen suunnittelun, kuten esimerkiksi materiaalin käytön ja mahdollisten hitsausjigien suunnittelun. [8]

Rajapintana asiakkaaseen suunnittelussa voidaan pitää asiakkaan tilauksessaan asettamia vaatimuksia tuotteelle. Asiakkaan vaatimuksista käy ilmi kaikki oleellinen tuotteen suunnittelun kannalta. Asiakkaan asettamat vaatimukset tulee pystyä sisällyttämään tuotteen suunnittelussa muihin tuotetta koskeviin vaatimuksiin.

Suunnittelu käynnistyy suunnittelutarpeesta, joka asiakkaalla on olemassa tuotetta kehittäessään. Tämän jälkeen yritys tekee asiakkaan kanssa suunnittelusta sopimuksen, jossa sovitaan suunnittelutarpeesta. Sopimuksessa käy muun muassa ilmi suunnittelun rakenne ja suunnittelulaji. Suunnittelulaji voi olla valmistus ja tuotanto, prototyyppi tai esisuunnittelu. Suunnittelurakenteen selvittyä suunnitteluprosessi aikataulutetaan. Tämän jälkeen alkaa varsinainen suunnittelutyö, jossa otetaan huomioon kaikki tarvittavat viranomais määräykset, tilaajan asettamat vaatimukset, käytössä olevat resurssit sekä valmistettavuus. Viimeisessä vaiheessa tarkastetaan suunnitelmien vaatimukset, ennen kuin ne luovutetaan asiakkaalle. Mikäli joitakin puutteita ilmenee, suunnitelma palautetaan takaisin suunnittelupöydälle (kuva 8). [8]



Kuva 8. Rakenne, suunnittelun vuokaavio.¹

¹Sami Pentikäinen, Kevako Oy, LUT

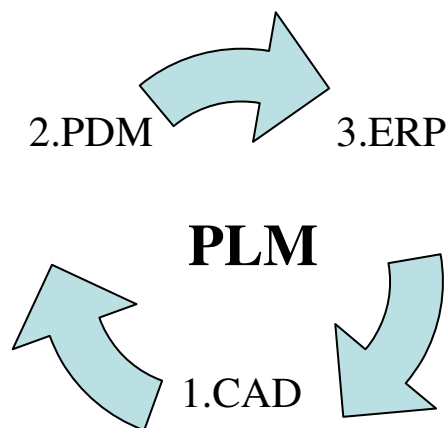
3.5.3 Valmistuksen hallinta

Valmistuksen hallinta on järjestelmätoimittajasuhteessa järjestelmätoimittajan vastuulla. Vastuu valmistuksen hallinnasta kuuluu yleensä järjestelmätoimittajayrityksessä työskentelevälle tuotannonohjaajalle. Valmistuksen ohjauksen yksityiskohdat vaihtelevat yrityksittäin ja näin ollen toimintatavoissa on eroja eri yritysten välillä.

Järjestelmätoimittajan täytyy valmistaa tarkalleen asiakasyrityksen vaatimusten mukaisia tuotteita, jotka annetaan tuotannolle valmistettavaksi työmääräimillä. Työmääräimistä tulee käydä ilmi kaikki valmistuksen kannalta tarvittavat asiat. Asiakasyritys on tarvittaessa velvollinen perehdyttämään järjestelmätoimittajan tuotantohenkilöstöä uuden tuotteen valmistuksessa. Tarvittavat muutokset tulee tehdä mahdollisimman nopeasti, jotta tuotanto ei valmista viallista tuotetta varastoon. Valmistuksen hallinnan kannalta on erityisen tärkeää nopea tiedon kulku yritysten välillä.

3.5.4 Tuotteen liittäminen PDM-järjestelmään

PDM-järjestelmällä tarkoitetaan eräänlaista varastoa, johon syötetään CAD-ohjelmilla tuotettua tietoa eli yleensä tuotteen piirustuksia. Suunnittelun saadessa tuotteen dokumentit valmiiksi ne syötetään PDM-järjestelmään, josta niitä voidaan käyttää toiminnanohjaus- eli ERP-järjestelmässä. Nämä kaikki kolme eri ohjelmaa voidaan myös linkittää yhteen, jolloin puhutaan PLM -järjestelmästä (kuva 9). PLM-järjestelmän avulla voidaan esimerkiksi suunnittelussa tarkastella tuotteen mahdollista hintaa, kun voidaan katsoa tietoja PDM- ja ERP-järjestelmistä. PDM-järjestelmässä tietoa käsitellään nimikkeiden avulla, jotka on annettu jokaiselle eri osalle tai tietylle kokonaisuudelle. [10]



Kuva 9. PLM-järjestelmä.

Asiakkaan tilaaman tuotteen valmistuksenohjaus voidaan hoitaa yritysten välillä eri tavoilla. Ensimmäisessä toimintamallissa asiakkaalla on käytössä sama tuotannonohjausjärjestelmä kuin järjestelmätoimittajalla, jolloin tuotetiedot voidaan siirtää helposti yrityksestä toiseen. Toisessa toimintamallissa käytössä ovat Web-tyyppiset ratkaisut, joilla tuotetiedot voidaan siirtää Internetin kautta yrityksestä asiakkaalle ja toisinpäin asiakkaalta yritykseen. Web-tyyppisiä PDM-järjestelmiä käytetään tavallisen Internet-selaimen avulla. [10]

4 MODULAARINEN TUOTERAKENNE

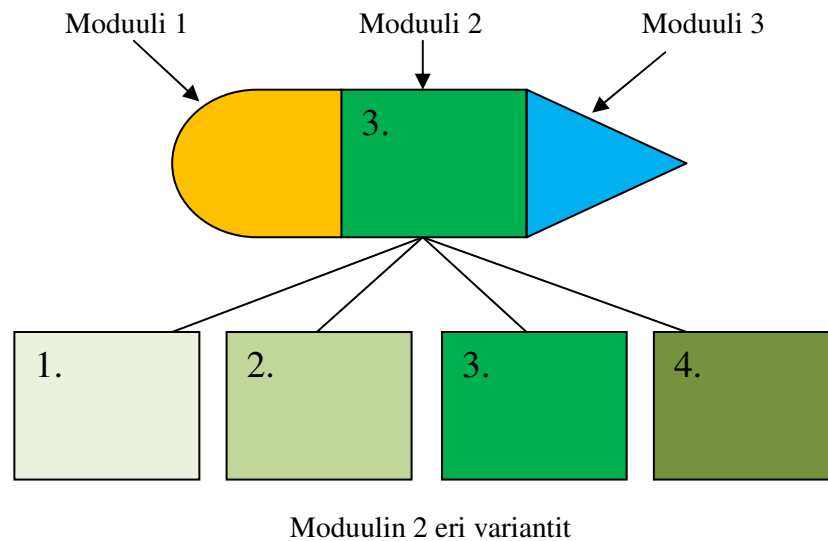
Kun yritys valmistaa tuotettaan täysin asiakaslähtöisesti räätälöimällä, ovat yrityksen ylläpito-kustannukset korkeat ja tuotteen toimitusajat pitkät hitaan toimitusprosessin seurauksesta. Kun yrityksen valmistamat tuotteet sisältävät paljon eri nimikkeitä, muodostuu ainoastaan tuotteiden nimikkeiden varastoinnista suuri yksittäinen kustannuserä, mitä on todella vaikea kehittää ilman suurempaa tuotannon muutosta. Tuotteen valmistuksen kannalta on tärkeää vähentää tuotteen eri variaatioiden määrää, lyhentää toimitusaikoja sekä vähentää ja siirtää tuotteen asiakaskoh-taista räätälöintiä myöhempään valmistusvaiheeseen. [2, s. 22 ja 23.]

Ratkaisuna liialliseen tuotteen eri variaatioihin on modulaarinen tuoterakenne. Moduloidun tuoterakenteen ansiosta yritys voi tilaus-toimitusprosesseissa valmistaa ja toimittaa tuotteitaan ilman hidasta jokaisen asiakkaan tilauskohtaista räätälöintiä. Tällöin yrityksen varastot pienene-vät, sillä varastossa on ainoastaan volyymikomponentteja, jotka sopivat moneen eri tuotteeseen. [2, s. 22 ja 23.] Moduulien elinkaaret voivat olla myös itse tuotteen elinkaarta pidempiä. Modu-laarisella tuoterakenteella pyritään saamaan aikaan tehokas tuoterakenne, joka kattaisi mahdolli-simman laajalti asiakaskunnan tarpeita. Tuotteiston modulaarisuudessa tietyt ominaisuudet liite-tään aina tiettyihin moduulivariantteihin. Näin tuotteen eri variaatioita voidaan helpommin halli-ta sekä muodostaa niistä haluttuja tuotekokonaisuuksia. Tuotteita moduloimalla voidaan käyttää eri tuotteissa samoja moduuleita, jolloin voidaan hyödyntää toistuvuuden tuomia etuja. Yksittäi-sillä asiakkailla tai pienillä asiakasryhmillä on erilaiset tarpeet ja toiveet tuotteesta, mutta 95-prosenttisesti ne ovat samanlaiset kuin muilla asiakkailla. [7][11][12]

4.1 Modulointi ja modulaarisuus

Käsitteenä moduuli määritellään standardisoiduksi yksiköksi, joka on yhdistettävissä tuotteen toisiin moduuleihin. Modulaarisuudella tarkoitetaan olemassa olevien moduulien pohjalta suunniteltavien varianttien luomista. Tuotteen moduloinnin avulla voidaan rajatusta moduulivali-koimasta muodostaa jokaiselle asiakkaalle sopivia räätälöityjä tuotteita. Jokaisella eri moduulil-la on olemassa eri moduulivaihtoehtoja eli variantteja, joilla on keskenään erilaisia toimintoja. Varianttien rajapinnat ovat standardoituja eli samanlaisia, joten ne ovat vaihtokelpoisia keske-nään. Pääperiaatteena moduloinnissa on, että jokaisella moduulilla on keskenään vaihtokelpoisia variantteja. [7][12]

Asiakas valitsee tuotteen jokaisesta moduulista itselleen sopivimman variantin (kuva 10). Mo-duuleista rakennettavien keskenään erilaisten tuotteiden määrä voidaan laskea kertomalla eri varianttien määrät keskenään. Esimerkiksi jos tuotteella on kolme moduulia ja jokaisella mo-duulilla on neljä eri varianttia, saadaan (4 x 4 x 4) 64 keskenään erilaista tuotetta (kuva 10). [11]



Kuva 10. Moduloitu tuote, jonka keskimmaisella moduulilla on neljä eri varianttia [11, s. 19].

Tuotteen asiakaskohtainen räätälöinti voi tulla kyseeseen jossakin moduulin sisäisessä yksityiskohdassa. Moduulien vakioituihin rajapintoihin yksityiskohtainen räätälöinti ei saa vaikuttaa, mutta moduulin sisäisiin ominaisuuksiin asiakaskohtaista räätälöintiä voidaan tehdä. [11, s. 19.]

Tuotteen modulointi on yrityksen kannalta strateginen valinta, jolla yritys voi tehdä suuria siirtoja. Tuotteen moduloinnin suunnittelussa on otettava huomioon asiakkaan, suunnittelun, valmistuksen sekä logistiikan tarpeet. [11, s. 19.]

Käsitteenä modulointi sisältää tuotekonseptin, moduulit, tuotteensuunnittelualustan sekä rajapinnat. Moduulien muodostamisen kannalta oleellisesti tärkeitä käsitteitä ovat tuoterakenne, kehittämistarve sekä variointitarve. [11, s. 19.]

4.1.1 Modulointimenetelmiä

Ensimmäisenä ennen tuotteen moduloimista tulee selvittää, voidaanko tuotetta moduloida vai täytyykö suunnitella täysin uusi tuote vanhan pohjalta. Modulointi yleensä heikentää tuotteen rakenteen lujuutta, joten vanhaan tuotteeseen sitä ei välttämättä voida suoraan soveltaa. [12] Tuotteen modulointi edellyttää korkealaatuista tuotekehitystä [13].

Moduulirakenteet ovat hierarkkisessa järjestyksessä kuvattuja moduuleita, alikokoonpanoja sekä yksittäisiä komponentteja. Moduulijärjestelmään kuuluvat toiminto- ja rakennemuodulit. Toimintomuodulit näyttävät asiakkaalle tuotteen tekniset ominaisuudet. Rakennemuodulit koostuvat valmiista tuotteen kokoonpano-osakokonaisuuksista. [12]

Yhtenä vaihtoehtoisena menetelmänä moduloinnissa on tuoteperhe-ajattelumalli, jossa tuotteella on yksi yhteinen tuotealusta, johon liitetään yhteiset ja varioitavat osat sekä moduulit. Tuoteperhe muodostuu tuotteista, joilla on sama alusta mutta joilla on omat ominaisuutensa asiakkaiden tarpeiden mukaan. [12]

Platform-ajattelumalli on toinen tuotteen moduloinnin toimintamalli, joka koostuu modulaarisesta arkkitehtuurista, vakioiduista rajapinnoista sekä standardeista. Tässä ajatusmallissa tuotteen alusta pyritään pitämään sellaisena, että uudet ja vanhat moduulit pysyvät vaihtokelpoisina

siihen. Vanhan alustan tullessa elinkaarensa päähän täytyy uuden alustan suunnittelussa ottaa huomioon vanhojen moduuleihin vaihtokelpoisuus. [12]

Modulaaristen tuoteperheiden kehittämisen avuksi on olemassa MFD-tuotekehitysmenetelmä, joka koostuu viidestä päävaiheesta. Päävaiheita ovat

1. Asiakstarpeiden selvittäminen
2. Teknisten ratkaisujen valinta
3. Modulaaristen konseptien muodostaminen
4. Modulaaristen konseptien arviointi
5. Moduulikohtainen suunnittelu. [12]

Päävaiheita ei ole tarkoitus käydä läpi järjestelmällisesti, vaan niitä voidaan yhdistellä tai joitakin vaiheita voidaan jättää huomioimatta. [12]

4.1.2 Moduloinnin tulokset

Moduloinnin vaikutukset eivät välttämättä heti näy isona tuloksena yrityksen kassassa, vaan tulos näkyy vasta pidemmällä ajanjaksolla. Heti havaittavia moduloinnin hyötyjä ovat lähinnä kustannuslaskennan sekä tuotteen valmistuksenhallinnan yksinkertaistuminen. Tuotteen moduloinnilla kevenyy myös hankintatoimi, koska tuote on jaettu selkeisiin kokonaisuuksiin, jolloin hankinnoissa ei ole suuria muutoksia. [13]

Modulointi mahdollistaa tuotteen viennin alihankintaan, mikä keventää tuotteen hallintoa edelleen. Alalla on käytössä moduloinnista termi mustalaatikko, missä toimittaja vastaa täysin valmistamastaan ja toimittamastaan moduulista. Moduloinnin ansiosta tuotteen huolto helpottuu purettavan rakenteen vuoksi, johon on nopeasti saatavilla vaihtokelpoisia osia. Myös tuotteen kehittäminen on moduloinnin jälkeen helpompaa yksinkertaisen rakenteen ja vaihtokelpoisten moduulien myötä. Näin moduuleja voidaan kehittää pienempinä yksittäisinä kokonaisuuksina. Suurimpana erona vanhaan käytäntöön on moduulirakenteen tuoma toimitusvarmuus, joka ilmenee lyhentyneinä toimitus- ja läpimenoaikoina. [13]

4.2 Moduulirakenteen käyttökohteet

Moduulirakenteen myötä tuote voidaan valmistaa ja toimittaa ilman asiakkaan tilauskohtaista räätälöintiä, joka hidastaa huomattavasti toimitusprosessia. Moduulirakenteen käytöllä pyritään vähentämään tuotteen eri osien lukumäärää ja hyödyntämään käytössä olevia moduuleita muissa tuotteissa.[6] Moduloitua tuoterakennetta voidaan käyttää mm. sellaisissa tuotteissa, joiden varsinainen runko on aina samankaltainen, mutta siihen liitettävien tai liittyvien osien, osakokonaisuuksien tai näiden mittojen vaihtelevuus hidastaa liikaa tuotannon läpimenoaikoja ja näin ollen toimituksia. Tämentyypiset tuotteet moduloidaan järkeviin standardikokonaisuuksiin, joita voidaan tarvittaessa räätälöidä asiakkaan tarpeiden mukaan. Räätälöinnin tulee kuitenkin olla moduulin sisäistä räätälöintiä, jotta moduulin vakioituihin rajapintoihin ei tule muutoksia. [11, s. 15.]

4.3 Moduulirakenteen edut ja haitat

Moduloinnilla saavutetaan lähinnä vain etuja, mikäli yrityksen valmistaman tuotteen menekki edellyttää moduulirakennetta. Moduulirakenne toimii silloin kun tuotteella on kysyntää ja sen

tydyttämiseksi tarvitaan nopeaa ja varmaa toimitusta. Moduulirakenne ei ole tarpeellinen yksinkertaisille pienen sarjakoon tuotteille. Moduloinnin etuja ovat mm.

- suunnittelutyön selkeytyminen
- suunnittelun dokumenttien informaation haun väheneminen
- tuotteen osien lukumäärän väheneminen
- suunnittelun sekä tuotantokapasiteetin väheneminen
- tuotteen laadun parantuminen
- laatuvirheiden vähentyminen
- tuotannon havainnoinnin ja ohjauksen helpottuminen
- yksikköaikojen lyheneminen
- tuotteen läpimenoajan lyheneminen.

Moduulirakenteen haittana voidaan pitää valmistuksen yksipuoleisuutta, joka voidaan kuitenkin korjata kierrättämällä työvoimaa eri tuotantosolujen välillä. [7]

4.4 Standardointi

Tuotteen standardointi on moduloinnin edellyttämä toimenpide, koska moduloitu tuote koostuu standardoiduista moduulikokonaisuuksista. Eri moduulien rajapintojen täytyy siis olla standardoituja, jotta ne ovat keskenään vaihtokelpoisia. [7]

Standardointia voidaan käyttää yrityksissä monissa eri kohteissa. Yritysstandardi on yrityksen toimintaa standardoiva, missä hallitaan ja määritetään yleiset käytännön asiat sekä ostettavat komponentit.[7]

Standardi voidaan jakaa yrityksen sisällä seuraaviin kokonaisuuksiin:

- materiaalit ja tarvikkeet
- komponentit ja osto-osat
- settiosat (vakiot kokonaisuudet, esim. rengassarja)
- tuotteet ja osat, joista moduulit kootaan. [7]

Tuotteen sisäisellä standardoinnilla tarkoitetaan tuotteessa käytettävien komponenttien vakioimista, jolla pyritään vähentämään nimikkeitten määrää. Tuotteen standardoinnilla pyritään käyttämään eri tuotteissa samoja materiaaleja, osia ja komponentteja. Standardointi vähentää tuotteen nimikkeitten määrää ja säästää näin yrityksen tuotetiedonhallintajärjestelmän kapasiteettia ja sen hoitoon käytettyä aikaa. Standardointi voi myös tarkoittaa tuotteen muotojen, valmistusmenetelmien sekä valmistuksessa käytettävien työkalujen standardoimista. [7]

Tyypillisiä standardikomponentteja ovat pienet osat, kuten ruuvit ja mutterit. Näitten pienien komponenttien valikoimaa standardoimalla yritys muodostaa itselleen juuri sopivan valikoiman kyseisiä osia, joita yritys voi käyttää mahdollisimman monessa eri kohteessa. [7]

Tuotetta standardoitaessa on kuitenkin muistettava, että standardointi edellyttää koko tuotannon tarkastelua, sillä ainoastaan yksittäisen tuotteen tai työvaiheen lopputulos voi olla tulokseltaan huono. Tästä syystä standardoinnilla pyritään kattamaan mahdollisimman suuri osa tuotannosta, jotta tulos olisi paras mahdollinen. Myös pienillä tuotteen sisäisillä standardoinneilla voidaan saada aikaan hyvä tulos, sillä pienikin toimenpide voi olla tärkeä tuotannon kannalta. [12]

5 KEVAKO OY:N JA NK-TUOTE OY:N YHTEISTYÖSUHDE

Insinööriyön yhtenä osa-alueena oli selvittää miten käytännössä toimii järjestelmätoimittajasuhde Kevako Oy:n ja NK-Tuote Oy:n välillä. Tässä kappaleessa on selvitetty kuinka Kevako Oy:n ja NK-Tuote Oy:n välinen järjestelmätoimittajasuhde käytännössä toimii ja mitä asioita kummankin osapuolen on otettava huomioon. Kevako Oy:n vahvuudet järjestelmätoimittajana perustuu asiakkaan syvälliseen tuntemiseen, joka edesauttaa käsiteltävien asioiden ymmärtämisessä asiakkaan ja toimittajan välillä.¹

Kevako Oy ja NK-Tuote Oy ovat solmineet yhteistyön alussa vuosisopimuksen, josta käy ilmi mm. valmistettavat tuotteet ja muut yleiset ehdot yhteistoiminnalle. Tätä vuosisopimusta tehtäessä on suoritettu vaatimusten katselmus, joka on ISO 9001 -laatujärjestelmän sisältämä vaatimus. Vaatimusten katselmuksessa järjestelmätoimittaja eli Kevako Oy käy yhdessä asiakasyrityksen eli NK-Tuote Oy:n kanssa läpi kaikki standardin sisältämät katselmuksen kohdat, ja näihin kohtiin NK-Tuote Oy tarvittaessa kertoo omaa tuotettaan koskevat vaatimukset. Tällaisia vaatimuksia ovat esimerkiksi hitsien laatu- ja hyväksymisvaatimukset. Kevako Oy käyttää tuotteiden valmistuksessaan omaa toimitusverkostoa, johon kuuluu erilaisia toimittajia. Näille tavaran toimittajille Kevako Oy asettaa samat laatuvaatimukset, jotka asiakasyritys asettaa Kevako Oy:lle.¹

5.1 Kevako Oy järjestelmätoimittajana

Kevako Oy on luotettava yhteistyökumppani monelle eri tuotteita valmistaville metallialan yrityksille, jotka tarvitsevat nopean toimituksen omaavan ja saumattoman yhteistyökumppanin. Kevako Oy valmistaa ainoastaan asiakkaan tilaamia tuotteita tai osakokonaisuuksia, eikä näin ollen valmista tuotteita suoraan alan markkinoille. Kevako Oy pyrkii saamaan asiakasyrityksensä kanssa mahdollisimman läheisen yhteistyösuhteen, jotta yritysten välinen toiminta olisi joustavaa ja nopeaa, jolloin saavutetaan molempien kannalta paras tulos.¹

5.2 Tuotteistusprosessi

Kevako Oy kilpailuvalttina alalla toimiviin kilpailijoihin nähden on asiakkaiden tunteminen. Kattava asiakastuntemus käsittää asiakkaan ja hänen tuotteensa kattavan ja syvällisen tietämyksen, jonka myötä Kevako Oy:n ja asiakkaan työskentely on joustavaa ja ennen kaikkea nopeaa. Tämän kattavan asiakastuntemuksen myötä voi asiakas helposti esittää toiveitaan tuotteesta ja sen valmistuksesta, jotka Kevako Oy pyrkii täyttämään tuotekehityksellään.¹

Tuotteistusprosessi vaihtelee asiakkaittain hyvin paljon, riippuen kyseessä olevan tuotteen vaiheesta. Joissakin tapauksissa projekti lähtee liikkeelle tuoteideasta. Usein tuote on olemassa ja sitä lähdetään edelleen kehittämään, jotta valmistus onnistuu tehokkaasti. Tuotteistus kattaa kaikkien tarvittavien dokumenttien tekemisen. Yksinkertaisemmissa tapauksissa tuotteistuksessa tehdään puuttuvat dokumentit.¹

¹Jukka Karjalainen, Kevako Oy, Lapinlahti

5.3 Suunnittelupalvelu Kevako Oy:ssä

Kevako Oy on tarjonnut asiakkailleen tuotteen valmistusta ja kehittämistä tukevaa suunnittelu- palvelua, joka voi olla osa asiakkaan tuotekehitystoimintaa tai, joka voi suunnitella tuotteen alusta loppuun asiakkaan toiveiden mukaisesti.¹

Suunnittelupalvelun tarve lähtee liikkeelle usein ylläpitosuunnittelusta, ja se kohdistuu useimmiten valmistukselliseen erikoisosaamiseen. Usein yritysten tuotekehityksen resurssit kohdistuvat täysin uusiin tuotteisiin, jolloin lisäresursseja tarvitaan olemassa olevien tuotteiden kehittämiseen.¹

Yrityksessä halutaan kehittää suunnittelupalvelua edelleen ja tuotteistaa palvelu osaksi omaa palvelutarjontaa. Yrityksen laatujärjestelmä ei kata tällä hetkellä suunnittelupalvelua, mutta laatujärjestelmää kehitetään edelleen kattamaan myös se.¹

5.4 ISO 9001 Kevako Oy:ssä

Kevako Oy:ssä on otettu käyttöön vuoden 2009 aikana ISO 9001 -laadunhallintajärjestelmä sekä ISO 3834 -hitsauksenlaatujärjestelmä. ISO 9001 -laadunhallintajärjestelmä sisältää kohtia koskien järjestelmätöimittajasuhdetta, joista yksi keskeisimmistä kohdista on standardin kohta 7.2, jossa määritellään asiakkaaseen liittyvien prosessien vaatima sisältö. Kevako Oy:n laadunhallintajärjestelmää ei ole auditoitu, vaan se perustuu asetettuihin standardeihin. Kevako Oy:n laadunhallintajärjestelmä ei tällä hetkellä sisällä suunnitteluun liittyvää toimintaa.¹

ISO 9001 laadunhallintajärjestelmä sisältää seuraavat pääkohdat:

1. Soveltamisala
2. Velvoittavat viittaukset
3. Termit ja määritelmät
4. Laadunhallintajärjestelmä
5. Johdon vastuu
6. Resurssien hallinta
7. Tuotteen toteuttaminen
8. Mittaus, analysointi ja parantaminen. [8]

ISO 3834 kansainvälinen hitsauksen laatustandardi on Kevako Oy:ssä sisällöltään kattavampi ja syvällisempi kuin ISO 9001 ja se sisältää seuraavia asiakokonaisuuksia:

1. Vaatimusten katselmuks ja tekninen katselmuks
2. Alihankinta
3. Hitsaushenkilöstö
4. Tuotanto- ja testauskalusto
5. Laitteiden huolto
6. Laitteiden kuvaus
7. Tuotantosunnitelma
8. Hitsausohjeet
9. Hitsausohjeiden hyväksyntä

¹Jukka Karjalainen, Kevako Oy, Lapinlahti

10. Hitsausaineiden eräkohtainen testaus
11. Hitsausaineiden varastointi ja käsittely
12. Perusaineiden varastointi
13. Hitsauksen jälkilämpökäsittely
14. Tarkastus ja testaus ennen hitsausta, hitsauksen aikana ja hitsauksen jälkeen
15. Poikkeamat ja korvaavat toimenpiteet
16. Mittaus- ja testauslaitteiden kalibrointi ja kelpuus
17. Tuotannon aikainen tunnistettavuus
18. Jäljitettävyys
19. Laatuasiakirjat. [14]

SFS-EN ISO 3834 hitsauksen laatustandardi sisältää kolme eri laatuvaatimustasoa, jotka ovat:

1. 3834-2 Kattavat laatuvaatimukset
2. 3834-3 Vakiolaatuvaatimukset
3. 3834-4 Peruslaatuvaatimukset. [14]

Näistä laatuvaatimustasoista Kevako Oy:llä on käytössä ylin taso eli 3834-2 kattavat laatuvaatimukset. Tämä taso on tarkoitettu hitsaustuotantoon, jossa on paljon laatuvaatimuksia ja dokumentointivaatimuksia, joita ovat mm. koneenosat ja kantavat rakenteet. [14]

5.5 Kevako Oy:n ja NK-Tuote Oy:n välinen tiedonsiirto ja toiminta

Järjestelmätoimittajana toimivan Kevako Oy:n ja asiakasyrityksenä toimivan NK-Tuote Oy:n välinen informaatio ja muu tiedonsiirto tapahtuvat järjestelmällisesti. Yritysten välisen kanssakäymisen ensimmäinen vaihe on vuosisopimuksen laatiminen sekä tuotteeseen liittyvien vaatimusten katselmuksella, joka sisältää kaiken tiedon tuotteen valmistukseen ja toimitukseen liittyen. Yritysten välisen yhteistyön edetessä pidetään seurantapalavereja neljännes vuosittain, joissa käydään läpi mm. tuotteeseen liittyviä muutoksia. Muu tuotteeseen liittyvä kanssakäyminen on yritysten välillä viikoittaista ja se on hoidettu puhelimitse ja sähköpostilla. Kevako Oy:ssä tuotannonohjaaja käsittelee tilaukset ja ohjaa ne tuotantoon, jota valmistusinsinööri valvoo.¹

¹Jukka Karjalainen, Kevako Oy, Lapinlahti

6 TÄYTTÖPÖYTÄ

Insinööriyössä toteutettiin järjestelmätoimittajasuhteen mukainen case-tapaus, jossa asiakkaana olleelle yritykselle NK-Tuote Oy:lle tuotteistettiin tällä jo olemassa oleva täyttöpöytä -niminen tuote. Lisäksi työssä pyrittiin kehittämään kyseisen tuotteen valmistettavuutta ja lyhentämään tuotteen valmistuksen läpimenoaika. Täyttöpöydän valmistettavuuden sekä sen läpimenoajan lyhentämisen kannalta keskeiseksi ratkaisukeinoksi valikoitui moduloitu tuoterakenne, jonka avulla voidaan toteuttaa kyseiset kehitystarpeet. Täyttöpöydän tuotteistusprosessi oli moniporainen, minkä ensimmäinen vaihe oli tuotteen tuoterakenteen selvittäminen.

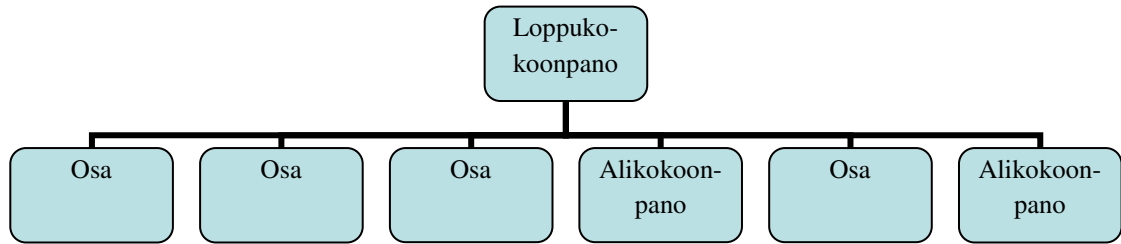


Kuva 11. Alkuperäinen NK-Tuote Oy:n täyttöpöytä [nktuote.com].

6.1 Tuoterakenne

Tuotteistamisprosessin ensimmäinen vaihe oli selvittää täyttöpöydän tuoterakenne, jotta saatiin tarkka selvitys siitä, mitä eri osia täyttöpöytä sisältää. Tuoterakenteen selvittämisen kannalta ensimmäinen vaihe oli tutustua aluksi tarkasti itse täyttöpöytään. Tuotteeseen perehdyttäessä mm. valokuvattiin nykyistä tuotannossa olevaa täyttöpöytää. Näitä kuvia analysoitiin myöhemmin työn eri vaiheissa. Varsinainen tuoterakenteen selvittäminen aloitettiin tutkimalla jo olemassa olevia asiakasyrityksen käytössä olevia osaluetteloita täyttöpöydästä. Tämän jälkeen kun olemassa olleet materiaalit oli tutkittu, ryhdyttiin selvittämään mahdollisia tuoterakenteen aukkoja ja käymään läpi tarkemmin tuoterakennetta, jotta nykyinen tuoterakenne tulisi täysin selville. Apuna tuoterakenteen selvityksessä käytettiin myös NK-Tuote Oy:llä tuolloin valmistuksessa olleita täyttöpöytiä, joista voitiin tutkia tuoterakenteen sisältämiä osia. Perusteellinen tuotteen tutkiminen antoi hyvän pohjan varsinaiselle suunnittelutyölle.

Alkuperäinen täyttöpöydän tuoterakenne koostuu pitkälti yksittäisistä osista, jotka liittyivät suoraan varsinaiseen loppukokoonpanoon (kuva 12). Tämä johtuu siitä, että tuote on rakenteeltaan hitsattu ja näin ollen kiinteärunkoinen, mihin lisätään ainoastaan tarvittavat muut komponentit ja toimilaitteet. Vanhassa rakenteessa ei siis juurikaan ole alikokoonpanoja, jos ostokomponentteja kuten moottoreita ei oteta huomioon (kuva 12).

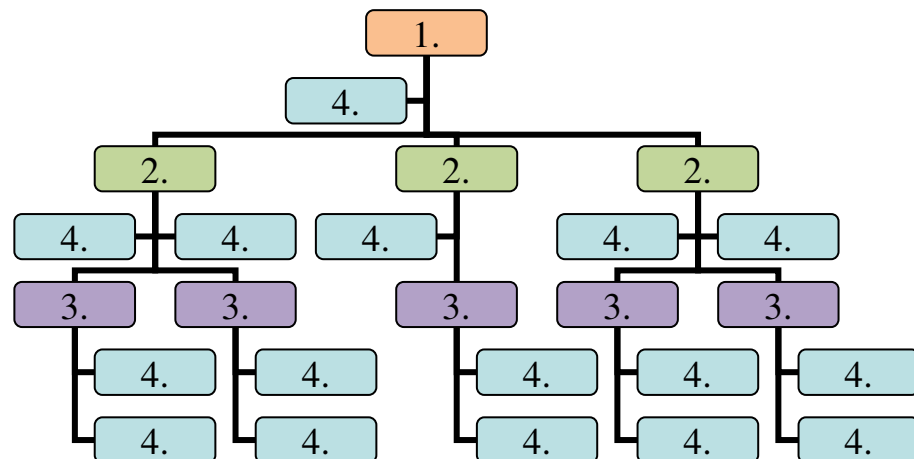


Kuva 12. Vanha tuoterakenne.

Uudeksi tuoterakenteeksi valittiin porrastettu tuoterakenne, jossa tuote voidaan jakaa useampiin kokonaisuuksiin. Tämän ansiosta tuotteen eri kokonaisuuksia voidaan valmistaa alihankintana, näin ollen tuotteen läpimenoaika sekä valmistuskustannukset pienenevät suurempien valmistusmäärien myötä. Uuden moduloidun täyttöpöydän tuoterakenne on porrastettu eri kokonaisuuksiin, jotka edustavat kukin omaa osa-alueitaan (kuva 13).

Uusi tuoterakenne on jaoteltu neljään erilaiseen kokonaisuuteen, joille jokaiselle on annettu oma ryhmätunnus nimikkeen alkuun. Moduulikokoonpanolla sekä loppukokoonpanolla on sama ryhmätunnus, koska ne ovat molemmat osakokoonpanoja. Uusi tuoterakenne on jaoteltu seuraavasti:

1. Loppukokoonpano, nimike 1000
2. Moduulikokoonpano, nimike 1000
3. Hitsauskokoonpano, nimike 2000
4. Osa, nimike 0000.

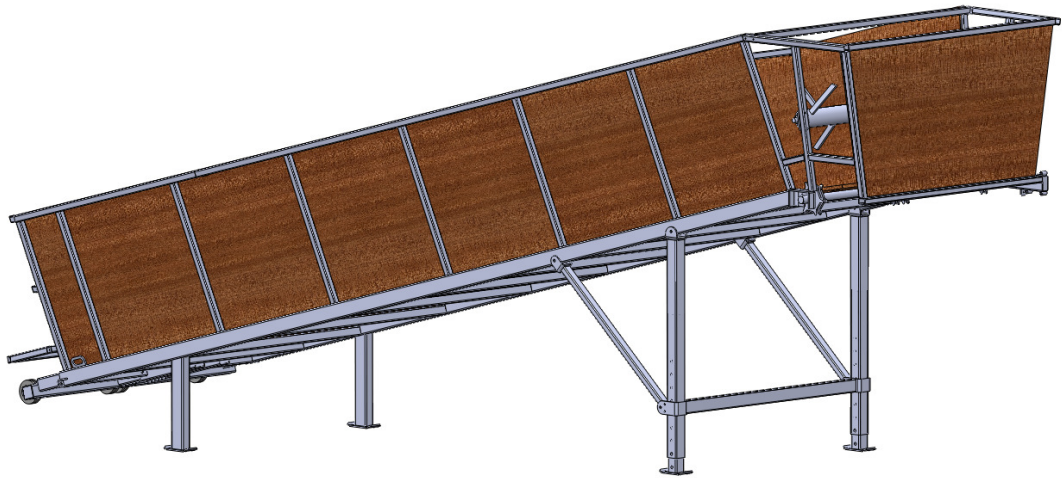


Kuva 13. Uusi tuoterakenne.

Ensimmäisen tuoterakenteen tason muodostaa loppukokoonpano, jossa on lopullinen tuote. Loppukokoonpano koostuu moduulikokoonpanoista sekä niihin lisättävistä yksittäisistä osista ja eri toimilaitteista. Toisen tason tuoterakenteessa muodostavat moduulikokoonpanot, jotka koostuvat hitsauskokoonpanoista ja niihin lisättävistä yksittäisistä osista. Yksi moduulikokoonpano voi sisältää useita hitsauskokoonpanoja. Kolmannen tason muodostavat hitsauskokoonpanot, jotka koostuvat yksittäisistä osista. Yksi hitsauskokoonpano voi sisällyttää useita osia. Viimeisen neljännen tason muodostavat yksittäiset osat, joista edellisten tasojen kokoonpanot rakentuvat.

6.2 Alkuperäinen rakenne

Täyttöpöydän alkuperäinen rakenne (kuvat 11 ja 14) on ollut pitkään samankaltainen, jolloin täyttöpöydästä on ajan saatossa muodostunut kestävä ja laadukas tuote. Työn tavoitteena oli kehittää tuotteen valmistettavuutta sekä tuotteen saattamista mahdolliseen massatuotantoon. Itse varsinaiseen tekniikkaan ja rakenteeseen ei työn tavoitteena ole tehdä suuria muutoksia, koska tällä hetkellä tuotteesta on olemassa kestävä ja luotettava malli. Haasteita uuden mallin suunnitteluun toi juuri vanhan mallin yksinkertainen rakenne, joka olisi pystyttävä rakentamaan uudella, tehokkaammalla tavalla. Nykyisestä täyttöpöydästä on saatavilla kahta eri leveyttä sekä kolme eri pituutta ja lisäksi pöytiä räätälöidään asiakkaiden tarpeiden mukaan.



Kuva 14. Malli täyttöpöydän alkuperäisestä rakenteesta.

Alkuperäisessä rakenteessa on käytetty paljon erilaisia ja erikokoisia putkiprofiileja (kuva 14), joiden korvaavia vaihtoehtoja suunniteltiin ja mitoitettiin uuteen täyttöpöytämalliin. NK-Tuote Oy:n täyttöpöydän yksi ero kilpailijoihin on pöydän kallistetut seinät, jotka säilytettiin uudessa mallissa tuotteen käytännöllisyyden ja imagon vuoksi. Yhtenä ei-metallisena rakenteena täyttöpöydässä on käytetty vanerilevyä, joka kestää hyvin kulutusta, lämpö- ja kosteusvaihteluita sekä erisuuntaisia voimia. Vanerilevyllä on siis hyvä korroosion kestävyys, joka on tärkeä ominaisuus täyttöpöydän syövyttävissä työympäristöissä navetoissa.

6.3 Valmistettavuuden parantaminen

Täyttöpöydän valmistettavuuden parantamisessa otettiin huomioon niitä tekijöitä, joille valmistettavuuden parantaminen on tärkeää. Valmistettavuutta on tarkasteltu ensimmäiseksi alihankinnan näkökulmasta. Tarkoituksena on valmistaa varsinainen tuote alihankintana valmistetuilla komponenteilla, jolloin asiakasyritykseen jää ainoastaan tuotteen kokoonpano.

Toinen lähestymistapa valmistettavuuden parantamiseksi on ollut osien ja kokoonpanojen valmistuksen läpimenoaikojen lyhentäminen valmistuskustannukset huomioonottaen. Täyttöpöydän eri osien valmistettavuutta pyritään parantamaan erilaisilla leikatuilla sekä särmätyillä osilla, joilla saadaan yhdistettyä useita eri osia ja näin ollen vähennettyä osien ja hitsausliitosten kokonaismäärää. Nykyään leikkaus- ja taivutustyökalut ovat kehittyneet huomasti, joten valmistustarkkuudet myös paranevat ohutlevykappaleiden myötä.

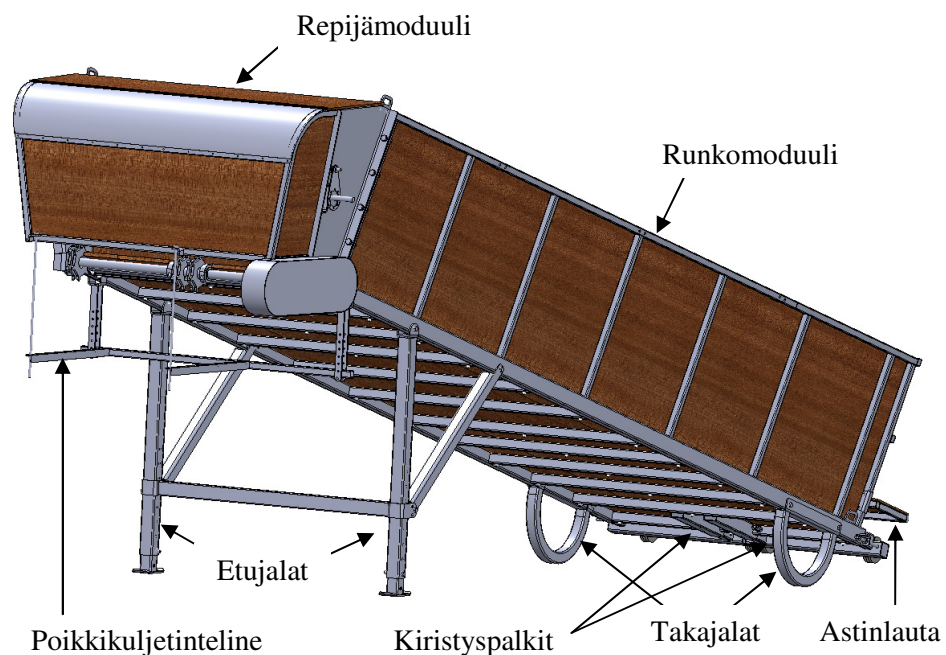
Tuotteen standardointi havaittiin myös tehokkaaksi valmistettavuuden parannuskeinoksi, jolla voitiin vähentää tuotteessa käytettävien osien, profiilien sekä ainevahvuuksien määrää. Vanhasa täyttöpöydänmallissa on käytetty paljon erikokoisia putkiprofiileja, kiinnittimiä sekä ainevahvuuksia. Näiden valikoimaa standardoimalla säästetään tuotteen valmistuskustannuksissa.

6.4 Täyttöpöydän modulointi ja uusi moduulitäyttöpöytä

Täyttöpöydän modulointi valikoitui ainoaksi selväksi ratkaisumalliksi valittaessa täyttöpöydän parannuskeinoja. Alkuperäinen täyttöpöytä on ollut kiinteärunkoinen ja varmatoiminen kokonaisuus, jonka toimivuudesta ei uudessa mallissa haluta tinkiä (kuva 11). Tämän vuoksi kaikki toiminnalliset mitat säilytettiin täysin muuttumattomina. Vanhan mallin selkeitten linjojen pohjalta oli hyvä suunnitella mahdollisia moduulien rajapintoja ja eri moduulikokonaisuuksia. Lopulta täyttöpöytä päädyttiin jakamaan kahteen selkeään osakokonaisuuteen eli repijämoduuliin sekä runkomoduuliin (kuva 15), joihin liitetään pienempiä moduuleita, kuten jalka- ja astinlautamoduulit. Näiden moduulien rajapinnat standardoitiin, jotta moduulit ovat vaihtokelpoisia ja niistä voidaan valmistaa eri moduulivariantteja.

Vaatuksina uuden mallin suunnittelussa oli toiminnallisten mittojen säilyttäminen sekä vaneerin käyttäminen materiaalina sen ominaisuuksien vuoksi. Esimerkkipiirustuksina ovat täyttöpöydän takajalan hitsauskokoonpanopiirustus sekä siihen tarvittavat kaksi osapiirustusta (Liitteet 1/3, 2/3, 3/3). Insinööri työn tuloksena saatiin aikaan kuvassa 15 oleva moduulitäyttöpöytä. Rakenteen kokonaispaino ei noussut uudessa täyttöpöydän moduulimallissa huomattavan korkealle, sillä se on noin 2 000 kg, ilman toimilaitteita eikä kuljetinta.

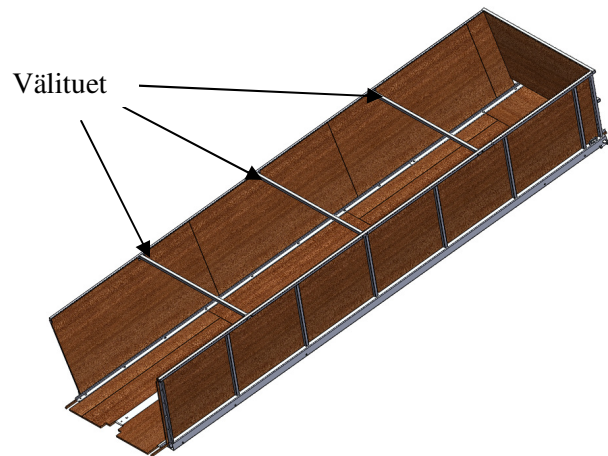
Moduulitäyttöpöydästä voidaan tulevaisuudessa valmistaa esimerkiksi nykyisen täyttöpöytämallin perusteella eri leveyksien ja pituuksien moduulivariantteja, joista asiakkaat voivat koota itselleen sopivan täyttöpöydän. Tuotannon kannalta tehokkainta olisi suunnitella juuri optimi eri moduulivarianttien valikoima, joka kattaisi mahdollisimman laajasti eri asiakkaiden tarpeita.



Kuva 15. Uusi moduloitu täyttöpöytä.

6.4.1 Runkomoduuili

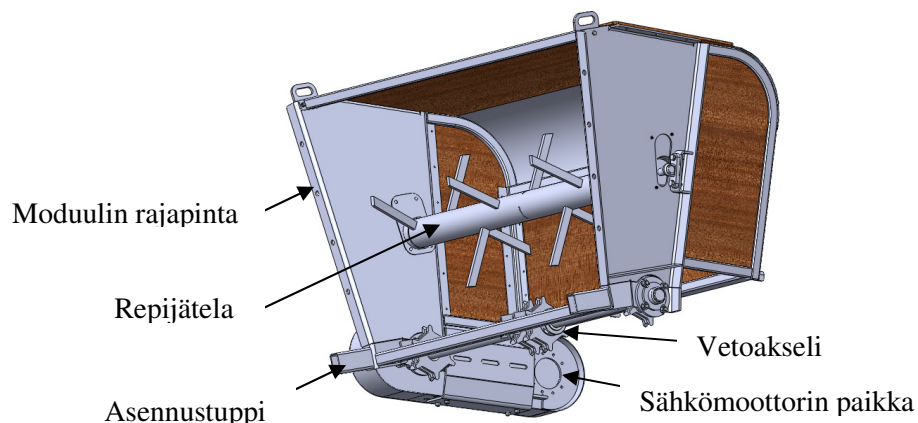
Runkomoduuili (kuva 16) on täyttöpöydän suurin yksittäinen moduulikokonaisuus. Runkomoduuilin moduloimista pienempiin kokonaisuuksiin mietittiin siten, että moduulin laidat olisivat irrotettavissa sen pohjasta. Tämä moduloitintarjous kuitenkin hylättiin sen vähäisen tarpeen ja rakennetta heikentävien syiden vuoksi. Kuvassa 16 runkomoduuliin on lisätty rakenteen jäykkyyttä lisäävät välituet. Runkomoduuiliin kiinnitetään tuotteen loppukokoonpanossa loput täyttöpöydän osakokoonpanot, joita ovat välituet, etujalat, takajalat, kiristyspalkit sekä astinlauta (kuva 15). Runkomoduuilin pohjapalkeiksi mitoitettiin korvaavat ohutlevypalkit, joiden laskelmat on esitetty raportin kappaleessa 6.8.1.



Kuva 16. Runkomoduuili

6.4.2 Repijämoduuili

Repijämoduuili (kuva 17) on uuden moduulitäyttöpöydän monimutkaisin ja eniten osia sisältävä moduulikokonaisuus, jonka suunnittelu vei yllättävän paljon aikaa. Repijämoduuili sisältää repijärungon lisäksi repijätelan, vetoakselin sekä toimilaitteiden kiinnityselineet ja säätölaitteet. Repijämoduuili liitetään runkomoduuliin 8 kpl M24 8.8 -täysikierteisillä pulteilla sekä nylonlukkomuttereilla. Moduulin asentamista auttavat asennustupet repijämoduulin runkolevyjen alareunassa, jossa ne työntyvät runkomoduulin runkoputkien sisään ja asemoivat näin moduulin oikealle kohdalle. Repijämoduulin valmistettavuudessa on käytetty paljon ohutlevykappaleita. Valmistettavuudeltaan monimutkaisimmat ohutlevykappaleet ovat runkolevyt (kuva 17).



Kuva 17. Repijämoduuili.

6.4.3 Ohutlevykappaleet ja standardointi

Uudessa moduulitäyttöpöydässä pyrittiin parantamaan tuotteen valmistettavuutta tuotteen standardoinnilla sekä ohutlevyrakenteiden käytöllä. Standardointia ei tuotteessa voitu käyttää niin paljon kuin oli alun perin suunnitelmassa, sillä rakenteiden kevennys profiileja standardoimalla olisi saattanut heikentää tuotteen kestävyyttä. Standardointia käytettiin lähinnä kiinnikkeiden ja uusien levyrakenteiden ainevahvuuksien standardoinnissa.

Tuotteen valmistettavuutta parantaessa puolestaan ohutlevyrakenteita käyttäen onnistuttiin työssä hyvin. Ohutlevystä valmistettavilla osilla voitiin korvata useita hitsauskokoontia sekä useita osia yhdellä ohutlevykappaleella. Runkomoduurin pohjapalkin korvaaminen ohutlevypalkilla tuo säästöjä mm. kiinnityspulttien pituudessa sekä valmistusvaiheissa, koska nykyään palkki valmistetaan RHS-putkipalkista. RHS-putkipalkista valmistettaessa putki täytyy ensin sahata määrämittäiseksi, jonka jälkeen siihen porataan vielä kiinnitysreiät. Ohutlevypalkissa kaikki edelliset työvaiheet jäävät pois, sillä palkki tulee valmiina ohutlevytoimittajalta, joka on leikannut ja taivuttanut palkin. Ohutlevykappaleita uudessa täyttöpöydässä ovat muun muassa:

- repijämoduurin runkolevyt
- runkomoduurin pohjapalkit
- etujalan vinotuet
- korvakkeet
- kiinnikkeet.

6.5 Uuden ja vanhan mallin vertailu

Uudella moduulimallilla saavutetaan monia etuja tuotteen eri osa-alueilla. Ainoana huonona puolena vanhaan malliin verrattaessa saattavat olla uuden mallin nousseet valmistuskustannukset, jotka selviävät kustannuslaskennan perusteella. Moduloinnista aiheutuneiden kasvaneiden tuotteen valmistuskustannusten tuoma tappio yritykselle pienenee pidemmällä ajanjaksolla kasvavien valmistusmäärien myötä. Moduloinnin sisällyttäminen tuotteeseen tuo mukanaan uusia etuja yritykselle. Moduloinnin tuomia etuja yritykselle ovat muun muassa, että:

- modulointi mahdollistaa tuotannon puskuroinnin ja näin ollen toimitusten ennakoinnin.
- moduloinnin ansiosta eri moduulikokonaisuuksia voidaan ulkoistaa alihankinnan valmistettavaksi.
- moduulimalli tuo tullessaan myös uuden ja raikkaan ulkonäön tuotteelle, joka on eduksi tuotteen markkinoilla kilpailijoihin nähden.

Moduulimallissa on hyödynnetty uudenaikaisia valmistusmenetelmiä, joista laserleikatut osat nousevat selvimmän esille tuotteessa. Repijämoduurissa olevat runkolevyt mahdollistavat mm. ostokomponenttien käytön tuotteessa. Ohutlevyosien käytön vuoksi myös hitsauksen ja runkosien määrä on pudonnut verrattaessa vastaavaan vanhassa mallissa olevaan kohtaan nähden. Moduloinnin ansiosta saadaan myös rajattua tuotteen eri varioiden määrää, jolloin tilauskohtaisista räätälöintien ei esiinny niin paljon kuin vanhassa mallissa. Tuotteen moduloinnilla eri moduuleja voidaan siis valmistaa varastoon, tällaisia moduuleja ovat mm. repijä- ja jalkamoduulit. Asiakkaan tehdessä tilauksen haluamastaan tuotteesta hän määrittää tällöin myös raja-arvot tuotteelle. Näiden raja-arvojen perusteella valmiista moduuleista rakennetaan asiakkaan tilausta vastaava tuote. Moduloinnin ansiosta tuote saadaan huomattavasti nopeammin asiakkaalle kuin vanhalla täysin asiakaskohtaisella räätälöinnillä.

6.6 Moduulirakenteen tavoitteet ja edut yritykselle

Moduulirakenteen avulla täyttöpöydän valmistaja NK-Tuote Oy voi hajauttaa tuotteen osavalmistuksen tai koko tuotteen valmistuksen alihankintaan. Tällöin NK-Tuote Oy:lle jää ainoastaan tuotteen loppukokonpano ja lähetys loppukäyttäjälle. Tarvittaessa tuote voidaan toimittaa suoraan asiakkaalle moduuleina, tällöin asentajat kokoavat tuotteen paikanpäällä. Alihankinnassa toimivien järjestelmätoimittajien kuten Kevako Oy:n ja muiden pienempien toimittajien avulla NK-Tuote Oy saavuttaa säästöjä muun muassa valmistus- ja hallintokustannuksissa.

6.6.1 Alihankinta

Alihankinnan kannalta täyttöpöydän moduulirakenne tuo NK-Tuote Oy:lle säästöjä tuotannonohjaus- ja hallintokuluihin. Moduulirakenne myös selkeyttää ja nopeuttaa NK-Tuote Oy:n tuotantoa, koska suuret moduulikokonaisuudet voidaan valmistaa ja toimittaa yhtenä nimikkeenä NK-Tuote Oy:lle tai suoraan loppuasiakkaalle. NK-Tuote Oy:n valmistaessa kaikki täyttöpöydän moduulikokoonpanot alihankinnassa jää heille ainoastaan täyttöpöydän kokoonpanovaihe, jolloin tuotteen läpimenoaika ja toimitusaika pienenevät huomattavasti.

Alihankinnassa toimivan järjestelmätoimittajan Kevako Oy:n hyöty moduulirakenteesta on se, että se voi valmistaa ja toimittaa sekä kehittämään NK-Tuote Oy:n tilaamia moduulikokoonpanoja, sekä työllistää työntekijöitä omassa yritystoiminnassaan.

6.6.2 Vienti

Tuotteen ulkomaan markkinoille saattaminen vaatii tuotteelta erilaisia ominaisuuksia kuin kotimaan markkinoille vietävältä tuotteelta. Suurimman mahdollisen muutoksen kotimaan vientiin verrattaessa vaatii tuotteen kuljetuskoko. Ulkomaan vientiin tarkoitetuilta tuotteilta vaaditaan tietyt painoon ja kokoon liittyvät rajoitukset, sillä tuotteet kuljetetaan useimmiten rekka-autoilla, junilla tai ne pakataan standardikokoisiin kuljetuskontteihin (kuvat 18 ja 19), joiden koko on rajallinen.

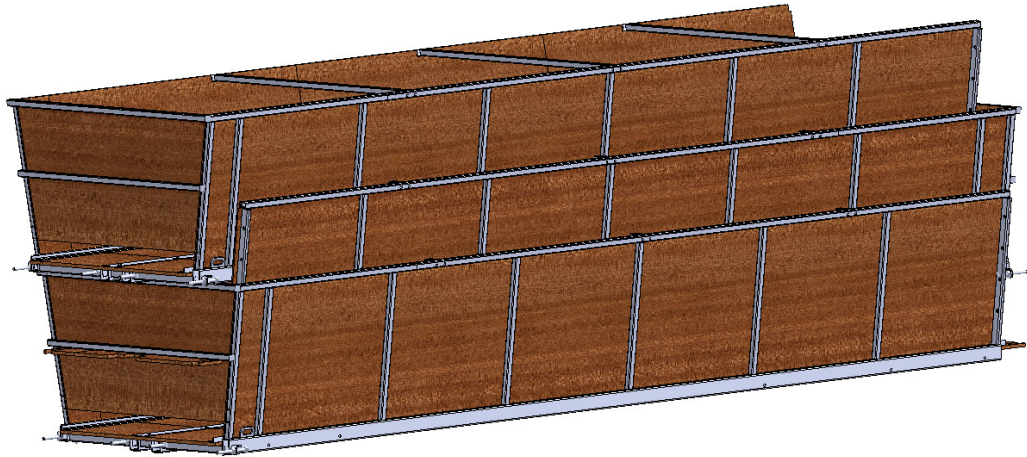


Kuva 18. Kuljetuskontteja.



Kuva 19. Kuljetuskontin sisäosa.

Kuljetuskustannukset kasvavat huomattavasti painon lisääntyessä, joten on tärkeää pyrkiä tekemään tuotteesta mahdollisimman kevytrakenteinen. Uusi täyttöpöydän moduulirakenne mahdollistaa usean täyttöpöydän kuljettamisen samanaikaisesti, sillä suunnittelussa on otettu huomioon moduulien sisäkkäin pakkaaminen, jolloin säästetään huomattavasti kuljetustilaa (kuva 20).

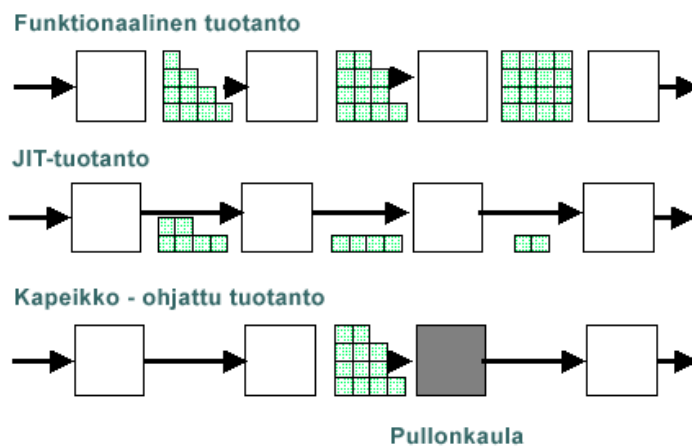


Kuva 20. Runkomodulien kuljetus sisäkkäin (3kpl).

Rakenteen tulisi olla vientiä ajatellen myös purettavissa kuljetuksen ajaksi sellaiseen muotoon, että se mahtuu kuljetuskonttiin (kuva 19). Suunniteltu uusi täyttöpöydän moduulirakenne ei kuitenkaan mahdollista täyttöpöydän pakkaamista kuljetuskonttiin, sillä tuotteen moduloimista niin pieniin kokonaisuuksiin ei pidetty tässä vaiheessa tarpeellisena, koska NK-Tuote Oy:llä ei ole tarvetta konttikuljetuksiin soveltuvalla täyttöpöydällä. Tarpeeton täyttöpöydän rakenteen modulointi heikentää sen rakenteen lujuusominaisuuksia ja näin ollen kestoikää, joka on ollut tähän asti yksi tuotteen vahvuuksista.

6.6.3 Tuotannon ennakointi

Moduulirakenteen ansiosta tuotteen eri volyymikokonaisuuksia voidaan valmistaa varastoon, jolloin saadaan tuotannolle puskuria kyseisen moduulikokoonpanon kohdalla. Tämä lyhentää huomattavasti toimitusaikoja, koska tuotteeseen kuuluvat osat saadaan suoraan varastosta, jolloin suurimman osan valmistusajasta vie kokoonpanovaihe. Tuotannon puskuroinnista on olemassa erilaisia toimintamalleja (kuva 21), joista kapeikko-ajattelumallissa tuotannon pullonkaulaan tehdään varmuusvarastoja sen pienentämiseksi. Tuotannon nopeus on kapeikko-ajattelumallissa pullonkaulan nopeus. Volyymikokoonpanoja täyttöpöydässä ovat repijämoduulit, jotka pysyvät lähes muuttumattomina, jolloin näitä moduuleita valmistamalla varastoon voidaan tuotantoa ennakoida ja näin lyhentää toimitusaikoja.



Kuva 21. Erilaisia tuotannon puskurointimalleja [uku.fi].

6.6.4 Kilpailuedut

NK-Tuote Oy:n valmistamalla täyttöpöytämallilla on hyvät markkinat kotimaassa, missä sen toimintavarmuus on parasta luokkaa. NK-Tuote Oy:n valmistamien täyttöpöytien luotettavuus näkyy myös yrityksen valmistamien täyttöpöytien markkinaosuudessa. Nykyisin kuitenkin lähes kaikilla täyttöpöydän valmistajilla on tarjota vientimalleja, mikä on elinehto, jos tuotetta halutaan viedä kansainvälisille markkinoille. NK-Tuote Oy:n pahimmat kilpailijat ovat suomalaiset Livakka Oy (kuva 22) ja Pellonpaja Oy (kuva 23). Ulkomaisilla valmistajilla on myös tarjolla kilpailukykyisiä malleja. Kuvassa 23 on Pellonpaja Oy:n valmistama täysin purettava täyttöpöytämalli, joka voidaan toimittaa konttikuljetuksena.



Kuva 22. Livakan täyttöpöytä [livakka.fi].

Kuva 23. Pellonpajan täyttöpöytä [pellonpaja.fi].

6.7 Täyttöpöydän mallinnus ja dokumentointi

Täyttöpöydän mallinnus aloitettiin tutustumalla nykyiseen malliin selvittämällä siitä kaikki mahdollinen informaatio, joka on työn kannalta oleellista. Ensimmäinen vaihe oli selvittää tuotteen tuoterakenne, joka toteutettiin asiakasyrityksen yhteyshenkilön avustuksella. Tuoterakenteen avulla saatiin selville kaikki tuotteeseen kuuluvat komponentit.

Seuraavaksi mallinnettiin täyttöpöydän alkuperäinen malli pohjatutkimuksessa saatujen mittojen perusteella. Täyttöpöydän suunnittelu ja dokumentointi toteutettiin SolidWorks 3D -ohjelmistolla, joka on käytössä Kevako Oy:llä sekä myös pääsuunnitteluohjelmistona Savonia-ammattikorkeakoulussa. Uusi moduulimalli suunniteltiin vanhan mallin pohjalta, josta voitiin mitata kaikki tarvittavat toiminnalliset mitat. Uudesta täyttöpöydästä tehtiin kaikki valmistuksen kannalta oleelliset piirustukset, jotka ovat osa, hitsaus- ja kokoonpanopiirustukset. Uudesta moduulitäyttöpöydästä valmistui:

- 101 osapiirustusta
- 19 hitsauspiirustusta
- 7 kokoonpanopiirustusta.

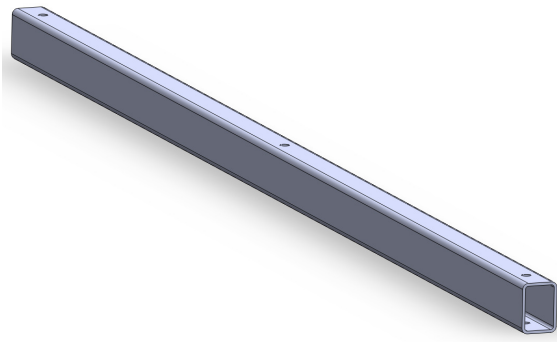
Uuden moduulitäyttöpöydän tuoterakenne on moniportainen. Näin ollen se poikkeaa vanhasta tuoterakenteesta ja on paljon selkeämmin luettavissa. Uudessa tuoterakenteessa eri portaiden nimikkeillä on omat ryhmätunnukset nimikkeiden alussa, näin ne ovat helposti erotettavissa toisistaan.

6.8 Rakenteiden tekninen tarkastelu

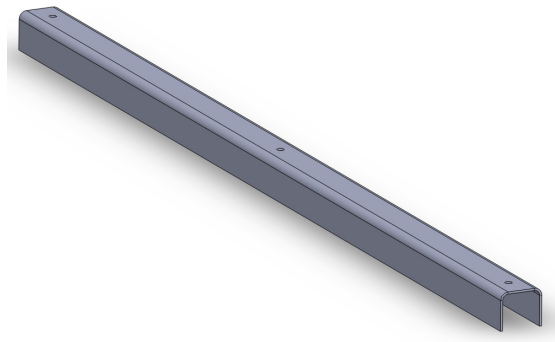
Rakenteiden tekniseen tarkasteluun kuului korvaavan pohjapalkkiprofiilien mitoitus sekä repijämoduulin runkolevyn lujuustarkastelu. Näillä toimenpiteillä parannetaan tuotteen valmistettavuutta sekä varmistetaan tuotteen käytönaikainen kestävyys. Rakenteiden tekninen tarkastelu suoritettiin laskemalla tarvittavat rakenteiden lujuudet hyödyntämällä lujuusopin kaavoja. Toisena työkaluna rakenteiden lujuuden määrittämisessä käytettiin SolidWorks 3D CAD -ohjelman FEM-analysityökalua, jolla voitiin testata täyttöpöydän kriittisimmän kohdan kestävyyttä.

6.8.1 Rakenteen profiilin muutos

Täyttöpöydän rungossa käytetty RHS-putkiprofiili (kuva 24) voidaan korvata ohutlevystä valmistetulla palkilla, jolla on samat lujuusominaisuudet (kuva 25). Tämän rakennemuutoksen myötä monta työvaihetta jää pois, minkä vuoksi valmistettavuus paranee. Lisäksi osan hinta laskee, sillä laserleikkausta voidaan hyödyntää ohutlevyn valmistuksessa. RHS-putkesta valmistettaessa pohjapalkkiin joudutaan poraamaan jokaisen kiinnityspultin kohdalle tuplareikä, jolloin työmäärä kaksinkertaistuu. Lisäksi ohutlevypalkkia käytettäessä voidaan käyttää lyhempiä kiinnityspultteja kuin RHS-putkipalkissa. Materiaalina palkeissa käytetään S355J2G3-terästä.

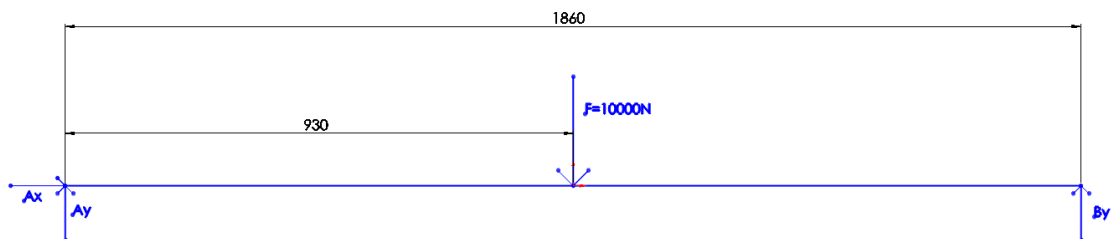


Kuva 24. RHS-putkipalkki.



Kuva 25. Ohutlevypalkki.

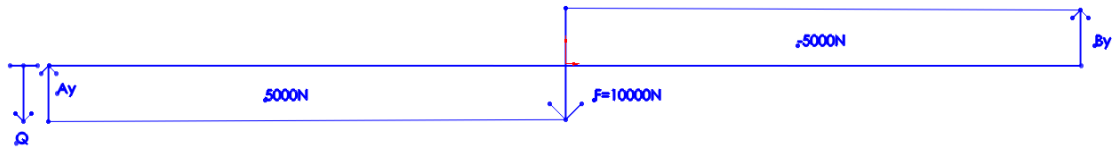
Ohutlevypalkille voidaan määrittää samat lujuusominaisuudet kuin alkuperäiselle RHS-putkipalkille käyttämällä lujuusopin laskentakaavoja. Pohjapalkin kuormitukselle voidaan olettaa kuvan 26 mukainen kuormitustilanne, jossa molemmista päistä tuettuun palkkiin kohdistuu keskelle pistemäinen 10 000 N voima (1000 kg). Toinen kuormitustilanne voisi olla tasainen kuorma, mutta se ei vastaa yllättävien tilanteiden kuten esimerkiksi kiven tai jäisen rehupalan putoamisiin täyttöpöydän pohjalle.



Kuva 26. Pohjapalkin vapaakappalekuva.

Vapaakappalekuvan perusteella voidaan määrittää kappaleen tukivoimat ja piirtää tarvittavat rasituskuviot. Kappaleen ollessa symmetrinen ja voiman kohdistuessa kappaleen keskelle tukivoimat A_y ja B_y ovat yhtä suuria.

$$A_y = B_y = \frac{10\,000\text{ N}}{2} = 5000\text{ N} \quad (1)$$

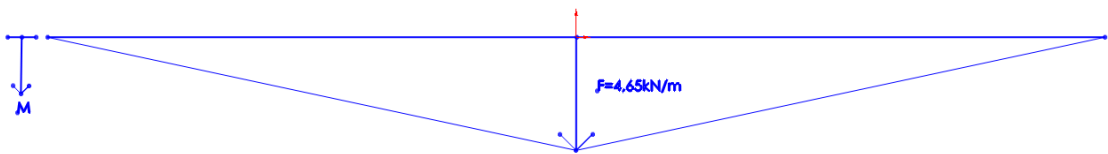


Kuva 27. Pohjapalkin leikkausvoimakuvio (Q).

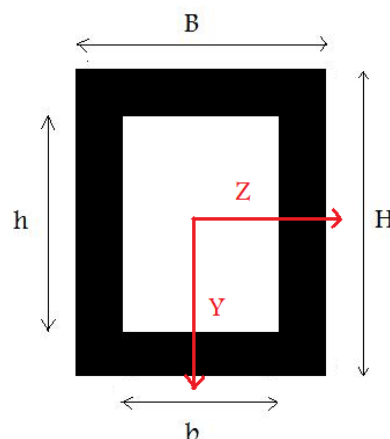
Kappaleeseen vaikuttava suurin momentti on palkissa siinä kohtaa, jossa leikkausjännitys on pienin (kuva 27). Tarkastelutilanteessa pienin leikkausjännitys on kappaleen keskellä, jossa sijaitsee siis suurin momentti. Vääntömomentin suuruus voidaan laskea kaavasta 2.

$$M = \frac{F}{2} \cdot \frac{L}{2} = \frac{10\,000\text{ N}}{2} \cdot \frac{1860\text{ mm}}{2} = 46,5 \cdot 10^5\text{ Nmm} \quad (2)$$

Suurimmaksi vääntömomentin arvoksi saatiin 4,65 kN/m palkin keskellä. Saadun vääntömomentinarvon perusteella voidaan piirtää kappaleen momenttikuvaaja (kuva 28).



Kuva 28. Palkin momenttikuvaaja.



Kuva 29. RHS-putkiprofiili.

Vanhan RHS-putkipalkin (kuva 29) neliömomentti saadaan kaavasta 3.

$$I_z = \frac{B \cdot H^3}{12} - \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{50\text{ mm} \cdot 70^3\text{ mm}^3}{12} - \frac{42\text{ mm} \cdot 62^3\text{ mm}^3}{12} = 59,5 \cdot 10^4\text{ mm}^4 \quad (3)$$

Lasketun taivutusjännityksen avulla saadaan määritettyä palkin taipuma kaavasta 4

$$\sigma_{\text{Taivutus}} = \frac{M \cdot y}{I_z} \quad (4)$$

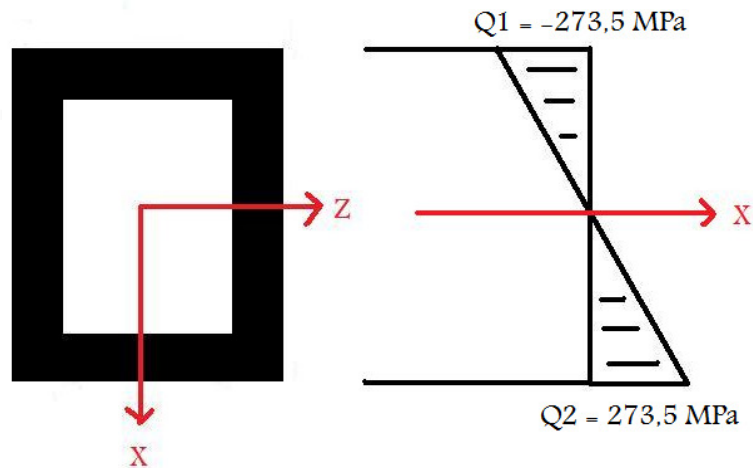
jossa y on etäisyys profiilin keskeltä reunaan.

$$\sigma_1 = \frac{46,5 \cdot 10^5 \text{ Nmm} \cdot (-35 \text{ mm})}{59,5 \cdot 10^4 \text{ mm}^4} = -273,5 \text{ MPa} \quad (5)$$

Kaavan 5 mukaan palkin yläpinnalle vaikuttaa 273,5 MPa puristusjännitys.

$$\sigma_2 = \frac{46,5 \cdot 10^5 \text{ Nmm} \cdot 35 \text{ mm}}{59,5 \cdot 10^4 \text{ mm}^4} = 273,5 \text{ MPa} \quad (6)$$

Kaavan 6 mukaan palkin alapinnalle vaikuttaa 273,5 MPa vetojännitys.



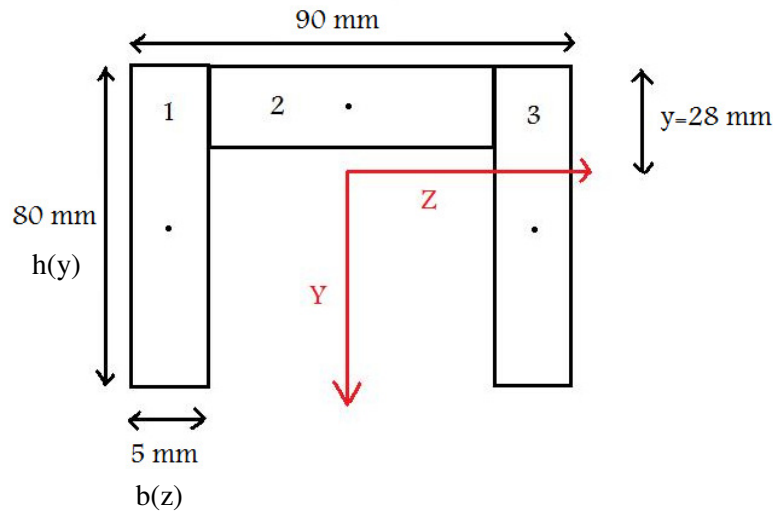
Kuva 30. RHS-putkipalkin taivutusjännitykset.

RHS-putkiprofiilin varmuus voidaan laskea kaavan 7 perusteella.

$$n = \frac{355 \text{ MPa}}{\pm 273,5 \text{ MPa}} = 1,3 \quad (7)$$

Vanha RHS-putkiprofiili kestää kyseisen rasitustilanteen, sillä kaavasta 7 saadaan rakenteen varmuusluvuksi 1,3.

Ohutlevystä valmistetun palkin täytyy olla perusmateriaaliltaan paksumpaa, sillä profiilin toinen puoli on avoin, jolloin palkin kokonaistaivutusjäykkyyttä täytyy nostaa (kuva 31). Tällöin palkin yläpinnalle tulee moninkertainen varmuus.



Kuva 31. Ohutlevypalkki-profiili.

Ohutlevypalkin lujuuden määrittämiseen voidaan käyttää samoja arvoja kuin RHS -putkipalkin laskennassa, mutta ohutlevypalkin profiilin neliömomentti täytyy määrittää, sillä se on eri kuin RHS -putkipalkilla. Ohutlevyprofiilin ollessa epäsymmetrinen täytyy neliömomentti ratkaista Steinerin säännöllä. Tässä ratkaisumallissa profiili jaetaan kolmeen osaan, joita käsitellään omina kokonaisuuksinaan. Ensimmäisenä määritetään kappaleen keskipiste kaavalla 8.

$$y = \frac{y_1 \cdot A_1 + y_2 \cdot A_2 + y_3 \cdot A_3}{A_{\text{kok}}} \quad (8)$$

Kaavaan 8 sijoittamalla kappaleiden keskipisteiden etäisyydet varsinaisen profiilin yläaidasta (y_1, y_2 ja y_3) ja kappaleiden pinta-alat (A_1, A_2 ja A_3) sekä kokonaispinta-ala (A_{kok}) saadaan selville koko profiilin keskipiste (y).

$$y = \frac{40 \text{ mm} \cdot 480 \text{ mm}^2 + 3 \cdot 468 \text{ mm}^2 + 40 \text{ mm} \cdot 480 \text{ mm}^2}{1428 \text{ mm}^2} = 27,87 \text{ mm} \approx 28 \text{ mm} \quad (9)$$

Kaavan 9 perusteella profiilin keskipiste sijaitsee noin 28mm profiilin yläreunasta. Kappaleen neliömomentti (I_z) ratkaistaan Steinerin säännöllä (kaava 10).

$$I_z = \left(\frac{b_1 \cdot h_1^3}{12} + A_1 \cdot d_1^2 \right) + \left(\frac{b_2 \cdot h_2^3}{12} + A_2 \cdot d_2^2 \right) + \left(\frac{b_3 \cdot h_3^3}{12} + A_3 \cdot d_3^2 \right) \quad (10)$$

Kaavaan 10 sijoittamalla profiilin eri osien ulkomitat (b_1, b_2, b_3, h_1, h_2 ja h_3), pinta-alat (A_1, A_2 ja A_3), y-suuntainen kappaleiden keskipisteen etäisyys profiilin keskipisteestä (d_1, d_2 ja d_3).

$$\begin{aligned}
 I_z &= \left(\frac{6 \text{ mm} \cdot 80^3 \text{ mm}^3}{12} + 480 \text{ mm}^2 \cdot 12,13^2 \text{ mm} \right) \\
 &+ \left(\frac{80 \text{ mm} \cdot 6^3 \text{ mm}^3}{12} + 468 \text{ mm}^2 \cdot 24,87^2 \text{ mm} \right) \\
 &+ \left(\frac{6 \text{ mm} \cdot 80^3 \text{ mm}^3}{12} + 480 \text{ mm}^2 \cdot 12,13^2 \text{ mm} \right) \\
 &= 944157,33 \text{ mm}^4 = 94,4 \cdot 10^4 \text{ mm}^4
 \end{aligned} \tag{11}$$

Kaavan 11 perusteella saatiin ohutlevypalkin neliömomentiksi (I_z) $94,4 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$.

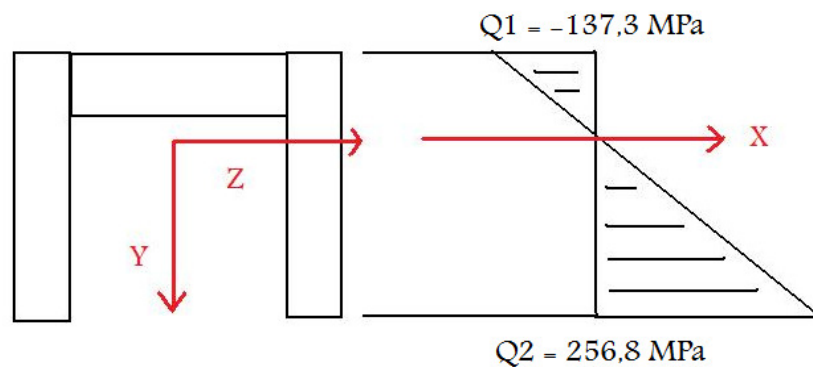
Sijoittamalla kaavaan 4 saatu neliömomentin arvo (I_z) ja keskipisteen etäisyydet profiilin ylä- ja alareunaan (y_1 ja y_2) sekä voiman aiheuttama vääntömomentti (M).

$$\sigma_1 = \frac{46,5 \cdot 10^5 \text{ Nmm} \cdot (-27,87 \text{ mm})}{94,4 \cdot 10^4 \text{ mm}^4} = -137,3 \text{ MPa} \tag{12}$$

Kaavan 12 perusteella palkin yläpinnalle vaikuttaa 137,3 MPa puristusjännitys, joka on varsin vähän.

$$\sigma_2 = \frac{46,5 \cdot 10^5 \text{ Nmm} \cdot 52,13 \text{ mm}}{94,4 \cdot 10^4 \text{ mm}^4} = 256,8 \text{ MPa} \tag{13}$$

Kaavan 13 perusteella palkin alapinnalla vaikuttaa 256,8 MPa vetojännitys, joka on hieman vähemmän kuin alkuperäisessä RHS -putkipalkissa (273,5 MPa).



Kuva 32. Ohutlevypalkin taivutusjännitykset.

Ohutlevypalkkirakenteen varmuus saadaan kaavasta 14.

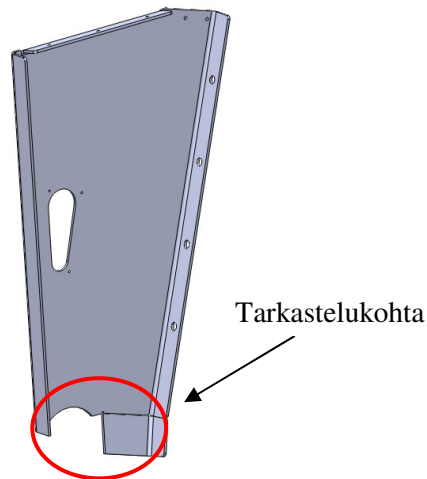
$$n = \frac{355 \text{ MPa}}{256,8 \text{ MPa}} = 1,4, \tag{14}$$

Kaavan 14 perusteella rakenteen varmuudeksi tulee 1,4, joka on hieman suurempi kuin RHS-putkiprofiililla.

Korvaava ohutlevyprofiili on laskujen perusteella $90 \times 80 \times 5$.

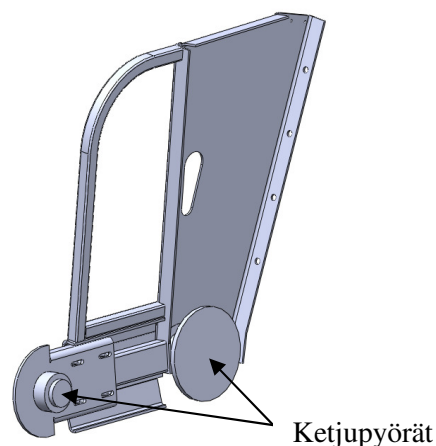
6.8.2 Runkolevyn FEM-analyysi CosmosWorks-ohjelmistolla

Uuden moduulitäyttöpöydän repijämoduulin tehtiin työssä tarkempi lujuustarkastelu, koska laitteen suurimmat rasitukset kohdistuvat sen rakenteisiin. Tarkastelukohtana moduulissa oli runkolevyn ja vetoakselikorvakkeen läheinen alue (kuva 33), johon lujuustarkastelu tehtiin, koska sen todettiin olevan erisuuntaisille voimille eniten altistuva kohta täyttöpöydässä. Lujuustarkastelu toteutettiin SolidWorks 3D -ohjelman Premium -versiossa olevalla työkalulla, joka on CosmosSimulation.

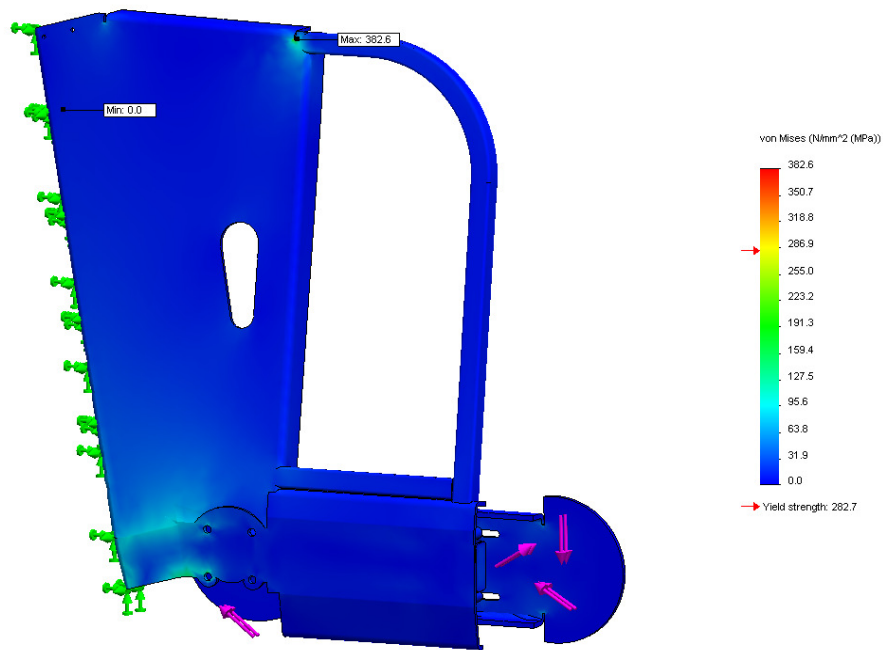


Kuva 33. Repijämoduulin runkolevy.

Analyysi aloitettiin mallentamalla yksinkertaistettu malli repijämoduulin tarkastelukohdasta, mihin voidaan asettaa tarvittavat reunaehdot (kuva 34). Mallista pyrittiin tekemään mahdollisimman yksinkertainen kuitenkin pois jättämättä lujuuden kannalta oleellisia muotoja. Reunaehtoihin kuuluu 1,5 kW sähkömoottorin aiheuttama 3,1 kN vääntömomentsi sekä levyn kiinnityspisteet, joilla repijämoduuli kiinnitetään runkomoduuliin. Sähkömoottorin aiheuttama vääntömomentsi asetetaan ketjupyöriä kuvaaviin osiin, joista voimat välittyvät rakenteisiin. Rakenne asetetaan kiinteäksi sen oikeista kiinnityspisteistä, jolloin saadaan totuuden mukainen tilanne aikaiseksi. Tarkastelutilanne on tehty todellisuutta rasittavammaksi, sillä tarkastelussa ei oteta huomioon moduulin toiselta puolelta tulevia tukipisteitä, vaan kaikki moottorilta tulevat voimat on pyritty kohdistamaan yhteen runkolevyyn.

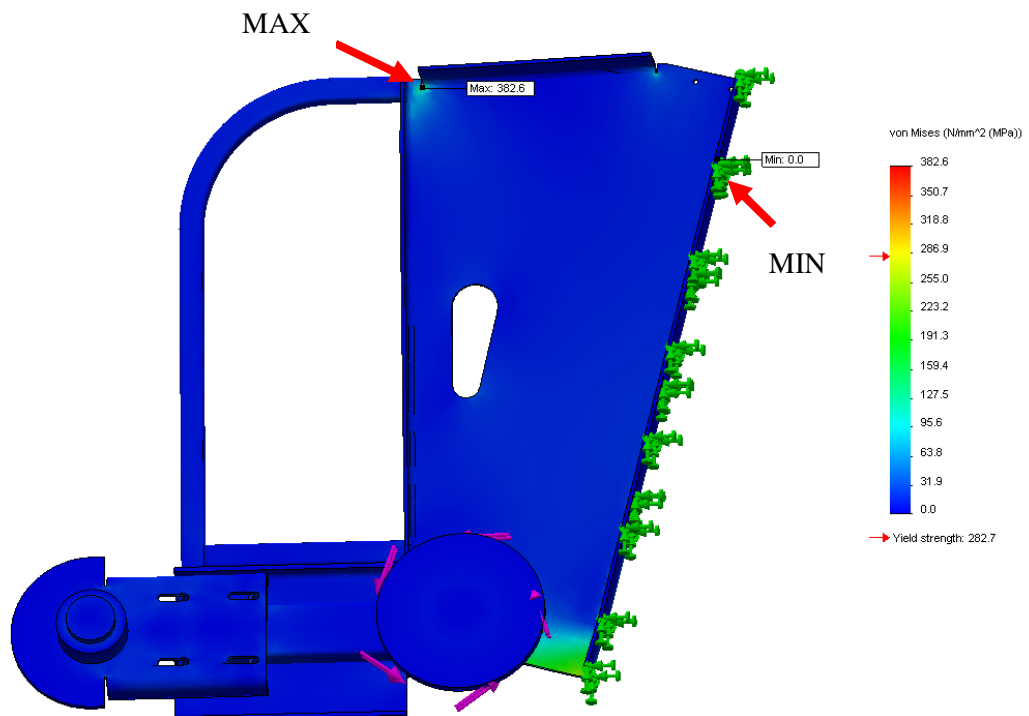


Kuva 34. Repijämoduulin FEM -malli



Kuva 35. Normaaliännityksen jakautuminen.

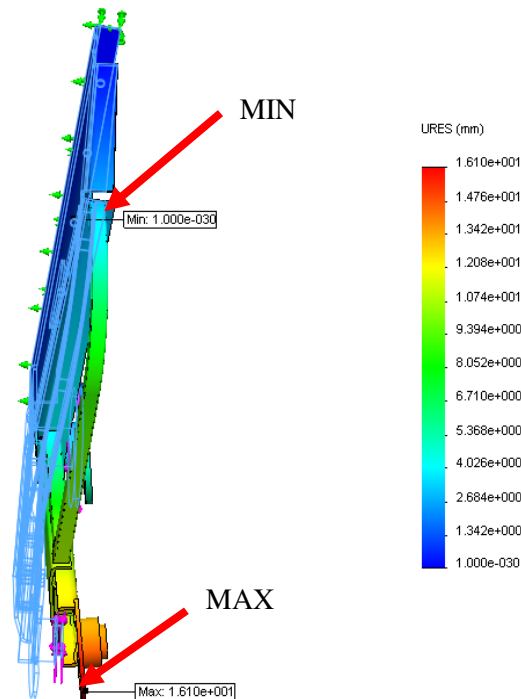
Kuvasta 36 näkyy maksimiännityksen sijainti, joka tulee runkolevyn yläosaan. Mittausmalli on tehty tavanomaista heikommaksi, koska siinä ei ole otettu huomioon vanereita sekä tukiputkistoja. Tällä toimenpiteellä rakenteelle saadaan lisää varmuutta.



Kuva 36. Normaaliännityksen jakautuminen.

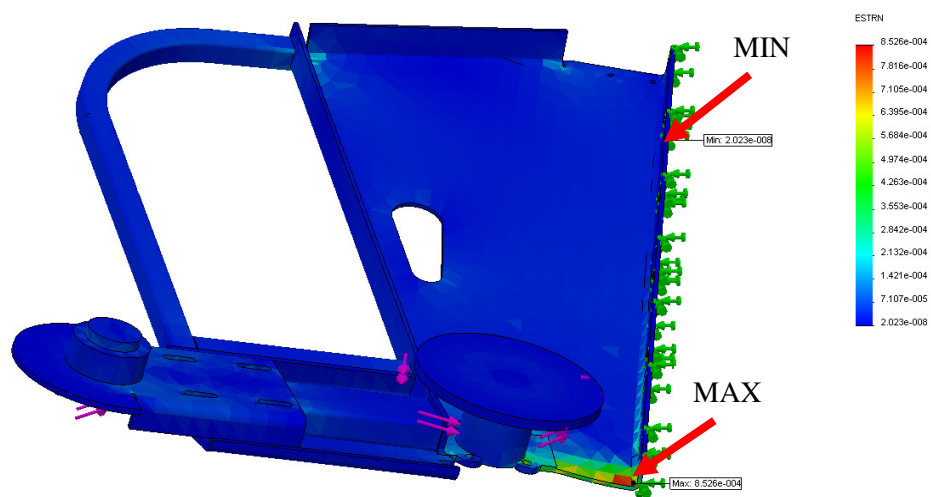
Lujuustarkastelussa saatujen tulosten perusteella jännitykset eivät kohdistu arveltuun kohtaan runkolevyssä, vaan jakautuvat suhteellisen tasaisesti repijämoduulin rakenteisiin. Analyysissä

tulleet rasitukset eivät myöskään ole rakenteelle liian suuria, sillä suurin leikkausjännityksenarvo on 382,6 MPa, joka on hetkellinen ja sijaitsee pienellä ja turvallisella alueella runkolevyssä.



Kuva 37. Runkolevyn taipuma.

Repijämoduuli on myös rakenteena todella jäykkä, sillä lujuusanalyysin perusteella rakenne ei väännä juurikaan siihen kohdistuvien voimien vaikutuksesta (kuva 37). Vaikka lujuustarkastelumallista on jätetty pois useita tukevia elementtejä, kuten vanerit ja tukiputket, eivät analyysin antamat tulokset ole suuria. Lujuusanalyysin perusteella suurin siirtymä on noin 16 mm, joka on todellisuudessa pienempi tukevien rakenteiden ansiosta (kuva 37).



Kuva 38. Runkolevyn vääntöjännitykset.

6.9 Täyttöpöydän koneturvallisuus

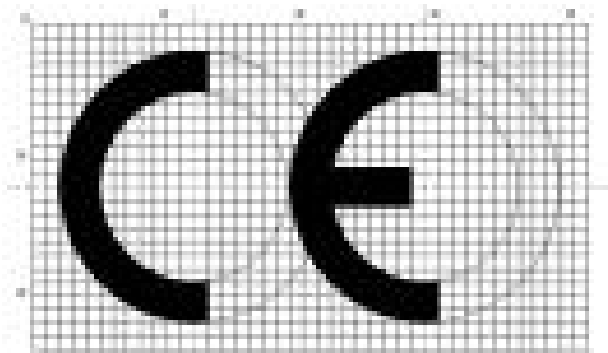
Täyttöpöytä koskevat lukuisat lakisääteiset turvallisuusmääräykset. Uutta täyttöpöydän moduulimallia suunniteltaessa hyödynsin vanhan jo vuosia tuotannossa olleen täyttöpöydän turvavaruksia. Vanhan täyttöpöydän ollessa tuotannossa ovat kaikki sitä koskevat määräykset olleet myös sitä valmistaneen asiakasyrityksen tietoisuudessa. Täyttöpöydän ollessa varsin itsenäisesti toimiva laite voidaan se sijoittaa turvamerkittyyn suljettuun tilaan, josta sitä voidaan käyttää kauko-ohjauksella. Tämä on yksi laitteen turvallisen käytön toimenpidemalleista. Täyttöpöydän liikkuvien osien suojaus on ristiriitaista laitteen alhaisen käyntinopeuden takia, koska laitteesta ei aiheudu vaaraa, jota käyttäjä ei huomaisi. Liiallinen liikkuvien osien suojaus puolestaan tukkii laitteen todella lyhyessä ajassa, koska kuljetettava rehu pyrkii kasautumaan suojiin väliin.

6.9.1 Konedirektiivi

Vuonna 1989 käyttöön otetun ja vuonna 2006 uusitun konedirektiivin tunnus on 2006/42/EY. Tämän direktiivin pohjalta on tehty suomalainen säädös jonka tunnus on 400/2008 koneiden turvallisuudesta. Kyseinen asetus astui voimaan 29.12.2009. Asetus koskee vuoden 1994 jälkeen hankittuja koneita, ja se on suunnattu pääasiallisesti koneiden valmistajille. Konedirektiivi eli valtioneuvoston asetus koskee kaikkia niitä laitteita, joihin seuraava määritelmä sopii:

”kone on muulla energialla kuin lihasvoimalla käytettävä toisiinsa liitettyjen osien yhdistelmä, jossa ainakin yksi osa liikkuu.”

Direktiivin ulkopuolelle on jätetty erityisdirektiivien alaisia koneita, joita ovat mm. yleisessä liikenteessä olevat ajoneuvot ja potilaan lääkityksessä käytetyt laitteet. Myös pienet kotona ja toimistoissa käytetyt laitteet kuten tulostimet, pöytäkoneet sekä sähkövatkaimet on jätetty direktiivin ulkopuolelle, koska näistä aiheutuu vain pieniä sähköistä johtuvia vaaroja. Konedirektiivi ei myöskään koske sotateollisuuden laitteita, koska niiden käyttötarkoitus on päinvastainen konedirektiiville. CE-merkintä (kuva 39) kertoo, että kone on konedirektiivin vaatimusten mukainen. Koneen valmistajan täytyy osoittaa valmistamansa koneen olevan konedirektiivin vaatimusten mukainen kiinnittämällä siihen virallinen CE-merkintä (kuva 39). [15 s. 28–34.]



Kuva 39. Valtioneuvoston koneturvallisuusasetuksen liitteen 3 mukainen CE-merkintä[ec.europa.eu/finland/images/ce_fi.jpg].

Täyttöpöytä koskevat myös seuraavat asetukset:

- Konedirektiivi 89/392/ETY
- Kansalliset säädökset VNp1410/93.

6.9.2 Standardit

Direktiivit esittävät vain yleiset vaatimukset, joita täydennetään eurooppalaisilla standardeilla. Direktiivejä täydentävät standardit jaetaan kolmeen eri ryhmään, joita ovat A-, B- ja C-tyyppin standardit. Suomessa käytettävien standardien tunnus on SFS-EN. Kansainväliseen ISO-standardiin yhdistettynä tunnus on SFS-EN ISO. [15 s. 58–62.]

A-tyyppin standardit ovat yleisiä ja ne ovat kaikkia koneita koskevia standardeja, joilla osoitetaan yleinen turvallisuustaso. A-tyyppin standardeja sovelletaan, jos yksityiskohtaisempia standardeja ei ole olemassa. B-tyyppin standardit koskevat koneisiin liittyvien ongelmien mittaamista tai poistamista (esim. melu) tai tiettyjä turvalaitteita (esim. hätäpysäytin) taikka turvatoimintoja (esim. odottamattoman käynnistämisen estäminen). C-tyyppin standardit koskevat tiettyä konetta tai koneryhmää (esim. robotti). [15 s. 58–62.]

Täyttöpöytä koskevat seuraavat A-tyyppin standardit:

- SFS-EN ISO 12 100-1 Koneturvallisuus. Perusteet ja yleiset suunnitteluperiaatteet. Osa1: Peruskäsitteet ja menetelmät
- SFS-EN ISO 12 100-2 Koneturvallisuus. Perusteet ja yleiset suunnitteluperiaatteet. Osa2: Tekniset periaatteet ja spesifikaatiot
- SFS-EN ISO 14 121-1 Koneturvallisuus. Riskin arvioinnin periaatteet. [15]

Täyttöpöytä koskevat seuraavat B-tyyppin standardit:

- SFS-EN 349 Turvavälit.
- SFS-EN 953 Suojukset. [15]

Täyttöpöytä koskee seuraava C-tyyppin standardi:

- SFS-EN 618 Kuljettimet. [15]

Lisäksi täyttöpöytä koskevat seuraavat standardit:

- SFS-EN291
- SFS-EN292
- SFS-EN294
- SFS-EN418.

6.10 Täyttöpöydän valmistuskustannusten arviointi

Täyttöpöydän valmistuskustannuksia laskettaessa huomattiin, että uuden mallin valmistuskustannukset nousevat hieman vanhaa mallia korkeammaksi. Tämä asia voidaan perustella tuotteen moduloinnin tuomien osien kappalemäärän pienellä nousulla sekä muotoilua parantavien rakenteiden käytöllä. Tuotteen valmistukseen tarvittavan työvoiman tarve puolestaan pienenee, koska uusi täyttöpöytämalli koostuu pitkälle työstetyistä ja valmistetuista osista sekä kokoonpanoista. Näin ollen varsinaisten yksittäisten osien valmistukseen tarvittavan työvoiman tarve vähenee.

Täyttöpöydän moduloinnin takia nousseet kustannukset laskevat valmistusmäärien myötä, jolloin tuotteen moduulirakenteesta saadaan aikaan paras mahdollinen hyöty. Moduloidun tuotteen tuotestrategia perustuu juuri suuriin valmistusmääriin vähentäen samalla tuotteen asiakaskohdista räätälöintiä. Muotoilusta aiheutuneet kustannukset ovat puolestaan väistämättömiä, kun haetaan erikoisempia muotoja tuomaan tuotteelle lisäarvoa. Toisaalta tuotteessa käytetyt muotoillut osat myös parantavat tuotteen valmistettavuutta vähentämällä tuotteen osien ja hitsausliitosten määrää. Kaiken kaikkiaan uuden täyttöpöydän valmistuskustannukset eivät ole este tuotteen saattamiselle markkinoille.

7 TULOSTEN ARVIOINTI

Kevako Oy:n ja NK-Tuote Oy:n antama insinöörityöaihe oli mielenkiintoinen ja todella haastava. Työnsuorituksessa omat lähtötietoni maatalouslaitteista ja sekä kiinnostukseni aiheeseen auttoivat todella paljon työn eri vaiheissa.

Insinöörityö vaikutti alussa kokonaisuutena laajalta. Alussa mietin, onko aihe jopa liian laaja insinöörityöksi pysyäkseen vaaditussa aikataulussa. Työmääränsä ja sen laajuuden vuoksi työ antoi todellisuutta vastaavan kuvan työelämästä ja näin ollen sain kokea, miltä oikea suunnitteluinsoörin työ tuntuu.

Mielenkiintoisin työvaihe oli täyttöpöydän uuden moduulimallin suunnittelu, jossa vanhan mallin pohjalta rakennettiin uudentyyppinen täyttöpöytäratkaisu. Moduulimallin suunnittelussa oli haastavaa miettiä erilaisia moduuliratkaisuja ja sitä, kuinka ne voidaan liittää toisiinsa. Haastavimmat yksittäiset osat täyttöpöydän suunnittelussa olivat repijämoduulin runkolevyt, jotka ovat monen eri osan liitospintoja. Runkolevyjen mallintaminen vaati monien ratkaisuvaihtoehtojen punnitsemista. Runkolevyn monimutkainen muoto vaati lisäksi erittäin tarkkaa valmistavuuden tarkastelua.

Työn tuloksena saatu täyttöpöydän moduulimalli on asiakasyritys NK-Tuote Oy:n mielestä toimiva kokonaisuus, minkä mahdollinen tuotantoon siirtäminen ei ole lainkaan mahdoton ajatus. Täyttöpöydän moduulimallia ei pidetä kuitenkaan tällä hetkellä ajankohtaisena, koska kysyntä on heikko nykyisessä taloustilanteessa. Uuden täyttöpöydän prototyypin valmistaminen voi kuitenkin olla hyvin ajankohtaista tulevaisuudessa.

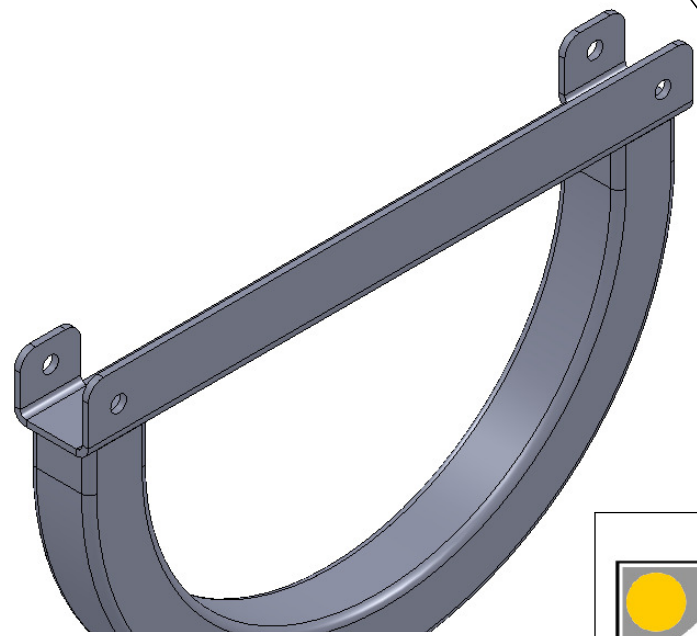
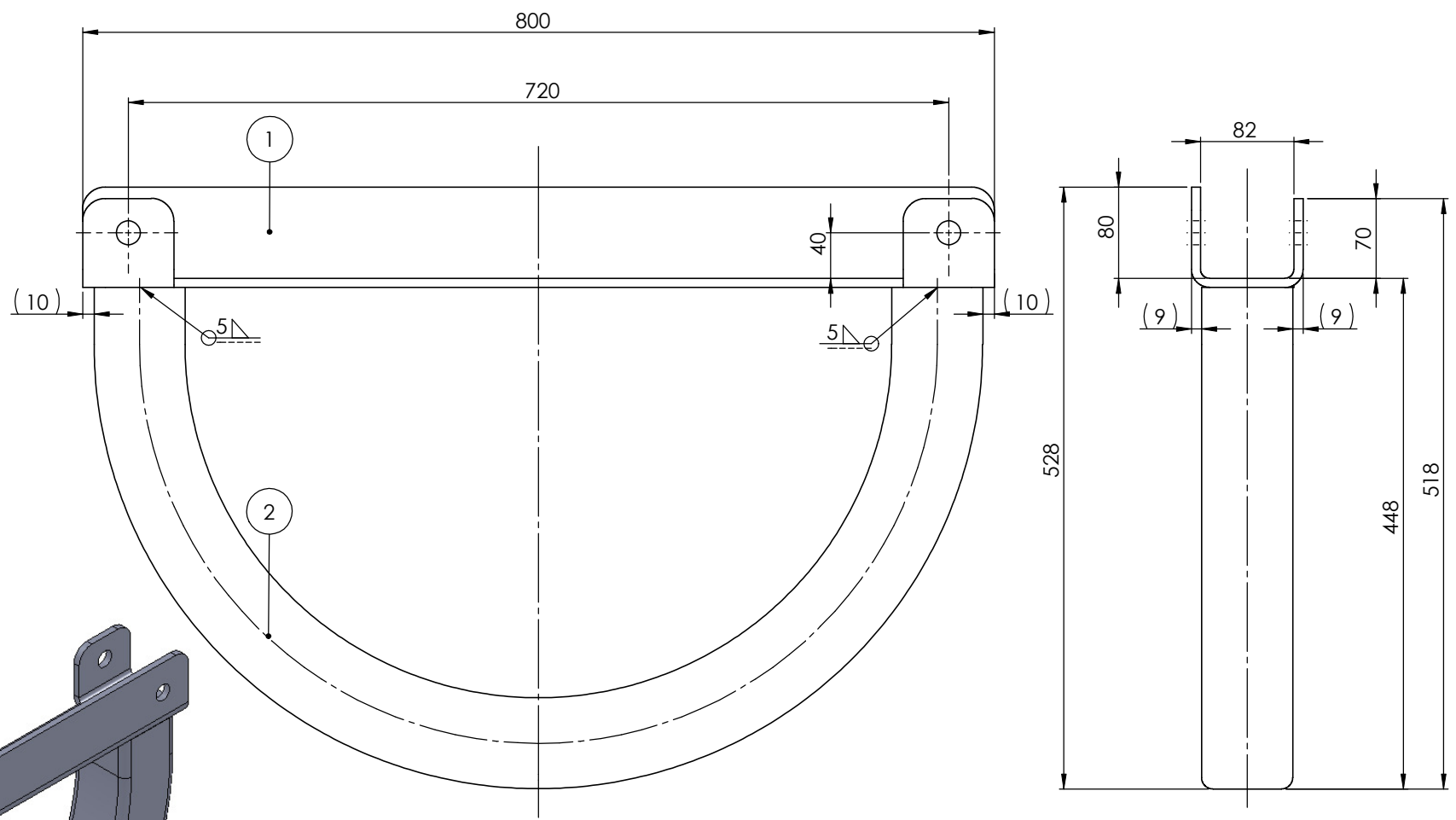
Mielestäni onnistuin asettamissani tavoitteissa hyvin, sillä tuotteen valmistuskustannukset eivät nousseet ratkaisevan korkeiksi eikä täyttöpöydän rakenteesta tullut liian raskasta (noin. 2000 kg). Ainoa huono asia työn suorituksessa oli aikataulun pitkittyminen, mikä ei pysynyt suunnitelluissa rajoissa. Aikataulujen pitkittymisiä voidaan kuitenkin pitää yleisinä erilaisissa projekteissa. Kokonaisuutena olen tyytyväinen tekemääni insinöörityöhön.

LÄHTEET

1. Kevako Oy., [online]. [Viitattu 2.12.2009]. Saatavissa: www.kevako.fi
2. Jahnukainen, J., Lahti, M. & Virtanen, T., *Loginet: Toimittajayhteistyö tilausohjautuvissa toimitusketjuissa*. Helsinki: Metalliteollisuuden kustannus Oy. 1997.
3. Tanskanen, K., *Hankinnat*. Teoksessa J-M. Lehtonen (toim.) *Tuotantotalous*. Helsinki: WSOY. 2004.
4. Tanskanen, K. & Blomqvist, M., *Toimitusketjun hallinta*. Teoksessa J-M. Lehtonen (toim.) *Tuotantotalous*. Helsinki: WSOY. 2004.
5. Riikonen, J., *Toimittaja verkoston ja päähankkijan rajapintojen yhdistäminen*. Diplomityö. Konetekniikan osasto. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. [online, PDF]. 2007. [Viitattu 23.10.2009]. Saatavissa: <https://oa.doria.fi/handle/10024/30518>
6. Koivisto, T., Lehto, T., Poikkimäki, J., Valkokari, K. & Hyötyläinen, R., *Metallin ja koneenrakennuksen liiketoimintayhteisöt Pirkanmaalla*. VTT tiedotteita. Espoo. [online, PDF]. 2004. [Viitattu 21.10.2009]. Saatavissa: www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2004/T2257.pdf
7. Rosti, T., *Tuotekehityksen ja tuottavuuden yhteys*. Ohutlevypäivät 12–13.3.2009 Heureka, Tikkurila. [online, PDF]. 2009. [Viitattu 10.6.2009]. Saatavissa: www.teknologiateollisuus.fi
8. SFS-EN ISO 9001., *laadunhallintajärjestelmä: Vaatimukset*. Suomen Standardoimisliitto: Helsinki. 2008.
9. Tuomi, J., *Tuotekehitys*. Teoksessa J-M. Lehtonen (toim.) *Tuotantotalous*. Helsinki: WSOY. 2004.
10. Smått, T., *Tuotetiedonhallinnan järjestäminen ja integroiminen toiminnanohjausjärjestelmään*. Tampereen ammattikorkeakoulu. Tutkintotyö. Tampere. [online, PDF]. 2006. [Viitattu 5.1.2010]. Saatavissa: <https://oa.doria.fi/handle/10024/4490?show=full>
11. Soronen, O., *Massaräätälöinti asiakasmyönteisessä tuotannossa*. Helsinki: Metalliteollisuuden Kustannus Oy. 1999.
12. Huuskonen, A., *Moduloidun tuotteen konfigurointi*. Opinnäytetyö. Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma. Savonia-ammattikorkeakoulu, Tekniikka, Kuopio. 2008.
13. Lahtelin, K-M., *Jakeluasemakatoksen modulointi*. Opinnäytetyö. Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma. Savonia-ammattikorkeakoulu, Tekniikka, Kuopio. 2005.
14. SFS-EN ISO 3834., *Hitsauksen laatustandardi*. Suomen Standardoimisliitto. Helsinki.
15. Siirilä, T., *Koneturvallisuus 1*. 2 uudistettu painos. Inspecta Koulutus Oy. Keuruu. 2008.

ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	NK0053	Takajalankorvako	1
2	NK0052	Takajalanputki	1

Rev	Revision Description	Date	By



Liite 1 / 3

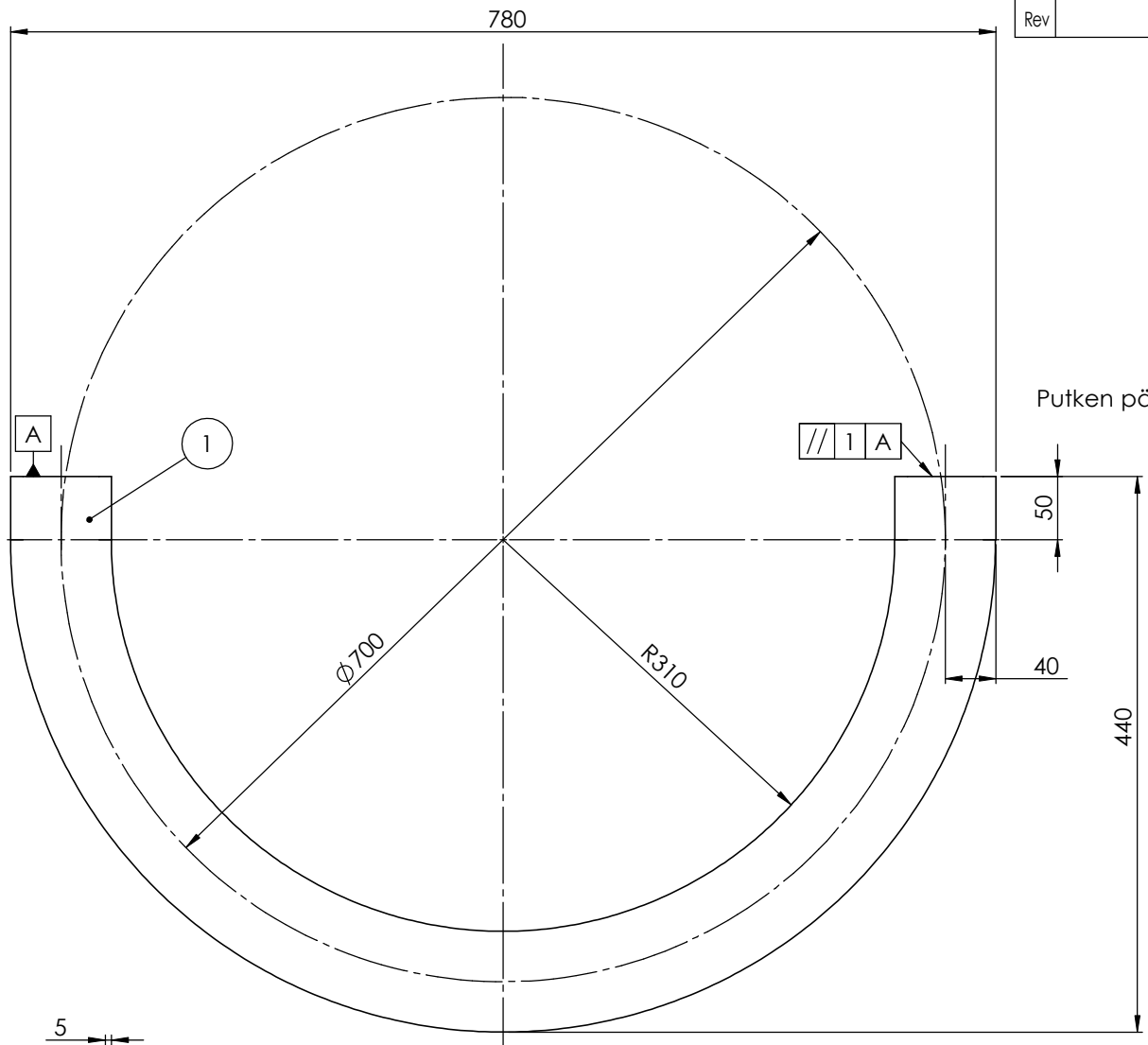
SolidWorks Student License
Academic Use Only



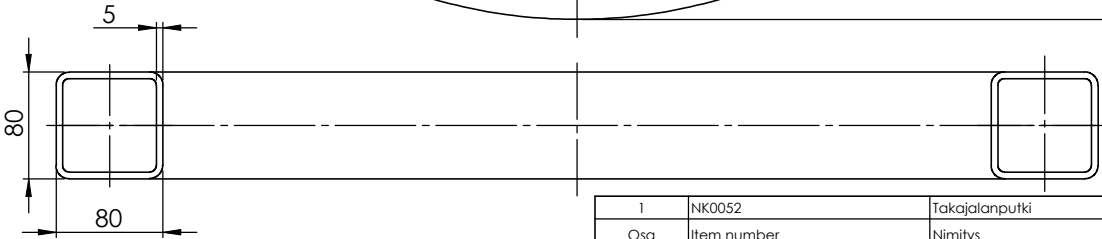
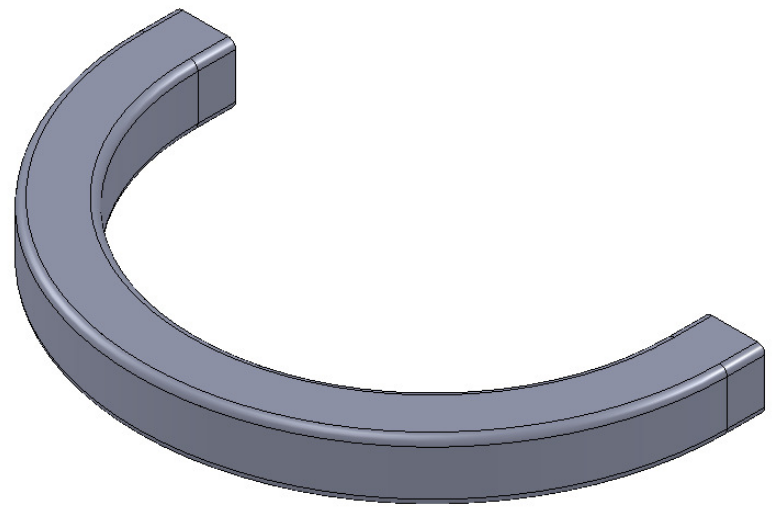
KEVAKO OY

Weight	23	Scale	1:4	Design	T.Saarelainen	30.8.2009
				Check		
				Appr		
Hitsauskoonpanopiirustus Takajalka		Code	NK2008	1/1	Rev	A


Rev	Revision Description	Date	By
-----	----------------------	------	----

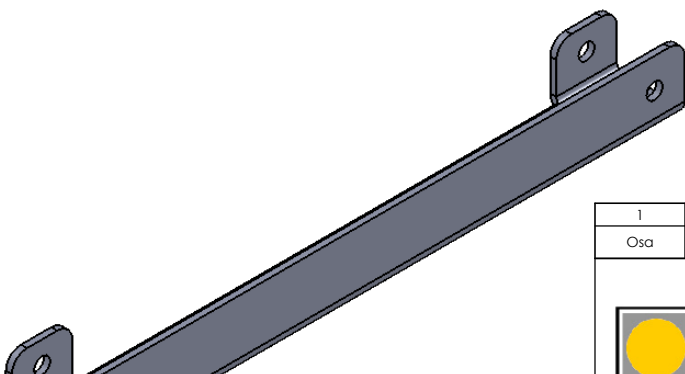
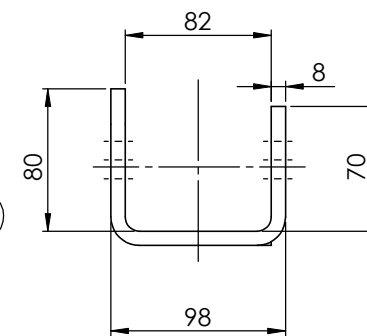
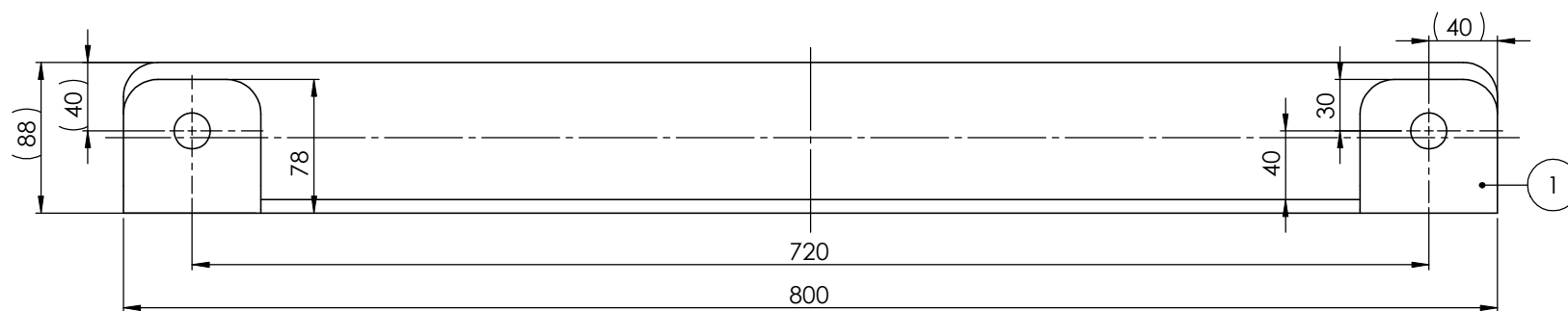
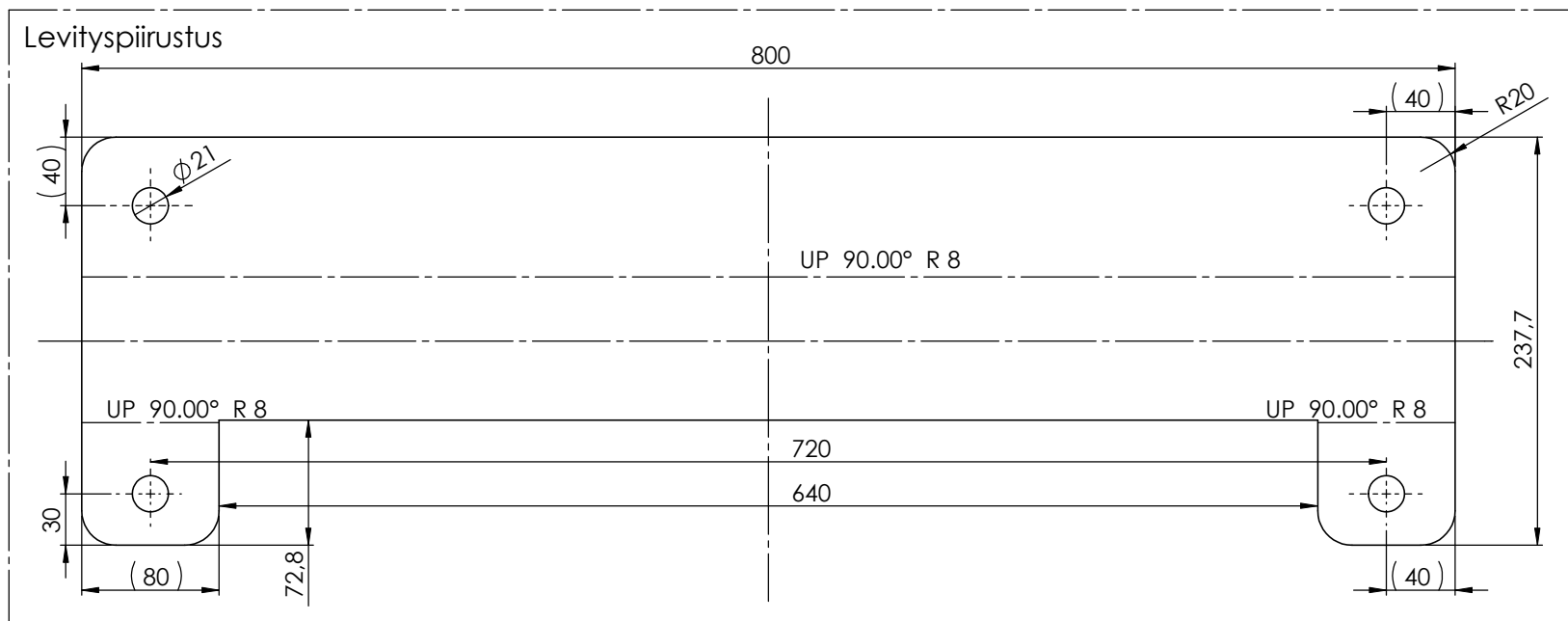



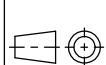
Putken päät oikaistaan taivutuksen jälkeen.



Liite 1 2/3

1	NK0052	Takajalanputki	ISO 2768-m	80x80x5x1200	S355J2G3	1
Osa	Item number	Nimitys	Standardi	Muoto, mitat	Materiaali	Kpl
				Weight	Scale	Design
				13,5	1:4	T.Saarelainen
				RHS	80x80x5x1200 S355J2G3 Takajalanputki	30.8.2009
				Code	1/1	Rev
				NK0052		A



1	NK0053	Takajalankorvako	ISO 2768-m	800x238x8	S355J2G3	1
Osa	Item number	Nimitys	Standardi	Muoto, mitat	Materiaali	Kpl
 KEVAKO OY				Weight	Scale	Design
				9	1:3	T.Saarelainen
Levy Plate 800x238x8 S355J2G3 Takajalankorvako					Check	30.8.2009
				Code	1/1	Rev
					NK0053	A