



SAVONIA

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

KÄÄNTÖPÖYDÄN SUUNNITTELU

TEKIJÄ: Antti Puranen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Antti Puranen	
Työn nimi Kääntöpöydän suunnittelu	
Päiväys 20.4.2015	Sivumäärä/Liitteet 24+3
Ohjaaja(t) lehtori Pertti Kupiainen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Simetek Works Oy	
Tiivistelmä <p>Tämä opinnäytetyö tehtiin Simetek Works Oy:lle. Aiheena oli suunnitella kääntöpöytä koneistettavien kappaleiden kiinnittämiseksi avarruskoneeseen. Kääntöpöydän avulla kappaleen kiinnittäminen haluttuun kulmaan on helpompaa ja nopeampaa. Tämä parantaa tuotannon tehokkuutta ja mahdollistaa monimutkaisten kappaleiden koneistamisen. Työn sisältö rajattiin koskemaan mekaniikkasuunnittelua, komponenttien valintaa, kustannusten arviointia ja dokumentointia.</p> <p>Työ aloitettiin vaatimusten määrittämisellä, jonka jälkeen alettiin luonnostelemaan erilaisia ratkaisuvaihtoehtoja. Luonnosteluvaiheessa löytyi melko nopeasti toteuttamiskelpoinen ratkaisu, josta ryhdyttiin tekemään 3D -mallia SolidWorks-ohjelmalla. Lisäksi mitoitettiin sopiva hydraulisylinteri ja valittiin muut hydraulikkakomponentit, kuten pumppuyksikkö.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena syntyivät 3D -mallit sekä tarvittavat piirustukset ja DXF -tiedostot osien valmistamiseksi. Opinnäytetyössä löydettiin sopivat ratkaisut. Näin ollen kääntöpöytä täyttää sille asetetut vaatimukset ja näillä näkymin myös soveltuu käyttötarkoitukseensa.</p>	
Avainsanat kääntöpöytä, avarruskone	
julkinen	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering			
Author(s) Antti Puranen			
Title of Thesis Designing a Tilting Table			
Date	April 20, 2015	Pages/Appendices	24+3
Supervisor(s) Mr Pertti Kupiainen, Senior Lecturer			
Client Organisation /Partners Simetek Works Oy			
<p>Abstract</p> <p>The main aim of this final project was to design a tilting table for clamping the machined parts to the horizontal boring machine. It will be easier and faster to clamp the parts in random angle with the tilting table. This increases efficiency of production and enables difficult machining. The project was limited to planning the mechanics, selecting the components, estimating costs and documentation.</p> <p>The work was started by determining the requirements. After that, it was possible to start sketching different solutions for the structural design. A feasible structural design solution was found at an early stage and 3D modelling with SolidWorks software could be started. Then, a hydraulic cylinder was dimensioned and other hydraulic components, as the pump unit were chosen.</p> <p>As a result of this final project, the structure of the tilting table was designed. Also drawings and other required documents, like DXF- files, were created. The tilting table seems to be suitable for the purpose that it was meant for and thus the project reached the goals that were set to it.</p>			
Keywords tilting table, horizontal boring machine			
public			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	7
2	LÄHTÖTIEDOT	8
2.1	Avarruskone	8
2.2	Kappaleen kiinnittäminen	9
3	KIINITTIMIEN SUUNNITTELU	10
4	TYÖN TOTEUTUS	11
4.1	Vaatimusten määrittäminen	11
4.2	Ideointi	11
4.3	Palaverit.....	12
4.4	Vertailu ja valinnat	12
5	SUUNNITTELU	13
5.1	Periaatteet.....	13
5.2	Lopullinen rakenne.....	13
5.2.1	Alarunko.....	14
5.2.2	Kääntönivel.....	15
5.2.3	Laakerointi.....	16
5.2.4	Ylärunko.....	16
5.2.5	Pöytälevy.....	17
5.2.6	Lukitusmekanismi.....	17
5.3	Kulman säädön toteutus.....	18
5.3.1	Sylinteri	18
5.3.2	Pumppuyksikkö	20
5.3.3	Komponentit	21
5.4	Materiaalit	21
5.5	Valmistettavuus	21
5.6	Piirustukset ja DXF- tiedostot.....	22
5.7	Kustannukset.....	22
6	TARKASTELU	23
7	YHTEENVETO.....	24
	LÄHTEET	25
	LIITE 1: PIIRIKAAVIO	26

LIITE 2: PUMPPUYKSIKÖN TIEDOT 27

LIITE 3: LAAKERIN TIEDOT 28

ESIPUHE

Tämä opinnäytetyö on tehty Simetek Works Oy:lle. Haluan kiittää Simetek Works Oy:n tuotantopäällikkö Jouni Partasta mielenkiintoisen opinnäytetyöaiheen tarjoamisesta ja sen hyvästä ohjauksesta. Lisäksi haluan kiittää Savonia-ammattikorkeakoulun lehtori Pertti Kupiaista hyvästä ohjauksesta.

Kuopiossa 23.4.2015

Antti Puranen

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä suunnitellaan kääntöpöytä kappaleen kiinnittämiseksi avarruskoneeseen. Kääntöpöydän avulla kappaleen kiinnittäminen haluttuun kulmaan on helpompaa ja nopeampaa, mikä parantaa tuotannon tehokkuutta. Tavoitteena on löytää toimiva, edullinen ja toteuttamiskelpoinen ratkaisu.

Aihe syntyi toimeksiantajan tarpeesta suunnitella avarruskoneelle kappaleen kiinnitystä helpottava laite kaltevien pintojen koneistukseen. Pyrkimyksenä on mahdollistaa koneistettavien kappaleiden kiinnittäminen haluttuun kulmaan nopeammin ja helpommin. Nykyisellään yrityksellä on käytössään perinteisiä kulmahyllyjä, jotka mahdollistavat vain kiinnittämisen 90°:n kulmaan. Kappale, joka vaatii kiinnittämisen tiettyyn kulmaan, vaatii kiinnittämiseltä erikoisjärjestelyjä, jotka eivät ole useinkaan tehokkuuden ja tukevuuden kannalta edullisia.

Opinnäytetyö on rajattu koskemaan mekaniikkasuunnittelua, komponenttien valintaa ja kustannuksia. Opinnäytetyön tavoitteena on laatia loppuraportti, valmistuspiirustukset, DXF -tiedostot ja kustannusarvio. Koska aihealue sivuaa kiinnitinsuunnittelua, työssä on käytetty apuna kiinnitinsuunnittelun ja työvälinetekniikan kirjallisuutta.

Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja on Simetek Works Oy. Yritys on vuonna 1994 perustettu Siilinjärvellä sijaitseva teollisuuden tilaus- ja alihankintakonepaja sekä kunnossapidon kumppanuusyritys. Yritys tarjoaa palvelut suunnittelusta valmistukseen ja asennukseen saakka. Yritys työllistää n. 40 henkilöä.

2 LÄHTÖTIEDOT

2.1 Avarruskone

Toimeksiantajalla on käytössään kaksi avarruskonetta, joissa kääntöpöytää on tarkoitus käyttää. Avarruskone on koneistuksessa käytettävä työstökone, joka on yleensä hyvin massiivinen. Avarrus tarkoittaa reiän koneistamista tarkkamittaisemmaksi ja pinnanlaadultaan paremmaksi. Avarruskoneella voidaan suorittaa samat työstöoperaatiot kuin jysinkoneellakin, koska ne käyttävät samoja työkaluja.

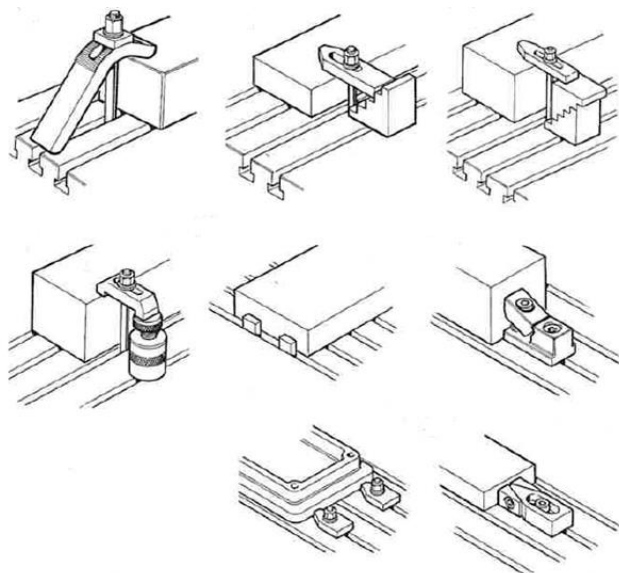
Avarruskoneessa työkalut kiinnitetään karaan, joka on karalaatikossa vaakatasossa. Kara pyörii akselinsa ympäri sekä liikkuu aksiaalisuunnassa. Karalaatikko liikkuu pääpylväessä pystysuunnassa. Muut liikkeet toteutetaan konetyypeittäin pääpylvästä tai pöytää liikuttamalla. Avarruskoneella voidaan yhdellä kiinnityksellä koneistaa työkappale usein valmiiksi asti, mistä on etua raskaiden työkappaleiden koneistuksessa. (Ansaharju & Maaranen 1997, 568.) Kuvassa 1 on esitetty numeerisesti ohjattu avarruskone.



KUVA 1. CNC -ohjattu avarruskone (TOS VARNSDORF 2015.)

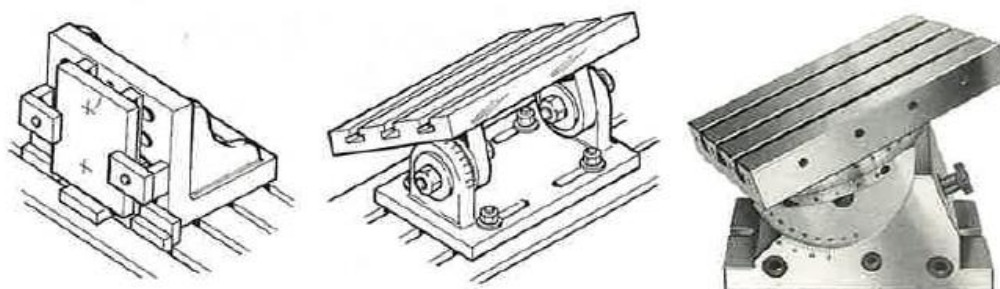
2.2 Kappaleen kiinnittäminen

Koneistettavat kappaleet kiinnitetään yleensä avarruskoneen pöytään käyttäen perinteisiä haka-rautoja ja T-uraruuveja. Kappaleen asemoimisessa käytetään aluspaloja ja asetuslevyjä. Kuvassa 2 on esitetty erilaisia kiinnittämässä käytettäviä välineitä ja niiden käyttötapoja.



KUVA 2. Erilaisia kiinnitystarvikkeita ja niiden käyttötapoja (Ansaharju & Maaranen 1997, 352.)

Mutkikkaissa kulmien työstöissä ja vinojen reikien poraamisessa käytetään apuna erilaisia kulma- ja kääntöpöytiä monipuolistamaan avarruskoneen työstömahdollisuuksia. Lisäksi kappaleen kääntäminen helpottaa ohjelmointia CNC -ohjatuissa työstökoneissa. Esimerkkejä kääntöpöydistä on esitetty kuvassa 3. (Aaltonen, Kauppinen & Andersson 1997, 203.)



KUVA 3. Erilaisia kääntöpöytiä (Ansaharju & Maaranen 1997, 355.)

Kappaleen kiinnitys on työstön onnistumisen kannalta kriittinen vaihe, minkä vuoksi kiinnityksen on oltava riittävän tukeva, jotta värinöitä ja siirtymiä ei pääse syntymään. Kappaleen väriseminen aiheuttaa huonoa pinnanlaatua ja terärikkoja, samoin kuin erilaiset kappaleen siirtymät ja joustot.

3 KIINITTIMIEN SUUNNITTELU

Lastuavien työstökoneiden kiinnittimet ovat osa tehokasta työstämistä. Kiinnittimien avulla saadaan yksinkertaistettua ja siten nopeutettua asetuksia ja kiinnityksiä. Näin ollen voidaan vaikuttaa merkittävästi tuottamattomien asetusajojen pituuteen ja siten saadaan parannettua työstön tehokkuutta.

Suunniteltaessa lastuavien työstökoneiden kiinnittimiä on runkorakenteesta tehtävä riittävän tukeva ja jäykkä. Lastuamisvoimien aiheuttamat muodonmuutokset on pyrittävä minimoimaan. Dynaaminen jäykkyys saavutetaan parhaiten oikealla rakenteen muotoilulla eikä niinkään suurella materiaalin käytöllä. Lisäksi muotoilussa on vältettävä ulokkeita rungoissa ja varattava riittävät väistö- ja yli-koneistusalueet.

Kiinnittimen painolla on myös merkitystä: Kevyet kiinnittimet ovat hitausvoimien kannalta edullisia ja helpompia käsitellä. Erilaiset ruuvikiinnitykset on rationalisoitava ja pyrittävä kappaleiden koneistukseen mahdollisimman vähillä kiinnityksillä. (Aaltonen, Ekman ym. 1991, 245- 246.)

4 TYÖN TOTEUTUS

4.1 Vaatimusten määrittäminen

Opinnäytetyön teossa lähdettiin liikkeelle vaatimusten määrittämisellä. Vaatimukset jaetaan kolmeen eri luokkaan, joita olivat välttämättömät vaatimukset, vähimmäisvaatimukset ja toivomukset. Välttämättömien vaatimusten on täytyttävä kaikissa tilanteissa ja vähimmäisvaatimusten annetuissa arvoissa. Toivomukset taas huomioidaan mahdollisuuksien mukaan.

Toiminnan kannalta välttämättömiä vaatimuksia ovat kääntöpöydän riittävä tukevuus, jäykkyys, välyksettömyys ja tarkkuus. Lisäksi rakenteen olisi oltava hitsattava. Nämä vaatimukset asettivat omat ehtonsa suunnittelulle.

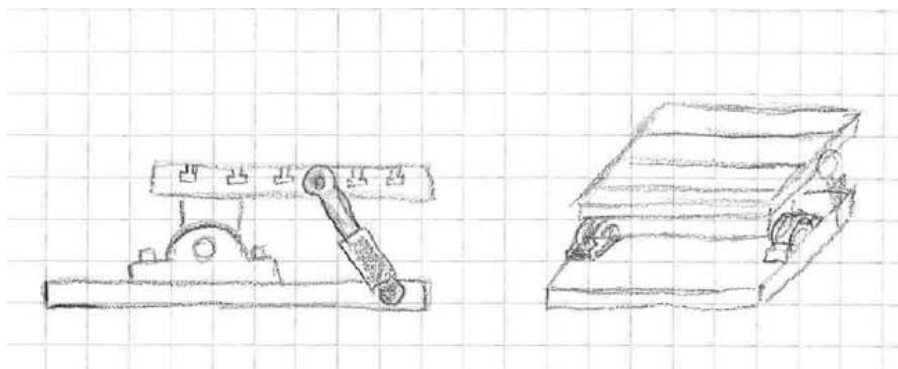
Vähimmäisvaatimuksia ovat pöydän päämitat, jotka ovat 1 250 * 1 250 mm, korkeutta ei määritelty. Lisäksi kulman olisi oltava säädettävissä 0 ja 90°:n välillä ja myös lukittavissa portaattomasti. Myös pöydän säätö olisi toteutettava joko hydraulisesti tai pneumaattisesti.

Toivomuksena oli yksinkertaisuus ja toimeksiantajan omien palveluiden hyödyntäminen. Saatujen tietojen pohjalta ryhdyttiin luonnostelemaan mahdollisia ratkaisuvaihtoehtoja.

4.2 Ideointi

Kun alustavat vaatimukset oli määritetty, ryhdyttiin ideoimaan erilaisia ratkaisuvaihtoehtoja. Ideointi aloitettiin ns. benchmarkkauksella eli etsimällä tietoa samantapaisista ratkaisuista muilta valmistajilta. Tietoa oli saatavilla niukasti, koska markkinoilla ei ole juurikaan tämänkokoisia ratkaisuja tarjolla. Ainoastaan pienemmän kokoluokan kääntöpöydistä pystyi hakemaan vaikutteita, mutta nekään eivät suoraan kelpaa suuremmissa koossa toteutettaviksi esimerkiksi valmistusteknisten näkökohtien vuoksi.

Ideoita luonnosteltiin alkuun paperille, minkä jälkeen parhaaksi koettua ideaa ryhdyttiin mallintamaan SolidWorks-ohjelmistolla, joka on käytössä myös toimeksiantajalla. Kuvassa 4 on esitetty ensimmäisiä hahmotelmia, jotka hyvin pitkälti osoittivat, mihin suuntaan suunnittelua lähdettiin vieämään.



KUVA 4. Hahmotelmia

4.3 Palaverit

Työn edetessä pidettiin muutaman viikon välein suunnittelupalavereja, joissa tarkasteltiin aikaansaannoksia yhdessä toimeksiantajan kanssa. Näissä palavereissa tehtiin muutoksia ja päätöksiä liittyen lähinnä tuotteen toiminnallisiin ominaisuuksiin ja rakenteellisiin yksityiskohtiin.

4.4 Vertailu ja valinnat

Ideointivaiheen alussa syntyi näkemys siitä, miten kääntöpöytä tullaan toteuttamaan. Tämän vuoksi vertailua ei ollut tarpeen tehdä muutakuin käytettävien komponenttien välillä. Vertailua suoritettiin koskien lähinnä eri komponenttivalintojen rakenteellisia yksityiskohtia ja toiminnallisia ominaisuuksia. Näissä vertailtiin valintoja niin kustannuksellisten, toiminnallisten kuin valmistusteknillisten vaatimusten ja ominaisuuksien kannalta.

Lopulliset ratkaisuvalinnat on tehty toimeksiantajan hyväksymänä ja valituissa ratkaisuissa on pyritty parhaiten ne vaatimukset, sekä ominaisuudet täyttävään yhdistelmään, joka lopputuloksen kannalta olisi parasmahdollinen.

5 SUUNNITTELU

5.1 Periaatteet

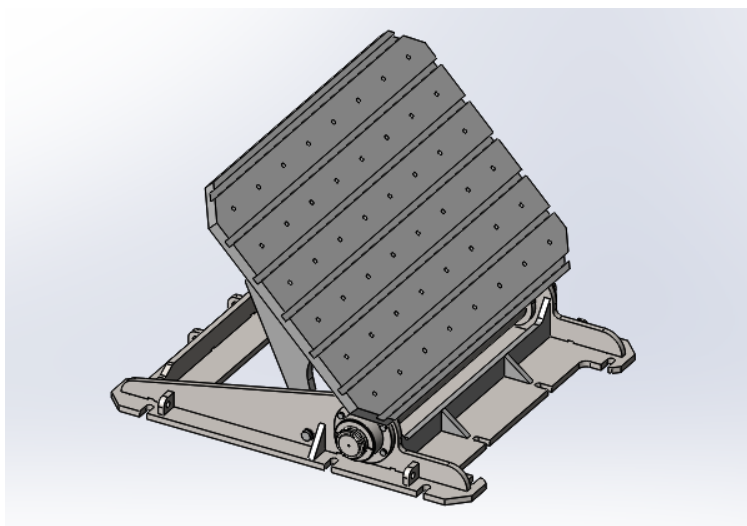
Suunnittelussa on lähdetty liikkeelle siitä ajatuksesta, että rakenne on mahdollisimman yksinkertainen. Tämä edesauttaa kustannusten kurissa pysymistä valmistuskustannusten ja komponenttikustannusten kautta. Lisäksi suunnittelussa on pyritty hyödyntämään toimeksiantajan sekä sen alihankinta- ja komponenttitoimittajien verkoston tarjoamat palvelut ja tuotteet.

Rakenteelle ei määritetty mitään tarkkoja lujuusvaatimuksia, koska kulloisenkin työstötilanteen erilaisista kuormituksista ei ole tarkkaa tietoa. Näin ollen mitoituksessa on pyritty saavuttamaan riittävät lujuusominaisuudet käyttämällä mitoitusperiaatteena ylimitoitusta, kokemusta ja hyvää konepajakäytäntöä.

5.2 Lopullinen rakenne

Kääntöpöydän rakenne muodostui hyvin pitkälle siitä vaatimuksesta, että sen olisi oltava hitsattava teräs rakenne. Heti alkuun oli selvää, että kyseeseen tulisi levyleikkeistä hitsaamalla koottava rakenne. Tällainen toteutustapa on helppo toteuttaa ja lisäksi sillä saavutetaan erittäin hyvä jäykkyys, mikä on tässä tapauksessa erittäin tärkeää.

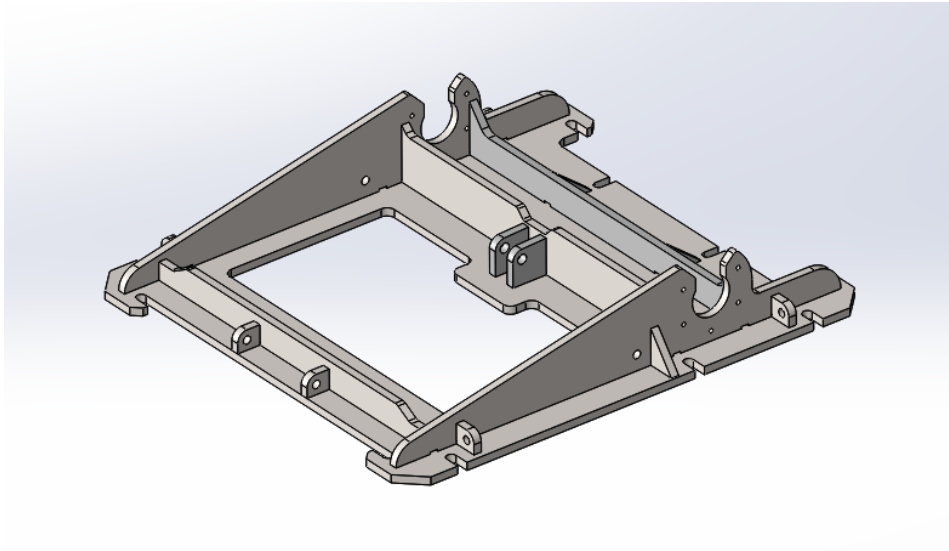
Kääntöpöytä koostuu seuraavista pääkoonpanoista: alarunko, kääntönivel, ylärunko ja lukituslevyt. Kuvassa 5 on esitetty lopullinen kääntöpöytä kokonaisuudessaan.



KUVA 5. Kääntöpöytä kokonaisuudessaan

5.2.1 Alarunko

Alarunko muodostaa koko kääntöpöydän perustan. Sen on oltava riittävän jäykkä, jotta siirtymiä ei pääse kappaleen koneistuksen aikana syntymään. Jäykkyyttä on pyritty saamaan aikaan rivoituksella, etenkin kriittisten kiinnityspisteiden läheisyydessä. Alarunkoon valittiin vahvuudeltaan 20 mm materiaali. Alarunkoon tehtiin hahloja, joiden avulla kääntöpöytä kiinnitetään avarruskoneeseen. Nämä hahlot on pyritty sijoittamaan siten, että ne tukevat alarungon mahdollisimman hyvin avarruskoneen pöytää vasten. Kokoonpanohitsauksen jälkeen alarungon pohja oikaistaan koneistamalla ja tarkkuuden maksimoimiseksi voidaan myös kääntönivelen kiinnityspisteet koneistaa, jotta kääntöakseli saadaan asennettua suoraan.



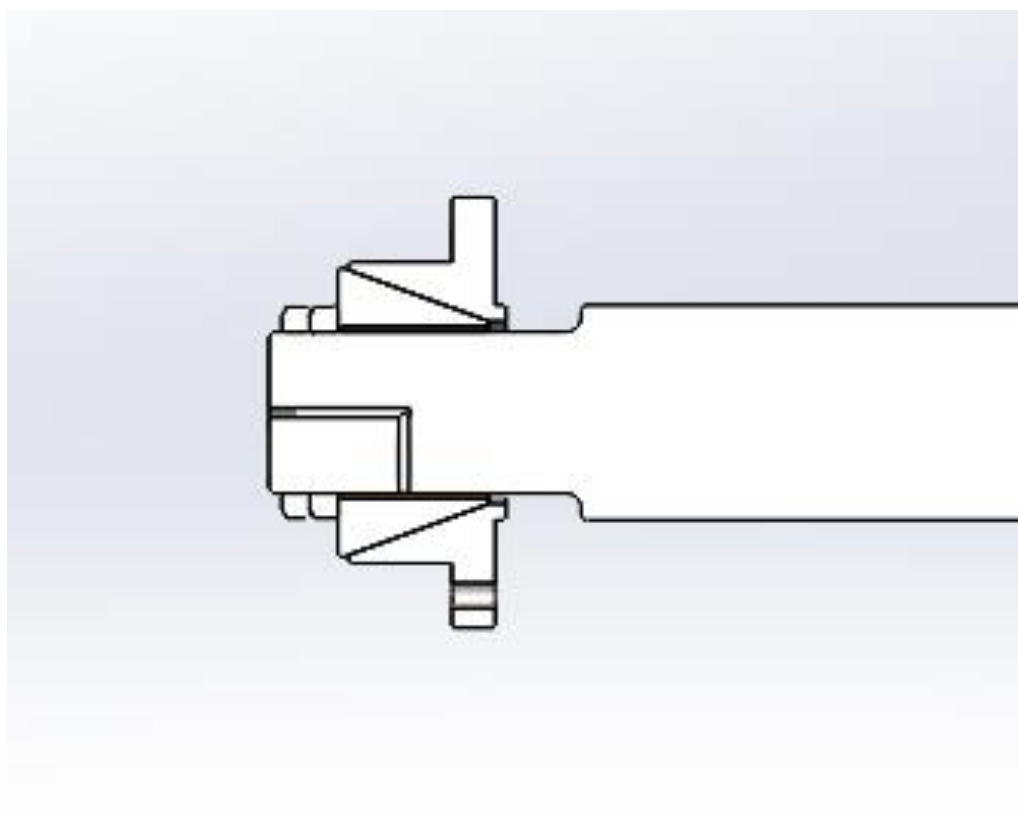
KUVA 6. Alarunko

5.2.2 Kääntönivel

Kun pöytää ryhdyttiin suunnittelemaan, heti alkuun oli selvää, että kääntönivelen on oltava välyksetön ja kiristettävä, jotta kappaleiden koneistaminen olisi edes mahdollista. Näin ollen ryhdyttiin miettimään toteustapaa, joka olisi välyksetön.

Mahdollisia vaihtoehtoja oli kaksi, kartiorullalaakeri tai mutterilla kiristettävä kartioholkki. Kartiorullalaakeri osoittautui kuitenkin sopimattomaksi, koska se vaatisi hyvän suojauksen ja lisäksi sen kestäminen ei ollut varmaa koneistuksen aiheuttamassa värinäessä. Näin ollen päädyttiin kartioholkkiratkaisuun, jossa ei näitä ongelmia ollut. Kuvassa 7 on poikkileikkaus rakenteesta.

Kääntönivel koostuu akselista, kartioholkeista, liukulaakereista ja kiristysmuttereista. Akseliksi valittiin 100 mm paksu akseli, joka on ohennettu laakerikauloiltaan 75 mm:n paksuiseksi. Akselin päissä on M75x2 -kierre kiristysmuttereita varten. Kiristysmuttereiksi valittiin SKF:n toimittamat akselimutterit. Kartioholkkien kulmaksi valittiin 40°, koska jos kulma on liian loiva, holkki kiilautuu liian tiukkaan. Kartioholkeissa on lovet, jotka sallivat kutistumisen.



KUVA 7. Poikkileikkaus rakenteesta

5.2.3 Laakerointi

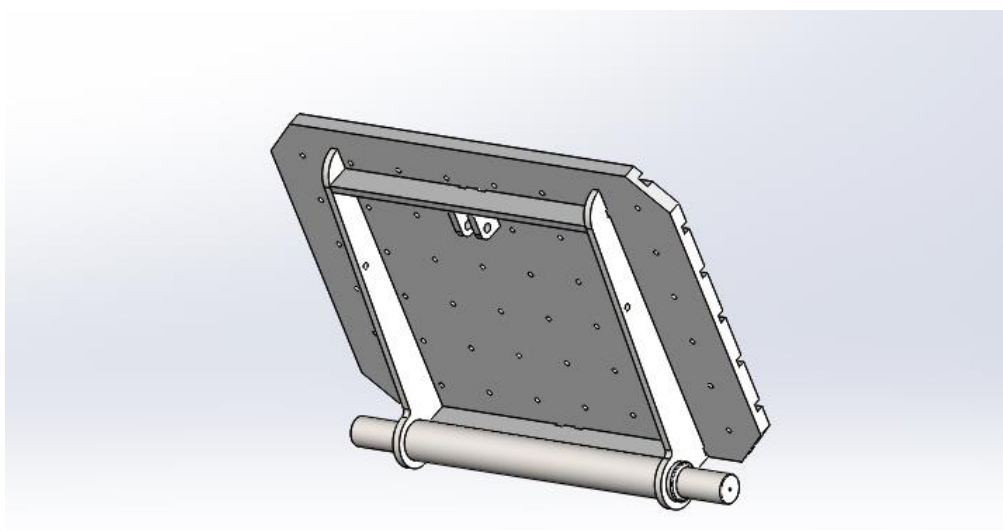
Pöytää liikuttaessa akseli liikkuu hyvin hitaasti vain rajoitetun matkan. Lisäksi laakereihin kohdistuu suuria voimia ja työstöstä aiheutuvaa värinää. Näin ollen ainoa kyseeseen tuleva laakerityyppi on liukulaakeri, joka on valmistettu pronssista. Lisäksi laakerin voitelemiseksi on akseliin tehty voitelukanava, joka toimittaa rasvan akselin päässä olevasta nipasta suoraan voideltaville pinnoille. Näin optimoidaan laakerin toiminta. Kuvassa 8 on esitetty valittu laakeri.



KUVA 8. SKS092 -pronssilaakeri (SKS 2015.)

5.2.4 Ylärunko

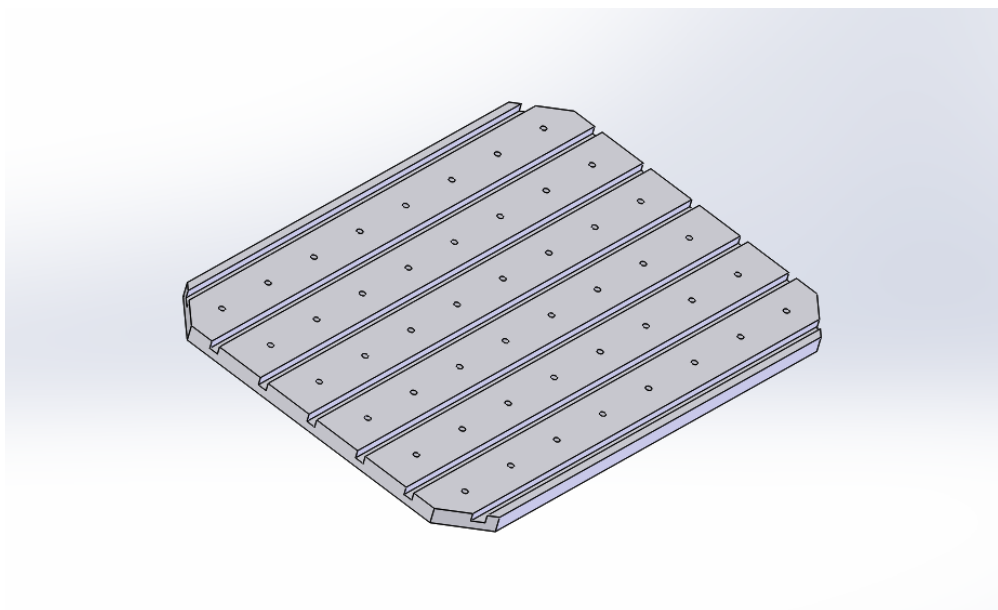
Ylärunko liittää kääntöakselin pöytälevyyn. Liitoksen on oltava mahdollisimman jäykkä, jotta värinöitä ja joustoja ei pääse syntymään. Ylärunko koostuu tukilevyistä, jotka hitsataan pöytälevyn alapuolelle jäykisteeksi. Toisissa tukilevyissä on reiät, joista kääntöakseli hitsataan kiinni ylärunkoon. Reiät helpottavat kokoonpanoa. Lisäksi kääntöakselin ja pöytälevyn välissä on tukilevy, jolla pyritään jäykistämään akselin ja pöytälevyn välinen liitos. Myös sylinterin yläpää kiinnittyy ylärunkoon.



KUVA 9. Ylärunko

5.2.5 Pöytälevy

Koneistettava kappale kiinnitetään pöytälevyyn. Pöytälevyyn olisi saatava kiinnitettyä kaikenlaiset kappaleet, joten siinä on oltava mahdollisimman monipuoliset kiinnityspisteet. Paras ratkaisu tähän olisi T-urituksen käyttö, mutta se vaatii huomattavasti paksumman pöytälevyn käytön, mikä ei olisi painon kannalta edullista. Tämän vuoksi päädyttiin käyttämään kierrereikiä, sekä työkappaleen ase-
mointia helpottavia uria. Reikiin on tehty M16 kierre, mikä on kiinnitys ruuveissa yleisesti käytetty kierrekoko. Uriin käy standardimittainen kiilaterästanke. Pöytälevy on esitetty kuvassa 10. Materiaaliksi valittiin S 420 -rakenneteräs. Vahvuudeltaan 40 mm katsottiin riittävän jäykäksi.

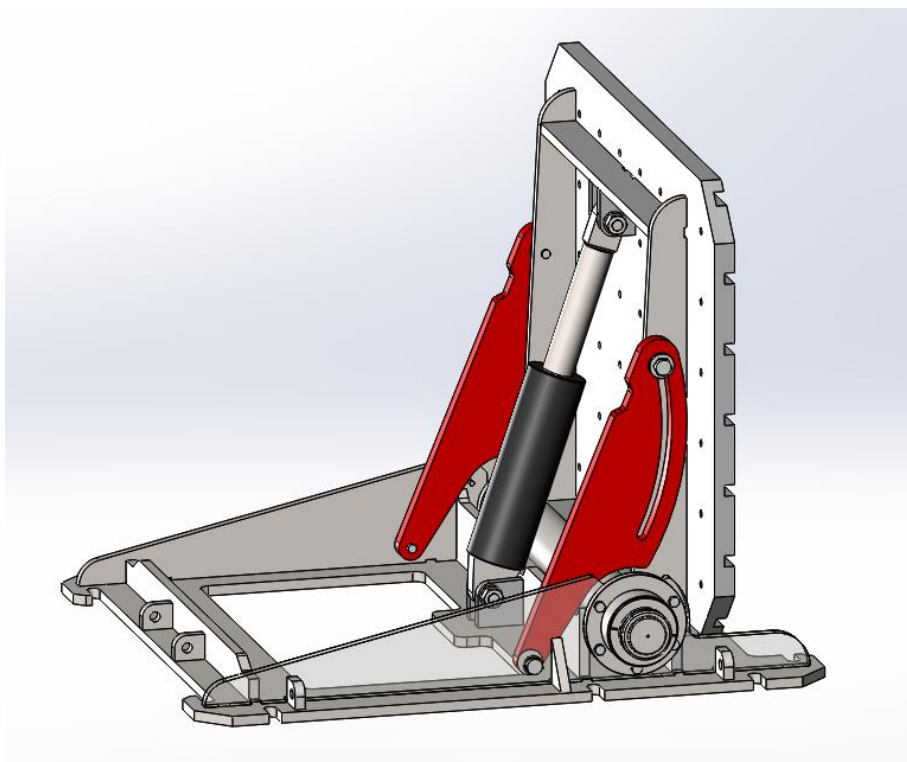


KUVA 10. Pöytälevy

5.2.6 Lukitusmekanismi

Pöydän aseman lukitusmekanismi oli yksi haastavimpia osa-alueita tässä projektissa, sille asetettujen vaatimusten vuoksi. Keskeisimpiä vaatimuksia olivat portaattomuus, tukevuus ja helppokäyttöisyys. Lopulta päädyttiin kitkaan perustuvaan lukitukseen, koska sopivaa mekaanista ratkaisua ei keksitty.

Tässä ratkaisussa kitka aikaansaadaan pultilla, joka liukuu lukkolevyn urassa. Kun pultti kiristetään se puristaa lukkolevyn ylärunkoa vasten ja estää pöydän liikkumisen. Myös lukkolevyn alapäässä oleva pultti kiristetään välyksen poistamiseksi. Pulteiksi valittiin M20 hienokierrepultit lujuudeltaan 10.9. Kierteen pienemällä nousulla pyritään aikaan saamaan suurempi kitkavoima pienemmällä kiristysmomentilla. Pultit ja lukkolevyt on esitetty kuvassa 11.



KUVA 11. Lukkolevyt näkyvät kuvassa punaisella

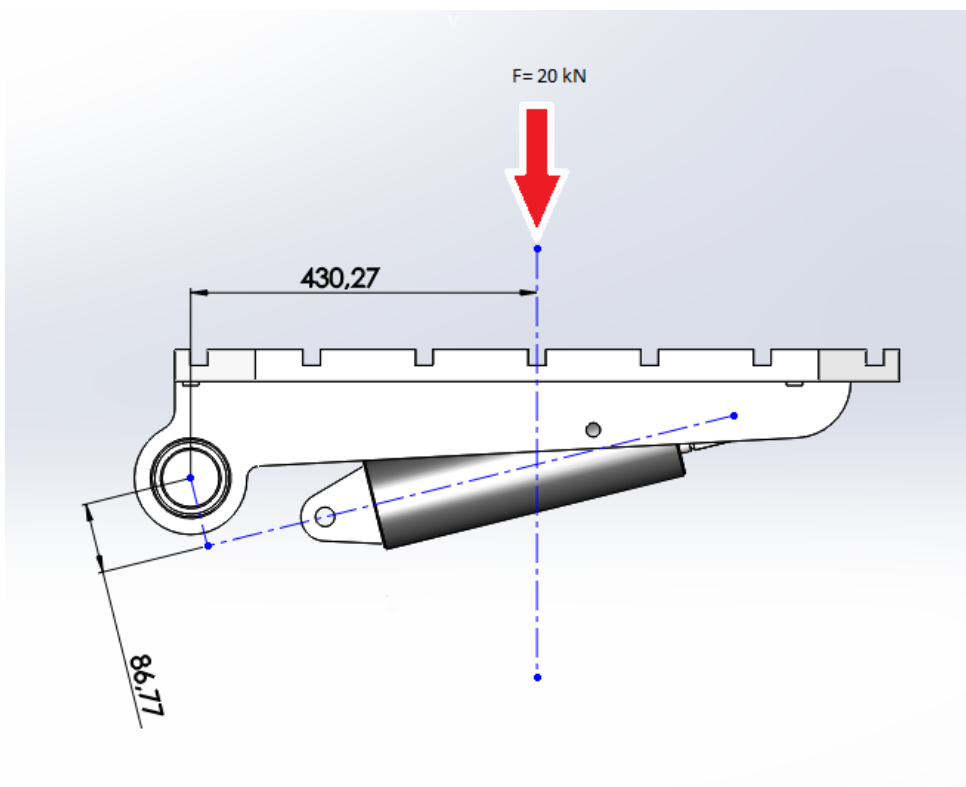
5.3 Kulman säädön toteutus

Pöydän suuren koon vuoksi yhtenä vaatimuksena oli pöydän säätäminen joko pneumatiikalla tai hydraulikalla. Aikaisessa vaiheessa tuli selväksi, että riittävän voiman aikaansaaminen pneumaattisesti ei ole mahdollista, joten ryhdyttiin pohtimaan hydraulista toteutustapaa. Seuraavissa luvuissa on käsitelty tarvittavien komponenttien mitoitusta ja valintaa.

5.3.1 Sylinteri

Sylinterin valintaan vaikutti lähinnä tarvittava voima. Tähän taas vaikutti se, halutaanko pöytää liikuttaa kuormitettuna. Lopulta päädyttiin siihen, että sylinterin koko mitoitettiin niin, että pöydän kulmaa pystyy muuttamaan vielä 20 kN kuorman ollessa pöydän keskipisteessä. Kuvassa 12 on esitetty vapaakappalekuva, josta tarvittava voima ratkaistiin momenttiensummayhtälön avulla. Momenttiensummayhtälöt on esitetty kaavoissa sivulta 19 alkaen.

Sylinterin asennuspituus määräytyi kiinnitys pisteiden etäisyyden mukaan pöydän ollessa vaakatasossa. Iskunpituus määräytyi taas kiinnityspisteiden välisen etäisyyden erotuksena pöydän vaakaja pystyasentojen välillä. Näin ollen valittiin sylinteri jonka iskunpituus on 250 mm ja asennuspituus 521 mm. Sylinteriin jouduttiin suunnittelemaan vähemmän tilaa vievät päät, koska alkuperäiset eivät olisi sopineet suuren kokonsa vuoksi.



KUVA 12. Kuvassa on esitetty voimien vaikutussuorat ja etäisyydet momenttipisteestä

Muodostetaan tasapainoyhtälö kääntöakselin ympäri

(1)

$$\sum M_1 = 20 \text{ kN} \times 0,430 \text{ m} - F_{syl} \times 0,087 \text{ m} = 0$$

Ratkaistaan sylinterin voima F_{syl}

(2)

$$F_{syl} = \frac{20 \text{ kN} \times 0,430 \text{ m}}{0,087 \text{ m}} = 98,8 \text{ kN}$$

Tarvittava sylinterin voima on siis 98,8 kN, mikä tarkoittaa, että 160 bar eli 16 MPa paineella tarvitaan mäntä, jonka pinta-ala saadaan kaavasta 3, jossa p on paine, F on voima ja A on pinta-ala. (Mäkelä, Soininen ym. 2010, 99.)

(3)

$$p = \frac{F}{A}$$

Ratkaistaan männän pinta-ala

(4)

$$A = \frac{1600 \frac{N}{cm^2}}{98800N} = 61,75 \text{ cm}^2$$

Männän säde saadaan selville kaavasta 5, jossa A on pinta-ala ja r on säde. (Mäkelä, Soininen ym. 2010, 18.)

(5)

$$A = \pi r^2$$

Ratkaistaan säde r

(6)

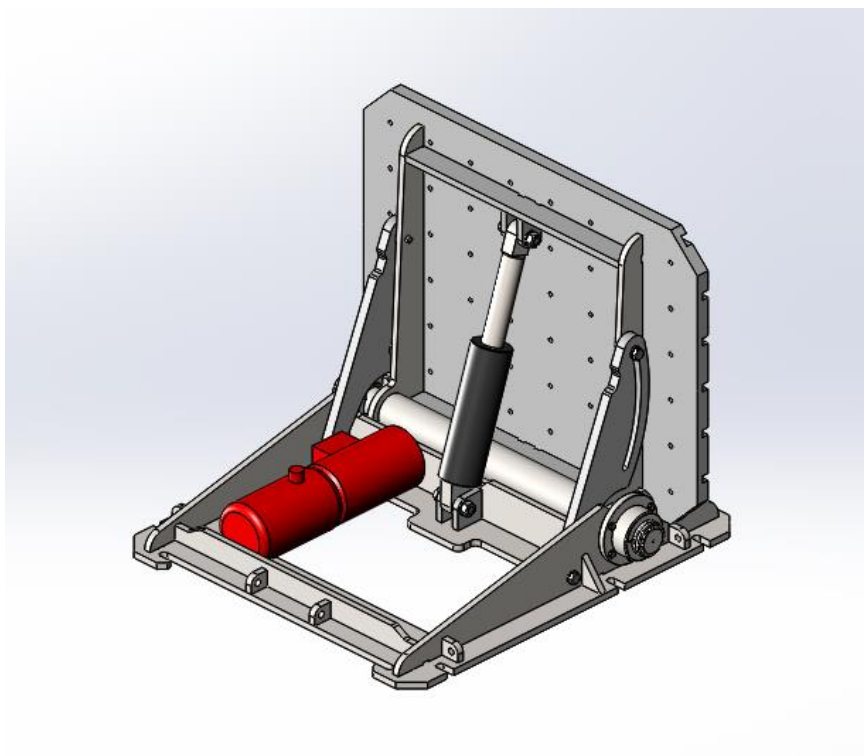
$$r = \sqrt{\frac{61,75 \text{ cm}^2}{\pi}} = 4,43 \text{ cm}$$

Männän säteeksi tuli n. 44 mm, mikä tarkoittaa 88 mm halkaisijaa. Ottaen sylinterin hyötysuhde huomioon, mikä on 0,9 valitaan halkaisijaltaan 100 mm mäntä.

5.3.2 Pumppuyksikkö

Pumppuyksikön valintaan vaikuttivat tarvittava paine ja tuotto sekä ulkomitat. Pumppuyksikön tuotto määrää pöydän liikenopeuden, minkä ei tässä tapauksessa tarvitse olla kovinkaan suuri, jotta pöydän säätäminen oikeaan kulmaan tarkasti on helpompaa. Riittävä paine aikaan saa riittävän voiman, joka määräytyy sylinterin männän halkaisijan perusteella. Tässä tapauksessa riittää noin 160 bar eli 16 MPa paine, joka on standardipaine. Pumppuyksikön olisi oltava ulkomitoiltaan sellainen, että se mahtuu pöydän sisällä olevaan tilaan.

Näiden kriteereiden perusteella kysyttiin Painetehto Oy:ltä tarjousta sopivasta pumppuyksiköstä. Liitteessä 2 on esitetty valitun pumppuyksikön tekniset tiedot. Kuvassa 13 on esitetty pumppuyksikön sijoittaminen kääntöpöydän sisälle.



KUVA 13. Pumppuyksikkö sijoitettuna pöydän sisälle

5.3.3 Komponentit

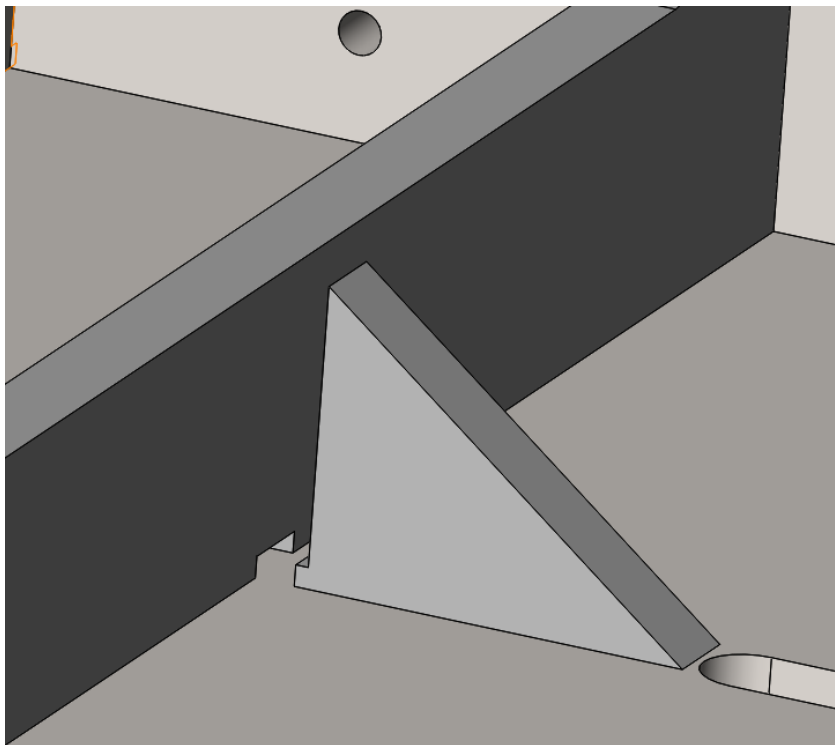
Tarvittavat hydraulikkakomponentit kuten ohjausventtiili, lukkoventtiili ja vastusvastaventtiili määräytyvät pitkälti haluttujen ominaisuuksien perusteella. Letkurikon sattuessa pöytä ei saa pudota alas, pöytää alaspäin ajettaessa sen on liikuttava hydraulikan voimalla ja pysäytettynä sen on oltava lukittu. Komponentit on esitetty liitteessä 1 olevassa piirikaaviossa.

5.4 Materiaalit

Pöydässä käytettäviin materiaaleihin kohdistuvat vaatimukset olivat lähinnä hyvä hitsattavuus, koneistettavuus ja riittävä lujuus. Näin ollen materiaaliksi valikoitui S 355 -rakenneteräs. Pöytälevyn materiaaliksi valittiin hieman lujemman lujuusluokan S 420 -rakenneteräs paremman lujuuden tavoittelun vuoksi.

5.5 Valmistettavuus

Suunnittelussa on pyritty huomioimaan myös valmistettavuus. Valmistettavuutta voidaan parantaa esimerkiksi, pitämällä osien määrä pienenä, osien symmetrialla ja osien itsepaikoittuvuudella. Nämä helpottavat kokoonpanoa ja vähentävät siihen kuluva aikaa. Kuvassa 14 on esitetty kokoonpanoa helpottavien paikoitusnastojen käyttöä. Niiden käyttö vähentää mittaamista ja osan asemointia mutta edellyttää, että osat leikataan laserilla tai vesileikkauksella.



KUVA 14. Osa paikoittuu siinä olevan nastan avulla

5.6 Piirustukset ja DXF -tiedostot

Viimeisenä tehtiin SolidWorks-ohjelmistolla tarvittavat osa- ja kokoonpanopiirustukset sekä DXF -tiedostot leikkattavista osista. Leikkattavista osista tehtiin piirustukset, joissa ilmoitettiin vain päämitat ja mahdollisten porattavien reikien paikat. Tarkkaa muodon mitoitusta ei tehty, koska osat leikataan tietokoneohjatusti DXF -tiedoston mukaan.

5.7 Kustannukset

Kustannusnäkökohdat pidettiin mielessä heti projektin ideointivaiheesta lähtien. Näin mahdollinen kustannusten nouseminen kohtuuttomiksi pystyttiin hyvin estämään ja kustannukset pysyivätkin kohtuullisella tasolla. Kääntöpöytä pystytään toteuttamaan hyvin pitkälle toimeksiantajan omia palveluita hyödyntäen, mikä oli toiveenakin. Suurin yksittäinen kustannus on hydraulikka ja siinä tarvittavat komponentit. Kustannusten arviointi tehtiin hyvin karkeasti johtuen suuresta määrästä siihen liittyviä muuttujia, joita ovat mm. kokoonpanoon ja koneistukseen kuluva aika sekä mahdollisten ulkopuolisten palveluiden hinnoittelu. Näihin on kuitenkin pyritty vaikuttamaan esimerkiksi kokoonpanoa helpottavalla suunnittelulla. Kustannusarviota ei julkaistu.

6 TARKASTELU

Kääntöpöydälle asetetut toiminnalliset vaatimukset, kuten riittävä tukevuus, välyksettömyys, portaaton lukittavuus ja tarkkuus saatiin lopullisessa ratkaisussa hyvin täytettyä.

Riittävä tukevuus oli helposti saavutettavissa, koska levyteräsrakenteen jäykkyttä voidaan helposti lisätä erilaisin rivoituksin. Välyksettömyyden kannalta keskeisintä on kääntönivelen rakenne. Välyksettömyys saatiin toteutettua kartioholkeilla.

Haastavimpana ongelmana oli portaattoman lukituksen toteuttaminen. Siinä ei päästy parhaaseen ratkaisuun, koska pyrkimyksenä oli löytää täysin mekaaninen ratkaisu, mutta se osoittautui liian monimutkaiseksi ja epäkäytännölliseksi, joten tyydyttiin kitkaan perustuvaan lukitukseen.

Kulman säätö toteutettiin hydraulisylinterillä, koska voiman tarve oli suuri. Kääntöpöydän riittävä tarkkuus saatiin aikaan siten, että kokoonpanohitsauksen jälkeen alarunko oikaisukoneistetaan ja pöytälevy koneistetaan kokoonpanon jälkeen.

Toivomuksena oli myös kustannusten pitäminen kohtuullisina ja mahdollisuus valmistaa kääntöpöytä toimeksiantajan omia palveluita apuna käyttäen. Kustannuksiltaan lopullinen ratkaisu ei ole mahdoton. Suurimmat yksittäiset kuluerät ovat hydraulikka ja mahdollinen ulkopuolisten vesi- tai laserleikkauspalveluiden käyttö. Muilta osin, kuten kokoonpanohitsauksen ja koneistusten osalta kääntöpöytä on hyvin pitkälle toimeksiantajan valmistettavissa.

7 YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä päästiin tavoitteeseen eli saatiin suunniteltua kääntöpöytä, joka sopii näillä näkymin käyttötarkoitukseensa eli helpottamaan ja nopeuttamaan kappaleen kiinnittämistä kulmaan. Kääntöpöydästä tehtiin tarvittavat piirustukset valmistusta ja kokoonpanoa varten, lisäksi valittiin käytettävät komponentit ja arvioitiin kustannukset. Näiden tulosten pohjalta voidaan kääntöpöytä tulevaisuudessa valmistaa.

Kääntöpöytää on mahdollista jatkokehittää, mutta rajallisten resurssien vuoksi oli raja vedettävä johonkin. Tulevaisuudessa keskeisimpiä kehityskohteita voisivat olla esimerkiksi kulmanmittausjärjestelmän toteuttaminen, kulman säätö numeerisesti avaruskoneen ohjauksen kautta tai käyttöturvallisuuden kartoitus ja CE -vaatimustenmukaisuusvakuutuksen hankkiminen.

Kokonaisuudessaan tämä opinnäytetyö on ollut mielenkiintoinen prosessi ja se on vastannut sisällöllään sekä, opettanut niitä keskeisiä asioita, joita työelämässä varmasti tarvitaan tulevaisuudessa.

LÄHTEET

AALTONEN Kalevi, ANDERSSON Pauli & KAUPPINEN Veijo 1997. Koneistustekniikat. Porvoo: WSOY.

AALTONEN Kalevi, EKMAN Kalevi, KAMPPARI Jorma, KAUPPINEN Veijo, KIVIVUORI Seppo, PARO Jukka & VUORINEN Jouko 1991. Työvälinetekniikka. Hämeenlinna: Karisto Oy.

ANSAHARJU Tapani & MAARANEN Keijo 1997. Koneistus. Porvoo: WSOY.

MÄKELÄ Mikko, SOININEN Lauri, TUOMOLA Seppo & ÖISTÄMÖ Juhani 2010. Tekniikan kaavasto. Hämeenlinna: Karisto Oy.

SKS 2015. Tuote-esite [verkkajulkaisu]. [viitattu 20.4.2015]

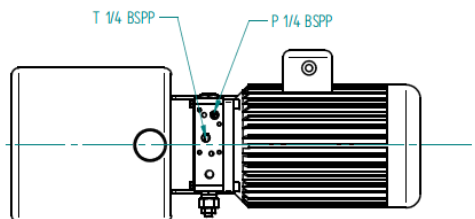
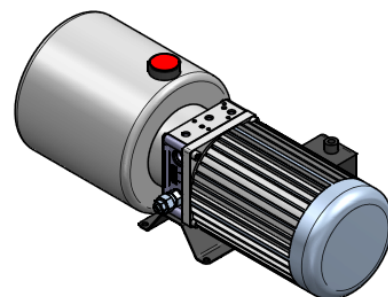
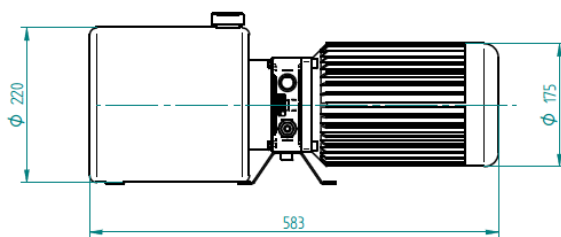
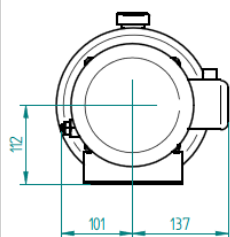
Saatavissa:

[http://www.sks.fi/www/sivut/571243DD88E902E9C2257B6A00236FD7/\\$FILE/Laakerimetallit%20ja%20liukulaakerit%201219855.pdf](http://www.sks.fi/www/sivut/571243DD88E902E9C2257B6A00236FD7/$FILE/Laakerimetallit%20ja%20liukulaakerit%201219855.pdf)

TOS VARNSDORF 2015. Valmistajan kotisivut. [viitattu 20.4.2015]

Saatavissa: [http://www.tosvarnsdorf.cz/cz/produkty/horizontalni-vyvrtavacky-stolove/whnq-13-15-cnc/#prettyPhoto\[gallery1\]/6/](http://www.tosvarnsdorf.cz/cz/produkty/horizontalni-vyvrtavacky-stolove/whnq-13-15-cnc/#prettyPhoto[gallery1]/6/)

LIITE 2: PUMPPUYKSIKÖN TIEDOT



- Motor 1,5kW 3-ph 4-pole 230/400V 50/60Hz (~1450 rpm at 50Hz)
- Gear pump group 1 - 3,3cc/rev
- Universal A type PPC body, 1/4"BSPP P & T
- 101 cylindrical steel tank + 1/2"BSPP std filler & breather
- Relief valve 20-180bar
- 1 foot mounting support, 45mm height

Rugosità delle superfici in Ra (µm) ▽ (▽) (▽)

02				
03				
04				
05				
06				
07				
08				
09				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				
37				
38				
39				
40				
41				
42				
43				
44				
45				
46				
47				
48				
49				
50				
51				
52				
53				
54				
55				
56				
57				
58				
59				
60				
61				
62				
63				
64				
65				
66				
67				
68				
69				
70				
71				
72				
73				
74				
75				
76				
77				
78				
79				
80				
81				
82				
83				
84				
85				
86				
87				
88				
89				
90				
91				
92				
93				
94				
95				
96				
97				
98				
99				
100				

