

Mika Tuominen

VAIHDELAATIKON TUENNAN SUUNNITTELU

Konetekniikan koulutusohjelma
2018

VAIHDELAATIKON TUENNAN SUUNNITTELU

Tuominen, Mika
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Konetekniikan koulutusohjelma
Kesäkuu 2018
Ohjaaja: Santanen, Teemu
Sivumäärä: 35
Liitteitä: 0

Asiasanat: vaihdelaatikko, toimilaite, kiinnike

Tämän työn tarkoituksena on suunnitella teollisuuskäyttöön tarkoitettujen vaihdelaatikon testauslaitteiston kiinnikkeet. Käsitellä suunnittelun eri vaiheita ja tuoda esille asiakkaan ja suunnittelijan välistä vuorovaikutusta. Perehtyä suunniteltavan tuotteen havainnollistamisen helpottamiseen ja esitellä testattavia vaihdelaatikkoja sekä kertoa niiden ominaisuuksista.

Määrittää mekaanisten toimilaitteiden käyttöikä ja toimivuus valmistajien antamien suunnitteluohjeiden mukaisesti. Tarkastella niiden ominaisuuksia ja perustella miksi toimilaite valittiin.

TRANSMISSION HOLDING BRACKET DESIGN

Tuominen, Mika

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Mechanical Engineering

June 2018

Supervisor: Santanen, Teemu

Number of pages: 35

Appendices: 0

Keywords: transmission, actuator, bracket

The purpose of this thesis was to design a transmission holding bracket for industrial test equipment use. To address various steps of designing and disclose interaction with customer and engineer. Get acquainted with the product being designed and find out how to ease demonstration. To introduce tested transmissions and tell about their features.

To determine the service lifespan and functionality for mechanical actuators, using manufacturing design guidelines. Examine their attributes and explain why the actuator was selected.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	SUUNNITTELU	6
2.1	Intuitiivinen suunnittelutyö.....	6
2.2	Suunnittelun lähtökohta	7
3	SUUNNITELTAVAT KIINNIKKEET	8
3.1	Projektin aloitus ja suunnittelutyön valmistelu.....	8
3.2	Testattavien vaihdelaatikkojen esittely	11
3.3	Vaihdelaatikon tuenta	12
3.4	Kiinnityksen toimintaperiaatteen esittely	13
4	KIINNITYSLAITTEIDEN ESITTELY.....	16
4.1	Yksitoiminen kiinnitin ja kokoonpano.....	16
4.2	Kaksitoiminen kiinnitin ja kokoonpano.....	18
4.3	Kiinnittimen liikkeen toteutus ja suunnittelu.....	20
5	TOIMILAITTEET.....	20
5.1	Ruuvitunkki.....	21
5.2	Vastinlevyn liikkeen toteutus.....	24
5.3	Lineaarijohteet	25
5.4	Kuulajohde.....	27
5.5	Kuulajohteen kelkan kiinnityksen suunnittelu.....	29
5.6	Kiristysvivut.....	30
5.7	Vastakappale	32
6	YHTEENVETO JA SUOSITUKSET	34
	LÄHTEET.....	35

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on valita ja mitoittaa vaihdelaatikkoa kuormittavan testauslaitteen pöydän kiinnikkeisiin liitettävät oheislaitteet. Kiinnikkeet ovat osa suurempaa kokonaisuutta, jossa aiemmin edustamani insinööritoimisto suunnitteli asiakkaalle koko vaihdelaatikon testauslaitteiston. Liityin projektiin puolivälissä, joten minulle jäi tehtäväksi mallintaa asiakkaan haluamat muutokset, sekä valita oikeanlaiset toimilaitteet ja muuttaa aiemmin luotua 3D-mallinnosta. Opinnäytetyön lähtökohdat ovat muuten samat kuin insinööritoimiston toimeksiannossa paitsi asiakas on kuvitteellinen.

Kiinnikkeiden on tarkoitus pitää vaihdelaatikko tukevasti paikallaan suoritettavan testauksen ajan. Kiinnikkeiden suunnittelussa pitää ottaa huomioon niiden liikutettavuus testauspöydällä, sekä kiinnikkeiden monipuolisuus. Samoilla kiinnikkeillä on myös tarkoitus kiinnittää erikokoisia vaihdelaatikoita. Opinnäytetyössä käsitelen myös yleisellä tasolla vaihdelaatikon testauslaitteiston ominaisuuksia.

Opinnäytetyön tavoitteena on suunnitella ja mallintaa vaihdelaatikon tuennan toteutus käyttäen Solid Works (2016) ohjelmistoa. Asiakkaalle suunnitellaan mahdollisimman hyvä ja toimiva tuote, joka on toteutettu asiakasyrityksen toiveiden mukaisesti.

2 SUUNNITTELU

2.1 Intuitiivinen suunnittelutyö

Mallinnus lähtee aina ajatuksesta ja kaikki oivallukset tapahtuvat alitajunnassa. Tietoinen ja systemaattinen toiminta johtaa alitajuiseen prosessiin, ja se merkitsee käytännössä sitä, että siellä syntyvät toimintamallit saadaan tehokkaaseen käyttöön ja suunnittelutyöhön. Intuitiivisessa mallissa pyritään kuitenkin välttämään kaikin tavoin liian pitkälle meneviä johtopäätöksiä (Tuomaala 1995:44).

Sitten kun ongelma on selvitetty juurta jaksen ja se tunnetaan kaikista näkökulmista, niin loppuratkaisun laatiminen ei tuota suuria ongelmia. Kyseessä on siis ammatillisen taidon ja kokemusperäisen osaamisen soveltaminen (Tuomaala 1995:44). Lisäksi Tuomaala painottaa, että konesuunnittelussa luova työ kohdistuu pääasiassa konkreettisiin rakenteisiin, joten suunnittelutyössä tulee ottaa huomioon toimintaympäristö, välineistö ja niiden ihanteelliset käyttötavat (Tuomaala 1995:44).

Mielestäni suunnittelutyössä merkitsee yksilön alitajunta ja aivoriihtien käyttö puolestaan ryhmätyösuunnittelussa on välttämätöntä. Silloin kommunikaatio on helpompaa, ajatusmaailmat kohtaavat ja yhteistyö on sujuvampaa. On siis tärkeää, että suunnitteluympäristö saadaan toimivaksi työyhteisöksi.

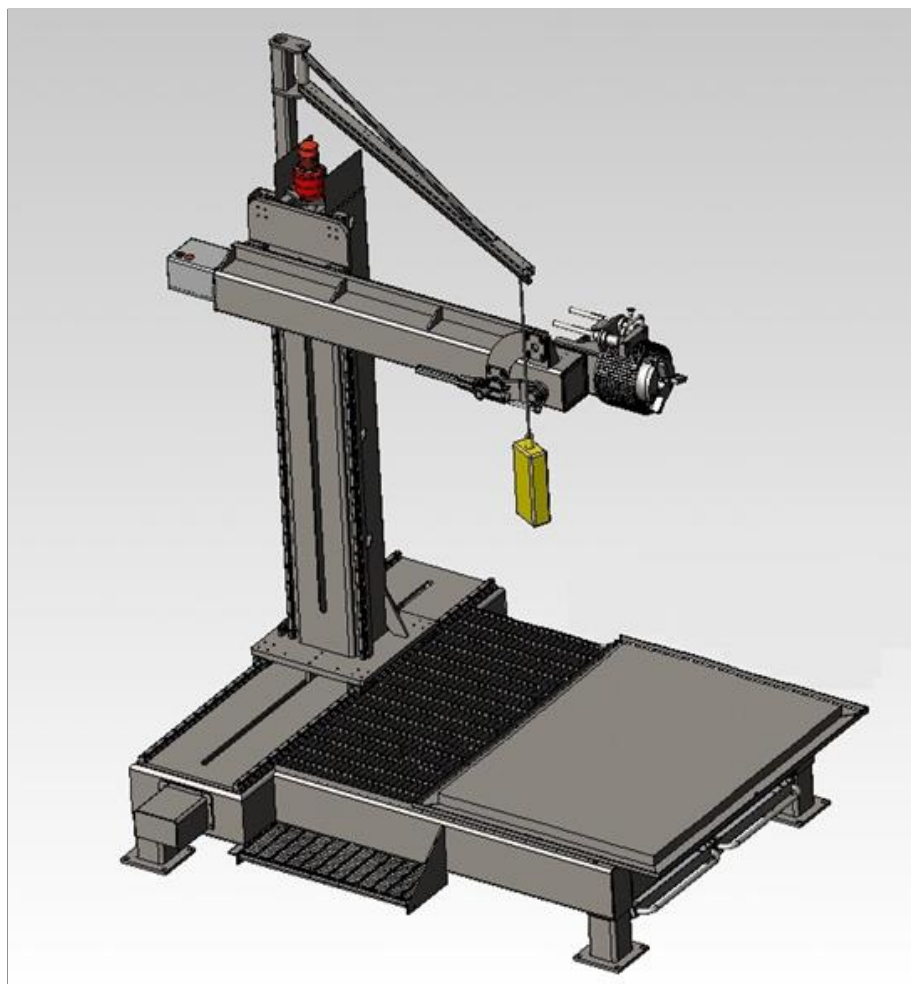
”Suunnittelutyö on tietoista pohdiskelua, logiikan ja monenlaisten matemaattisten menettelytapojen käyttöä. Nämä kaikki ovat kuitenkin vain työvälineitä ja lopulta vaativin suunnittelutyö on sanatonta keskustelua piirretyn aineiston ja piirtäjän välillä” (Tuomaala 1995:44).

Omassa suunnittelutyössä oli tärkeintä, että rakenteen muoto ja toimintaperiaate vastasivat asiakkaan toiveita. Kaikki lähti liikkeelle vierailusta konepajalla, jossa sain tutustua parhaimmillaan valmistuksessa olevaan testauspöytään ja asiakkaan lähettämään vaihdelaatikkoon. Näiden näkeminen auttoi hahmottamaan tilannetta, jonka pohjalta oma alitajuntainen suunnittelutyö sai alkunsa. Jatkoa seurasi hahmottelutyön perusteella luotu 3D-mallinnos, jota oli helppo lähteä muokkaamaan toiminnallisempaan suuntaan. Tällä tarkoitan ratkaisua, joka vaikutti muun muassa suunniteltavan

laitteen fysikaalisiin ominaisuuksiin. Tässä opinnäytetyössä selviävät myöhemmin, miten edellä mainitut ominaisuudet asetetaan toteen.

2.2 Suunnittelun lähtökohta

Asiakas on tilannut vaihdelaatikkojen testausta varten suunnitellun laitteiston. Laitteistoon kuuluva testauspöytä alustoineen ja kuormitusakseli liikkumisvarsineen. Laitteisto on tilattu kehitystyötä varten, joten laitteen pääasiallinen tarkoitus on selvittää teollisuusvaihdelaatikkojen heikkouksia ja kerätä hyödyllistä informaatioita, jota voidaan käyttää jatkossa teollisuusvaihdelaatikkojen kehityksessä.



Kuva 1. Teollisuusvaihdelaatikkojen testauslaitteisto ilman kiinnikkeitä.

3 SUUNNITELTAVAT KIINNIKKEET

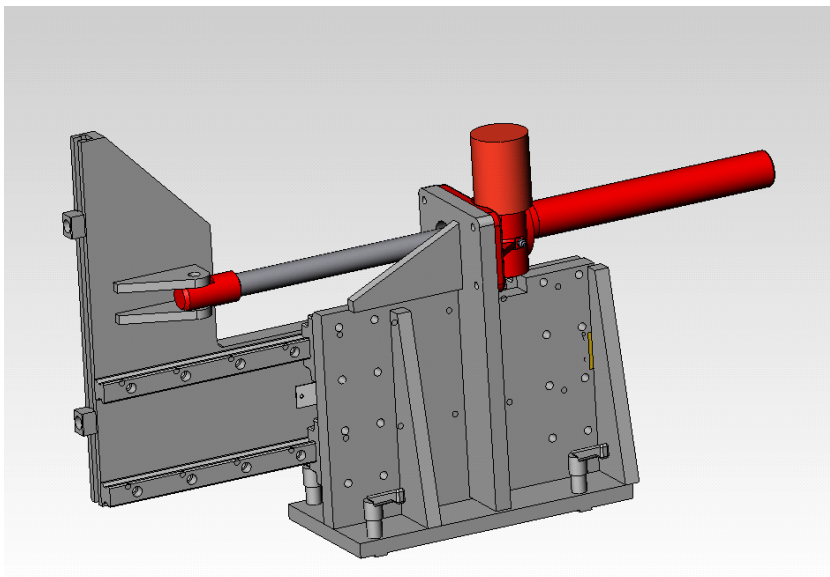
3.1 Projektin aloitus ja suunnittelutyön valmistelu

Sain projektia koskevat informatiiviset materiaalit, joten pystyin aloittamaan projektin valmistelun. Tähän kuului projektin toteutussuunnitelmat ja aikaisemmin mallinnetut 3D-tiedostot. Mallikuvista selvisi testausalustan pöydän mitat, joten hahmottelu kiinnikkeistä alkoi välittömästi.

Koneistuspajalla valmistetaan kaikki kiinnikekokoontaan kuuluvat koneistukset, joten pidämme lyhyen palaverin pajalla ja selvitämme aikataulutuksen. Testausalustan pöytätaaso on tällä hetkellä koneistuspajalla työn alla ja sitä koneistetaan tälläkin hetkellä.

Asiakas on lähettänyt testauspöytää varten mallivaihdelaatikon, josta saadaan kiinnikkeen kiinnityssuunnitelmien laatimiseksi tietoa. Tätä hyödynnetään myöhemmin suunnittelutyössä. Vaihdelaatikon sivukiinnikkeiden sijainti ja muoto valokuvataan ja mitataan työntömitan avulla. Syy miksi tutkittava kohde valokuvataan johtuu siitä, että näin ei tarvitse käyttää aikaa käsin piirtämiseen ja valokuvista näkee kokonaisuuden paremmin. Hahmottelussa on helppo käyttää tulostettua valokuvaa, johon voi piirtää vaihtoehtoisia kiinnikkeen muotoja ja näin saadaan selvennettyä myös asiakkaalle paremmin mitä ollaan suunnittelemassa. Konepajalle lähetetystä vaihdelaatikosta selvisi projektin hahmottelun kannalta useita tärkeitä tietoja. Vaikka vaihdelaatikko ei ole suurin testattava tuote, antaa se suuntaa ja näin ollen saadaan laadittua pohjatyö alustaville suunnitelmille.

Lähetetystä vaihdelaatikosta selvisi tietoja, kuten kilpitiedot. Tarkan mallitiedon saanti auttaa, koska siitä voidaan selvittää mallikohtaiset tekniset tiedot valmistajan kotisivuilta. Itse vaihdelaatikon näkeminen edesauttoi sen muotojen hahmottamisessa paremmin kuin perinteisistä 2D-kuvista. Mallivaihdelaatikon fyysisten mittojen, testauspöydän mittojen ja palaverissa käydyn keskustelun perusteella luodaan tietokoneavusteisesti 3D-luonnos ja se esitetään asiakasyrityksen edustajille ja pyritään saamaan rakennetta ja käytettävyyttä koskevaa palautetta.



Kuva 2. Havaintokuva ensimmäisestä prototyypistä

Havaintokuvasta käy ilmi ensimmäinen asiakkaalle esitetty prototyyppi. Prototyyppi on nopea mallinnos, joka on hahmoteltu 3D-muotoon edellisen palaverin pohjalta laadituista asiakirjoista. Ensisijainen tavoite on saada asiakkaan hyväksyntä kokoonpanon fyysisille mitoille, muodolle ja painolle. Mallikappaleen tarkoitus on myös näyttää toimintaperiaate, jolla halutut vaatimukset asetetaan toteen.

3D-ohjelma antaa paljon mahdollisuuksia kokoonpanon hahmottelussa ja sillä saadaan asetettua rajoja esimerkiksi vastinlevyn liikepituudelle. Tämä auttaa hahmottamaan kuinka pitkä kokonaisuudessaan laitteesta tulee. Koska kokoonpanon lopullista painoa ei voi tietää etukäteen, on hyvä mallintaa hahmotelmia vastaava mallikappale. Tällöin saadaan lähtökohta projektille ja voidaan hahmottaa minkä kokoinen valmis tuote tulee olemaan.

Palaveria varten kokoonpanosta tulostetaan riittävästi kuvia, jotta saadaan kaikille asiakasyrityksen edustajille selvitettyä palaverissa tarkasteltava informatiivinen sisältö. Tulostuksessa käytettävä mittakaava on 1:5, joten asiakirjat saadaan sovitettua hyvin A3 arkille. Syy miksi näin tehdään, on yksinkertainen, kaikki voivat laatia kuviin muutoksia ja esittää ne haluamallaan tavalla. Asiakkaan tiloissa on videotykki käytössä, joten pystymme esittämään kannettavalta tietokoneelta 3D-ohjelman avulla rakenteen liikeratoja ja näyttämään kuinka se oikeasti toimii. Palaverissa keskustellaan siitä, mistä ideamme syntyi ja miksi se pitäisi toteuttaa esittämällämme tavalla.

Rakenteen idea on yksinkertainen ja toimiva, huollettavuus on nopeaa ja kustannustehokasta, toimilaitteet ovat näkyvillä ja helposti vaihdettavissa. Kokoonpanot jakavat suuren määrän osista keskenään ja standardiosat ovat yleisiä, joten laitteen toimivuuden ylläpitäminen edullista ja kannattavaa. Asiakkaalle saadaan selvitettyä kokoonpanon hyvät puolet ja asiakas pitää laitteiston toimintatavasta ja käytettävyydestä. Ulkomuoto myös miellyttää, mutta asiakas haluaa tehdä rakenteeseen muutoksia. Näistä keskustellaan ja rakennetta koskevia muutoksia kirjataan ylös.

Listaus palaverissa esille tulleista muutoskohteista ja tarkistuksista:

- Paino on liian suuri, joten optimoidaan rakennetta ja materiaalipaksuuksia
- Kiinnitys toteutetaan neljän vääntimen sijaan kuudella vääntimellä
- Vääntimien siirron aiheuttamat muutokset runkoon sekä vastinlevyn kiinnitykseen
- Uratiheyden tarkastelu testauspöydällä
- Alustavasti lineaarijohteiden mallin vaihto pienempään ja kevyempään
- Lineaarijohteiden koon muutokset aiheuttavat muutoksia rakenteeseen
- Ruuvitunkin kokoluokan tarkistus
- Muutoksista aiheutuvien rakennemuutosten tarkastelu
- Ensimmäistä prototyyppiä voi pitää onnistuneena. Rakenne ja toimivuus miellyttävät asiakasta ja saadun palautteen perusteella aloitetaan kehittämään tuotetta enemmän asiakkaan toiveiden mukaiseksi. Ensimmäinen rakennetta koskeva muutoskohde on päärunko. Siihen tulevat muutokset heijastuvat muihin rakenteen muotoihin, joten tukirakenne joudutaan suunnittelemaan kokonaan uusiksi.
- Suunniteltava tuote on neljän erillisen kiinnikkeen sarja, jonka tehtävä on tukea vaihdelaatikko testausalustalle. Vaihdelaatikot ovat teollisuuskäyttöön, joten niiden luotettavuuden ja pitkäikäisyyden takaamiseksi täytyy suorittaa testejä, joista valmistaja saa analysoitavaa tietoa, jolla taas pystytään selvittämään vaihdelaatikkojen ominaisuuksia ja poistamaan heikkouksia.

- Kun kuormitusakseli kuormittaa vaihdelaatikkoa yli annetun raja-arvon, on kiinnikkeet suunniteltava niin, että ne kestävät myös sellaisissa tilanteissa, joissa testaus ei suju oletetulla tavalla. Tällaisia tilanteita syntyy, kun vaihdelaatikon sisäiset osat antavat periksi, esimerkiksi se voi pahimmassa tapauksessa jumiuttaa kuormittavan akselin, jolloin siitä syntyvä tilanne täytyy pitää hallinnassa. Suunnittelutyössä on erittäin tärkeää huomioida se, että kiinnikkeet kestävät paljon enemmän kuin vaihdelaatikon sisäiset osat.
- Asiakkaan kanssa keskustellaan heidän kokemuksistaan ja pyritään ottamaan huomioon asioita, joita he ovat kokeneet edellisen laitteistonsa kanssa. Asiakkaalta saadaan kokemuksesta tietoa. Suunnittelutyötä varten ja painotetut ominaisuudet asettavat suunnittelutyölle vaatimustason. Suunnittelussa pyritään luomaan yksinkertainen ja toimiva ratkaisu, joka täyttää asiakkaan vaatimukset ja täyttää turvallisuuskriteerit. Luotava ratkaisu on oltava käytettävyydeltään kustannustehokas ja nopea.

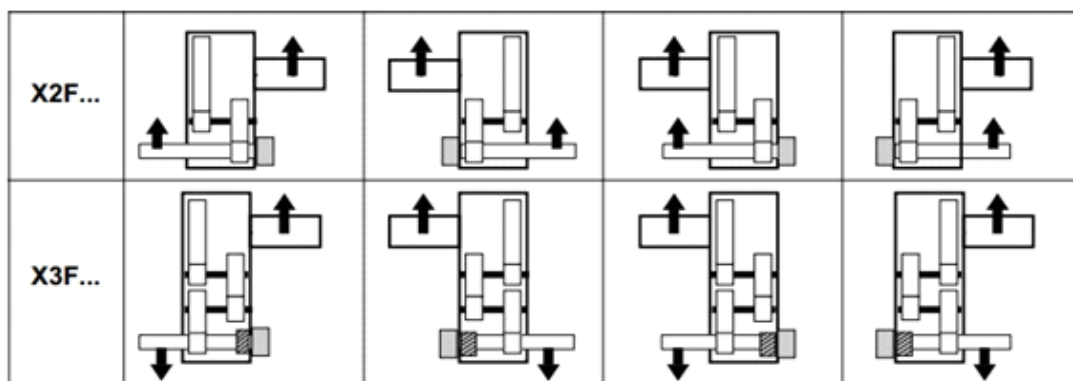
3.2 Testattavien vaihdelaatikkojen esittely

Vaihdelaatikkoa on yleisesti käytetty, kun halutaan siirtää mekaanista momenttia moottorilta akselille eri kierrosnopeudella, kuin moottori pyörii. Tämä toteutetaan käyttämällä vaihdelaatikon sisällä olevilla hammaspyöräpareilla. Hammaspyöräpareilla pystytään toteuttamaan haluttu välityssuhde ja näin ollen muuttamaan moottorin ja akselin välistä voima- ja nopeussuhdetta.

Opinnäytetyössä suunniteltaviin kiinnikkeisiin kiinnitettävien vaihdelaatikkojen koko ja voimansiirtokapasiteetti vaihtelevat testattavien vaihdelaatikkojen välillä merkittävästi.

Testausalustalla voidaan testata useita eri vaihdelaatikkoratkaisuja. Ratkaisut ovat toteutettu hyvin monipuolisesti, mutta ainoana rajoittavana tekijänä on vaihdelaatikon fyysinen koko. Mikäli vaihdelaatikkoratkaisu on liian pieni, kiinnityspisteet ovat tällöin liian lähellä toisiaan, jolloin tehonkuormitusakseli ei mahdu vastinlevyjen väliin. Lisäksi kiinnitysakselin sijainti voi olla rajoittava tekijä, jos kuormitusakselia ei saada kytkettyä paikoilleen. Tässä esimerkkejä soveltuvista ratkaisuista. Pääasiallisesti

kaikki ratkaisut, joissa tehonsyöttö sijaitsee leveällä puolella, otetaan siirrettävä teho ulos joko samalta tai vastapuolelta.

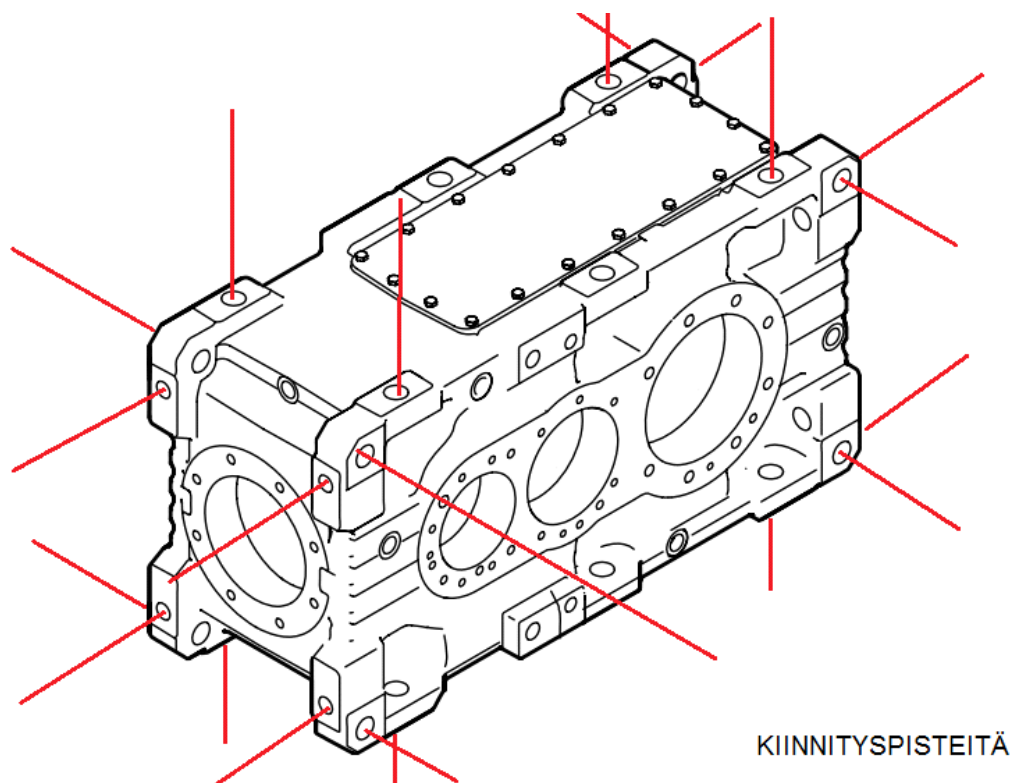


Kuva 2. Vaihdelaatikkoratkaisuja. (SEW-Eurodrive [www-sivut](http://www.sew-eurodrive.com))

3.3 Vaihdelaatikon tuenta

Periaatekuva vaihdelaatikon tuennasta. Teollisuudessa käytettävissä vaihdelaatikoissa on useita kiinnityspisteitä, koska voimansiirtoakselit eivät välttämättä ole samalla puolella tai edes vastakkain. Useat valmistajat suunnittelevat kiinnityspisteitä ympäri vaihdelaatikkoa ja tällä tavalla saadaan luotua monipuoliset kiinnitysmahdollisuudet.

Kuten kuvasta käy ilmi, vaihdelaatikon jokaisella sivulla on neljästä kuuteen kiinnityspistettä. Näihin kiinnityspisteisiin pystytään asentamaan kiinnikkeet testauksen ajaksi. Testaus on suhteellisen nopea prosessi, joten vaihdelaatikko tuetaan vain kriittisimmistä pisteistä.



Kuva 3. Periaatekuva vaihdelaatikon kiinnitysmahdollisuuksista. (SEW-Eurodrive www-sivut)

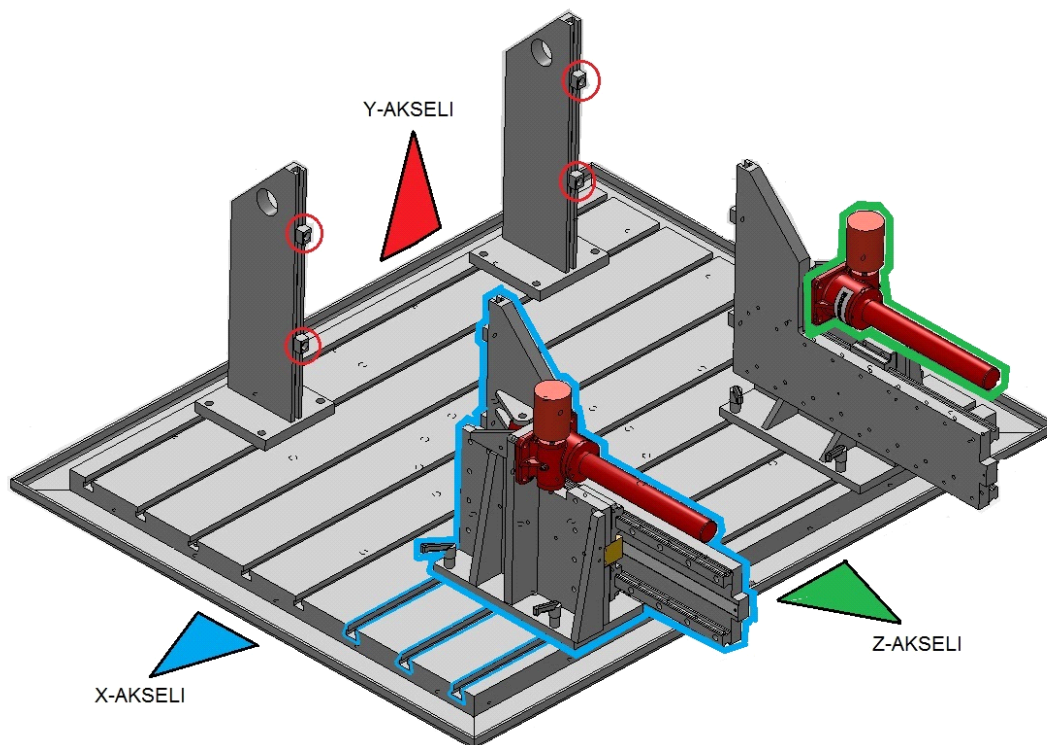
Nopein ja turvallisin vaihtoehto on valita kahdeksanpistekiinnitys, koska kaikilla sivuilla on vähintään neljä kiinnityskohtaa. Tuentaa voisi vielä parantaa tukemalla vaihdelaatikko pohjasta, mutta kiinnittämiseen ja irrottamiseen kuluisi huomattavasti enemmän aikaa. Tuennan kiinnitykselle ei alhaalla ole juurikaan tilaa ja vaihdelaatikko kiinnitetään keskelle testauspöytää. Tästä aiheutuu hyvin epäergonominen asento vaihdelaatikon asentajalle ja tämän vuoksi kiinnitystä ei suunnitella ollenkaan alapuolelle.

3.4 Kiinnityksen toimintaperiaatteen esittely

Kiinnitykselle aletaan hahmotella mahdollisia kiinnityspisteitä. Koneistettu pöytäpinta on suhteellisen suuri, mutta suunniteltavat kiinnikkeet vievät siitä oman tilansa ja väliin täytyisi suunnitella tila vaihdelaatikon. Koska vaihdelaatikon ovat isoja, täytyy kiinnikkeiden suunnittelussa ottaa huomioon seuraavia asioita:

- Suurimman testattavan vaihdelaatikon pituus ja leveysmitat.

- Kiinnityspisteiden etäisyys testauspöydän pinnasta.
- Uraväli, joka kiinnikkeitä varten koneistetaan.
- Urasyvyys ja kiinnittimien kiinnitystapa.
- Mahdolliset liikkuvat osat kokoonpanossa.
- Lujuuslaskenta.
- Muotoilu.
- Käyttöergonomia.
- Kiinnittimien alustavassa hahmottelussa piirretään käsin erilaisia kiinnitysvaihtoehtoja, jotka esitetään myöhemmin asiakkaalle.
- Testausalustaan koneistetaan urat sen jälkeen, kun suunnitelmat on laadittu mahdollisesta kiinnityksestä.
- Vaihdelaatikon tuennan toimintaperiaate perustuu kahdeksanpistekiinnitykseen. Testausalustalla on neljä kiinnikettä, kaksi yksitoimista ja kaksi kaksitoimista. Kaikissa on kaksi kappaletta Y-akselin mukaisia kiinnikkeitä, joita siirtämällä pystytään luomaan XYZ-koordinaatiston mukainen kiinnitys vaihdelaatikolle.



Kuva 4. XYZ-koordinaatiston mukainen kiinnitys vaihdelaatikolle.

Testausalustalle sijoitetut kokoonpanot liikkuvat koordinaatiston akseleiden mukaisesti kaikkiin mahdollisiin suuntiin. Tämän ominaisuuden avulla pystytään sijoittamaan mahdollisimman paljon erikokoisia testauslaatikoita. Kolmiulotteinen kiinnitys pystytään luomaan mihin tahansa kohtaan testausalustaa.

Koordinaatiston mukaiset liikeradat:

- Y-akselin suunta: Kaikissa neljässä kokoonpanossa on kaksi pystysuunnassa liikkuvaa kiinnityskiilaa. Kiinnityskiiloja on yhteensä kahdeksan kappaletta, joiden avulla luodaan kahdeksanpistekiinnitys kiinnitettävään vaihdelaatikkoon. Kiinnityskiiloja varten on koneistettu ura vastinkappaleisiin, jonka mukaan kiilat liikkuvat pystysuunnassa.
- X-akselin suunta: Kaikkia neljää kokoonpanoa voidaan liikuttaa pöydän koneistettujen urien mukaan vaakatasossa, pöytään on koneistettu kahdeksan uraa joiden mukaan kokoonpanoja liikutetaan manuaalisesti. Mikäli kohdevaihdelaatikon leveys muuttuu yli kierukkavaihteen syvyysliikkeen, voidaan kokoonpanoja siirrellä uralta toiselle manuaalisesti.

- Z-akselin suunta: Kierukkavaihteilla saadaan aikaan syvyysliike, joka mahdollistaa vaihdelaatikon kiinnityksen ja kiristyksen.

4 KIINNITYSLAITTEIDEN ESITTELY

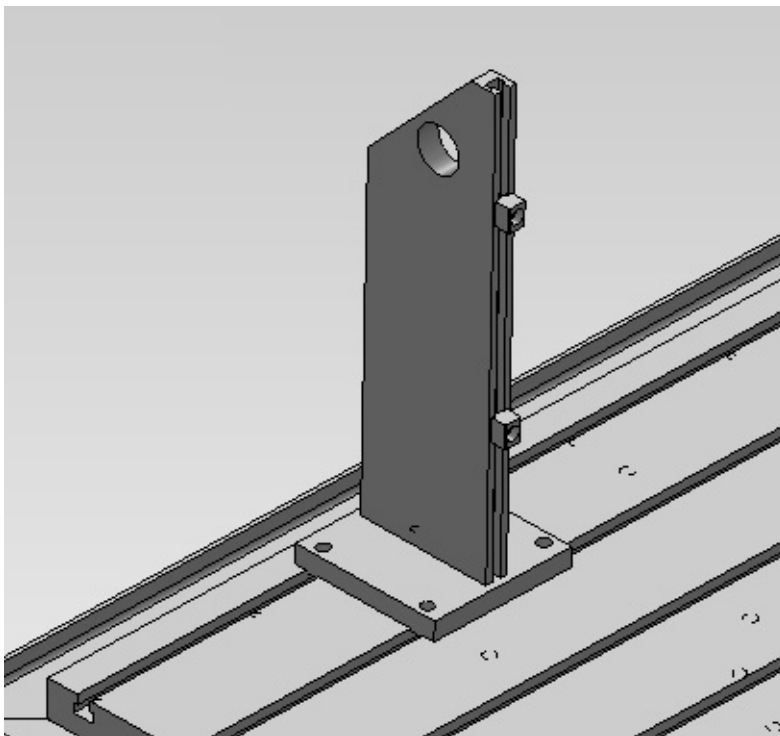
4.1 Yksitoiminen kiinnitin ja kokoonpano

Yksitoimisia kiinnittimiä suunnitellaan ja valmistetaan kaksi kappaletta vaihdelaatikon kiinnitystä varten. Kiinnittimet ovat manuaalisesti liikutettavia kokoonpanoja, jotka tukevat vaihdelaatikkoa samalta sivulta testaustoimenpiteen aikana. Kiinnittimien liittäminen testausalustalle tapahtuu kiristyskiinnikkeillä, joiden päihin on asetettu vastakappaleet. Tällöin kokoonpano ei liiku uran mukaisesti testauksen aikana.

Kokoonpanoa liikutetaan manuaalisesti, eli asiakasyrityksen työntekijät siirtävät kiinnitintä vaihdelaatikon vaatimusten mukaan. Siksi kokoonpanon tulee olla kevyt ja nopeasti liikutettavissa uralta toiselle. Käyttönopeus ja siirreltävyys testausalustalla tulee olla mahdollisimman nopeaa ja jouhevaa.

Uralta toiselle siirtymistä on pyritty nopeuttamaan mahdollisimman paljon. Rakenteen yksinkertaisuuden ja koneistuksen mittatarkkuuden ansiosta sen kiinnittämisenopeus testauspöydälle pitäisi tapahtua alle kolmessa minuutissa, vaikka kokoonpanoa siirrettäisiin uralta toiselle, eikä pelkästään koneistetun uran mukaisesti. Kokoonpano on sen verran kevyt, että yksi työntekijä pystyy siirtämään kiinnitintä asetetun aikarajan sisällä kuormittamatta itseään liikaa toimenpiteen aikana.

Kappaleeseen on myös poltettu reikä polttoleikkausvaiheessa, joten tähän voidaan kytkeä kokoonpanoa siirrettäessä teollisuushallien katossa käytettävää vinssiä tai nosturia turvallisuus ja varotoimenpiteenä.



Kuva 5. Yksitoiminen kiinnitin ilman kiristyskiinnikkeitä.

Kokoonpano koostuu kahdeksasta osasta, joista yhteensä kuusi kappaletta on standardiosia ja kaksi muodostavat yhteen hitsatun kokoonpanon.

Kokoonpano sisältää:

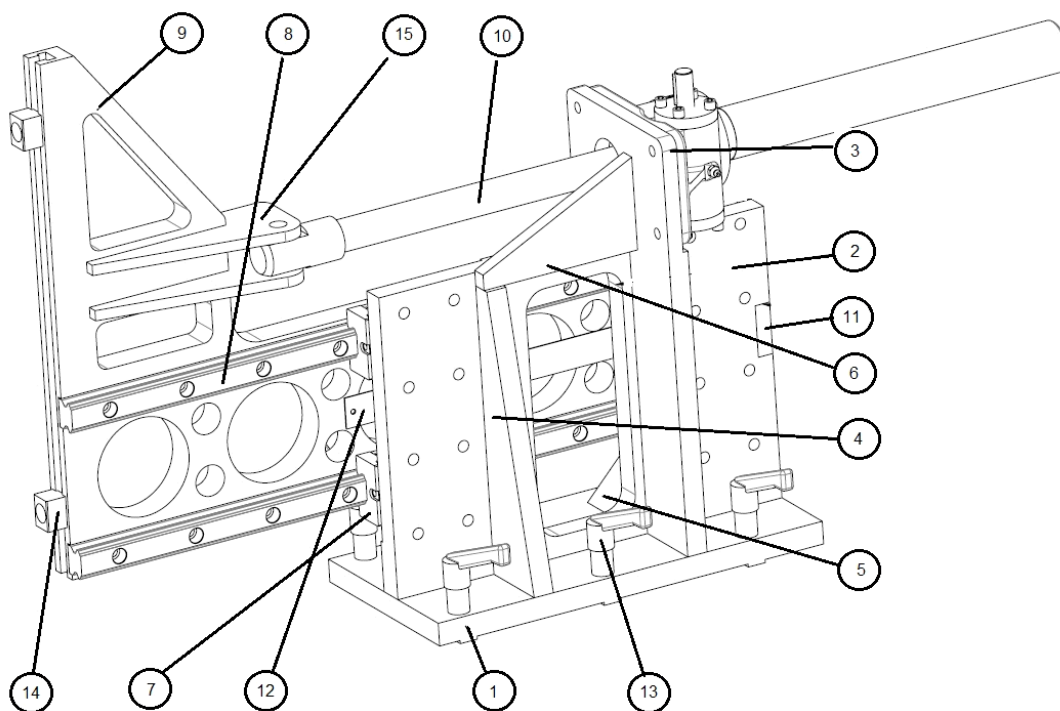
- Neljä kiristyskiinnikettä joilla kiinnitetään kokoonpano haluttuun paikkaan työtason koneistettujen urien mukaisesti.
- Kahdesta kiilasta, jotka liikkuvat pystysuunnassa koneistetun uran mukaisesti.
- Yhdestä aluslevystä, johon on koneistettu urat testausalustan urien mukaisesti.
- Yhdestä vastinlevystä, jossa on koneistettu ura kiiloja varten.

4.2 Kaksitoiminen kiinnitin ja kokoonpano

Ensimmäisen prototyypin kaksitoiminen kiinnitin oli 25 osan kokoonpano, joka korvattiin nopeasti uudemmalla kuvan mukaisella 27 komponentin kokoonpanolla, jos hydrauliliikkamoottoria ja jarrua ei huomioida.

Kaksitoiminen kiinnitin eroaa yksitoimisesta kiinnittimestä monelta eri rakenteelliselta osalta, mutta toimintaperiaatteet kiinnittimillä ovat lähes identtiset. Ainoana erona on, että kaksitoiminen kiinnitin pystyy liikkumaan syvyysuunnassa, kun yksitoiminen taas ei.

Liike toteutetaan hydrauliliikkamoottoria käyttämällä ja siitä siirretään voima ruuvitunkille, jossa on sisäänrakennettu kierukkavaihte. Tämä mahdollistaa XYZ-akselin mukaisen liikkeen toteuttamisen kiinnittimellä. Kiinnittimiä valmistetaan kaksi kappaletta, jotka jaotellaan vasempaan ja oikeaan kiinnittimeen. Kiinnittimet ovat toistensa peilikuvat, eli ne jakavat keskenään suuren osan komponenteistaan, mutta pääkomponentit ovat molemmissa yksilölliset.



Kuva 6. Kaksitoimisen kiinnittimen 27 osan kokoonpano.

Opinnäytetyön suunnitteluprojektin keskeisin suunnittelukohde on kaksitoiminen kiinnitin, joka koostuu 27 eri osasta joista 15 on standardiosia (lyhenne std), eli eri valmistajien komponentteja ja loput 12 osaa on yksilöllisiä suunniteltuja osia.

Kiinnittimen 27 osan kokoonpano koostuu:

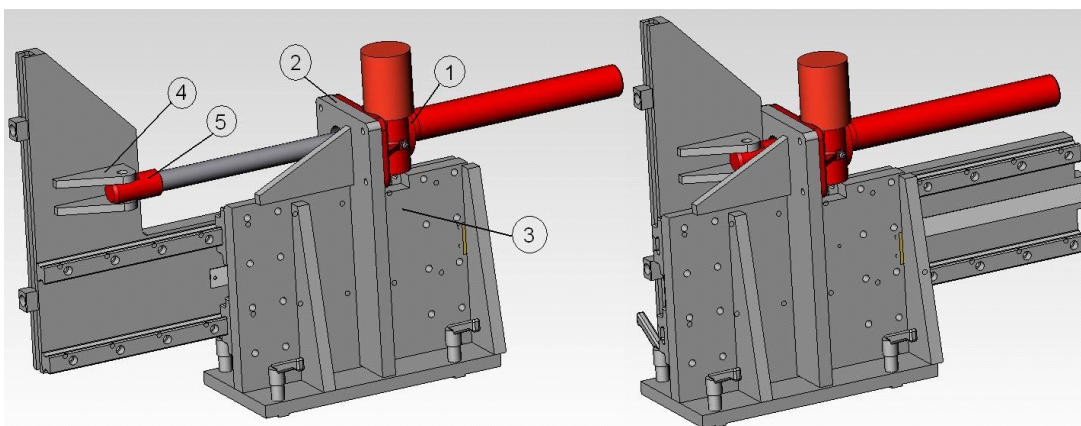
- Yhdestä aluslevystä, johon on koneistettu urat testausalustan urien mukaisesti.
- Yhdestä päärungosta, johon kaikki komponentit ovat yhteydessä.
- Yhdestä ruuvintunkin kiinnityslevystä.
- Yhdestä pitkästä kolmiotuesta.
- Kahdesta suorakulmaisesta kolmiotuesta
- Yhdestä vastinlevystä, jossa on koneistettu ura kiiloja varten.
- Neljästä kelkasta (std).
- Kahdesta lineaarikiskosta (std).
- Yhdestä vastinlevystä, johon on koneistettu ura kiiloja varten, sekä urat lineaarikiskoille.
- Yhdestä kierukkavaihteisesta ruuvintunkista, joka liikkuu Z-akselin mukaisesti (std).
- Yhdestä ruuvitunkin etäisyyden tunnistuslaitteesta.
- Yhdestä ruuvitunkin etäisyyden määrittämisen mittauslaitteesta.
- Kuudesta vääntimestä joilla kiinnitetään kokoonpano haluttuun paikkaan työtason koneistettuihin uriin X-akselille eli sivuisliikkeen mukaisesti (std).
- Kahdesta kiilasta, jotka liikkuvat koneistetun uran mukaisesti koordinaatiston Y-akselilla eli pystysuunnassa (std).
- Kahdesta vastinlevyn tunkkiin yhdistävästä tukikolmiosta.

4.3 Kiinnittimen liikkeen toteutus ja suunnittelu

Kiinnittimeen suunnitellaan paikka ruuvitunkille. Liikkeestä tulee virheetön ainoastaan, jos tuki johon ruuvitunkki kiinnitetään on tarpeeksi jäykkä ja vastinlevyyn nähden suorassa. Ruuvitunkin kiinnike numero 2 on hitsattu pääkiinnikkeeseen numero 3, joka tukevoittaa rakennetta ja samalla vähentää kiertymisilmiötä, jota tunkin varsi liikkeelle aiheuttaa kiinnike numero 2:seen.

Ruuvitunkissa on sisäänrakennettu kierukkavaihde. Hydraulikkamoottoria kuvataan kokoonpanossa punaisella lieriöllä, joka sijaitsee numeroiden kaksi ja yksi välissä. Moottorin avulla pystytään säätämään varren pituutta ja näin ollen myös tukemaan vaihdelaatikkoa nopeasti ja tehokkaasti.

Ruuvitunkin akselin päässä on punainen kiinnike, joka on esitetty numerolla 5. Tämä kiinnike yhdistää ruuvitunkin vastinlevyyn. Vastinlevyyn on hitsattu kaksi pientä kiinnikettä, jotka on esitetty kuviossa numerolla 4. Kiinnikkeet tukevat ruuvitunkin akselin vastinlevyyn.



Kuva 7. Syvyysliikkeen toteutus ruuvitunkilla.

5 TOIMILAITTEET

5.1 Ruuvitunkki

Opinnäytetyön kaksitoimisten kiinnikkeiden liikkeen toteutusta varten täytyy määrittää tarvittavat toimilaitteet, joilla pystytään liikuttamaan vastinlevyjä lineaaritasossa.

Kiinnittimiin asennetaan pienet hydraulikkamoottorit ja jarrut, joita käyttämällä pystytään toteuttamaan tarvittava syvyysliike. Syvyysliike on ehdottoman tärkeä siitä syystä, että testausalusta jolla kiinnikkeitä siirrellään, on vain muutaman neliön kokoinen. Siksi siihen koneistetut kahdeksan uraa ovat melko kaukana toisistaan. Tämän vuoksi on myös erittäin tärkeää, että vastinlevyjen kiinnityspintoja pystytään liikuttamaan urien vastaisesti, eli kapeampiakin vaihdelaatikoita voidaan testata liikuttamatta kiinnikkeitä uralta toiselle.

Syvyysliike, joka kaksitoimiseen kiinnikkeeseen toteutetaan, täytyy olla riittävän pitkä. Pienimmätkin testattavat vaihdelaatikot tulee saada testattua liikuttamatta kiinnikkeitä uralta toiselle.

Ruuvitunkille on asetettu vaatimuksia ja ohjearvoja, joiden pohjalta oikeanlaisen ruuvitunkin löytäminen on helpotettu huomattavasti. Ruuvitunkin valintaa helpottaa alla esitetty viisiportainen suunnittelumalli (Powerjacks [www-sivut](#)), josta saa selvitettyä tarpeelliset tiedot käyttäen hyödyksi mallikohtaisia arvoja. Arvot on taulukoitu suunnitteluoppaassa (Powerjacks [www-sivut](#)).

Laskelmat on tehty käyttämällä Powerjacks 25kW E1801 mallia.

Step1 Actuator Input Speed

$$N \text{ (rpm)} = \frac{\text{Raise Rate (mm/min)} * \text{Gear Ratio}}{\text{Pitch (mm)} * N^{\circ} \text{ of Starts on Lifting Screw}}$$

Note Actuator Input Speed should not exceed 1800 rpm.

Kuva 8. Suunnittelumalli 1. (Powerjacks [www-sivut](#)).

**Ensimmäisessä vaiheessa selvitetään toimilaitteen kierrosnopeus N (rpm). Tarvi-
taan seuraavat tiedot:**

- Kuinka pitkän liikkeen ruuvitunkki joutuu liikkumaan minuutissa

- Ruuvitunkille valittu välityssuhde
- Ruuvin kierteen nousu (mm)
- Käynnistysten määrä nostoruuvilla

$$N \text{ (rpm)} = \frac{\frac{100\text{mm}}{\text{min}} * 6}{0.25 * 25.4\text{mm} * 1}$$

Tulos: 94.5 rpm

Saatu arvo jäi selvästi alle noteeratun 1800 rpm arvon jota ei suositella ylitettävän.

Step 2 Operating Input Power (kW), P_{in}

$$P_{in} \text{ (kW)} = \frac{\text{Load (kN)} * \text{Raise Rate (mm/min)}}{60000 * \eta_{ad}}$$

η_{ad} = Dynamic Actuator Efficiency

Kuva 9. Suunnittelumalli 2. (Powerjacks [www-sivut](#)).

Toisessa vaiheessa selvitetään käyttömoottorin tehon tarve. Tarvitaan seuraavat tiedot:

- Toimilaitteen kuormitus
- Kuinka pitkän liikkeen ruuvitunkki joutuu liikkumaan minuutissa
- Taulukoitu dynaaminen hyötysuhde

$$P \text{ (kW)} = \frac{17\text{kN} * \frac{100\text{mm}}{\text{min}}}{60000 * 0.275}$$

Tulos: 0.103kW

Saadun arvon mukaan pienitehoinen hydrauliliikkamoottori, jonka teho on 1kW riittää käyttömoottoriksi ruuvitunkille.

Tulos: 9.84Nm

Kolmannessa vaiheessa selvitetään väännön määritys edellä saatujen tulosten pohjalta. Valittavan moottorin teho kerrotaan arvolla 9550 ja jaetaan kierrosmäärällä, joka selvisi ensimmäisessä vaiheessa.

Step 3 Operating Input Torque

$$T_{ino} (Nm) = \frac{P_{in} (kW) * 9550}{N (rpm)}$$

Kuva 10. Suunnittelumalli 3. (Powerjacks www-sivut).

$$T (Nm) = \frac{0.103kW * 9550}{100rpm}$$

Neljännessä vaiheessa selvitetään toimilaitteen käynnistysmomentti. Tarvitaan seuraavat tiedot:

- Toimilaitteen kuormitus
- Ruuvin kierteen nousu (mm)
- Käynnistysten määrä nostoruuvilla
- Taulukoitu staattinen hyötysuhde (Lähde 5, s. 28)
- Ruuvitunkille valittu välityssuhde

Step 4 Actuator Start-Up Torque

$$T_{ins} = \frac{\text{Load (kN)} * \text{Pitch (mm)} * N^{\circ} \text{ of Starts on Lifting Screw}}{2 * \pi * \eta_{as} * \text{Gear Ratio}}$$

$$\eta_{as} = \text{Static Actuator Efficiency}$$

Kuva 11. Suunnittelumalli 4. (Powerjacks www-sivut).

$$T_{ins} (Nm) = \frac{17kN * 6mm * 1}{2 * \pi * 0.188 * 6}$$

Tulos: 14.39Nm

Viidennessä vaiheessa tarkistetaan toteutuvatko ohjearvojen mukaiset tulokset.

Tulos: Valitaan saatua arvoa vastaava tehokkaampi käyttömoottori ja samalla, kun moottorin kokoa nostetaan, nousee samalla vääntömomentti. Asetetut ehdot toteutuvat.

Step 5 Mechanical Power and Torque Check

If $P_{\text{mechanical}} > P_{\text{in}}$ & $T_s > T_{\text{ins}}$ then the actuator selected is acceptable for power requirements.

Kuva 12. Suunnittelumalli 5. (Powerjacks www-sivut).

$$P_{\text{mechanical}} = 1.5kW > P \text{ ja } T = 19Nm > T_{\text{ins}}$$

Tulos: Valittu 25kN ruuvitunkki on sopiva.

5.2 Vastinlevyn liikkeen toteutus

Vastinlevyä liikutetaan ruuvitunkin avulla ja liikkeen toteutuminen vaatii mittatarkkuudeltaan tuotetta jolla pystytään liikuttamaan vastinlevyä lähes välyksettömästi. Liikkeen sujuvuuden takaamiseksi aloitetaan tutkinta, jossa selvitetään millä tavalla liikkeestä saadaan asetettujen tavoitteiden mukainen.

Tapa jolla liike toteutetaan täytyy olla mahdollisimman kevyt, jotta kokoonpanon kokonaisuudessa ei kasva merkittävästi. Käyttöikä täytyy olla korkea ja laitteisto lähes huoltovapaa. Koska liike on lineaarinen, on selvää että liike täytyy toteuttaa käyttämällä kiskoja jota vasten vastinlevy kiinnitetään ja kisko täytyy liikkua vastinlevyn mukana. Valittava toteutustapa täytyy olla kevyt, joten täytyy välttää kaikkea mikä on valmistettu teräksestä ja suosia alumiiniseoksia. Koska rakenne vaatii kaikilta kokoonpanoon kuuluvilta osilta suurta rasituksen sietokykyä ja pitkää käyttöikää aloitetaan tarkastelu lineaarijohteista.

5.3 Linearijohteet

Linearijohdevaihtoehtoja on lukuisia ja valmistajia myös. Tämä helpottaa ja antaa tarkastelulle hyvät lähtökohdat informatiivisen tiedon etsimisen kannalta. Koska valmistajia on paljon, on ohjeita helposti löydettävissä.

Ensimmäinen tarkastelukohta linearijohteiden tarkastelukohta on sen käyttöiän määrittäminen:

Life Calculation

The equation of nominal life for linear rail system is shown as below.

Calculation of nominal life

L (km) : Nominal life

P_c(N) : Calculated load

C (N) : Basic dynamic load rating

f_c : Contact factor

f_w : Load factor

$$L = \left(\frac{f_c}{f_w} \cdot \frac{C}{P_c} \right)^3 \times 50$$

Contact factor (f_c)

When two or more blocks are used in close contact, it is hard to obtain a uniform load distribution because of mounting errors and tolerances. The basic dynamic load C should be multiplied by the contact factors f_c shown here.

Number of blocks in close contact	Contact factor f _c
Normal condition	1,0
2	0,81
3	0,72
4	0,66
5	0,61
6 or more	0,6

Load factor (f_w)

Reciprocating machines create vibrations. The effects of vibrations are difficult to calculate precisely. Refer to the following table to compensate for these vibrations.

Vibration and impact	Velocity	Load factor f _w
Very slight	Very low V ≤ 0,25 m/s	1 - 1,2
Slight	Low 0,25 < V ≤ 1,0 m/s	1,2 - 1,5
Moderate	Medium 1,0 < V ≤ 2,0 m/s	1,5 - 2,0
Strong	High V > 2,0 m/s	2,0 - 3,5

Kuva 12. Linearijohteen käyttöiän määrittäminen. (Rollco www-sivut).

Linearijohteiden lasketun eliniän L(km) selvittämiseen tarvitaan seuraavat tiedot:

- $P_c (N)$ = Momentin aiheuttama kuormitus
- $C (N)$ = Mallikohtainen dynaaminen kuormitusarvo
- f_c = Taulukoitu ohjearvo, joka on verrannollinen lineaarijohteiden kappalemäärään
- f_w = Tärinän ja iskujen taulukoitu kuormitusarvo

Laskelma on toteutettu käyttämällä Rollco SBI-30FL kuulajohdetta.

$$L = \left(\frac{0.81}{1.1} \times \frac{42800N}{17000N} \right)^3 \times 50$$

Tulos: 564.4km

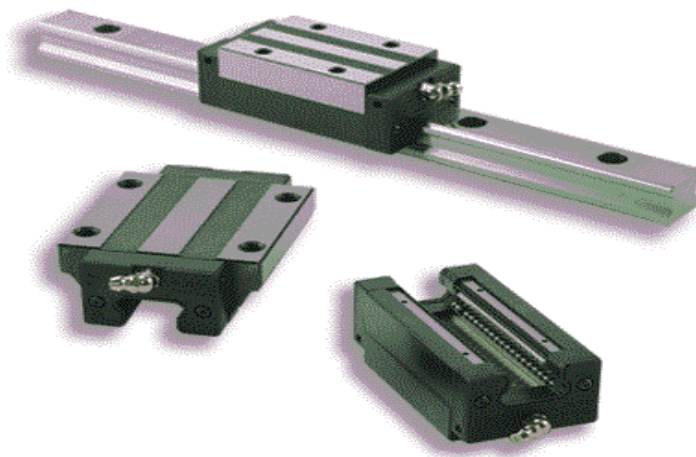
Edestakainen liike kuulajohteella on maksimissaan 60cm, mikäli testauksia pystytään suorittamaan kahdeksan kappaletta tunnissa seitsemän työtunnin ajan, tällöin kuljettu matka on 33.6 metriä päivässä. Vuoden 2018 kalenterissa on 251 työpäivää, joten johteet liikkuvat 8433.6 metriä vuodessa. Joten odotettu elinikä on 66 vuotta. Todellisuudessa kiskoja ei liikuteta lähellekään maksimiarvoja, mutta asennuksessa tulee ylimääräisiä toistoja. Joten tulos on vertauskelpoinen.

Projektin lineaarijohteiksi valitaan kuulajohteet, koska ne ovat luotettavia ja kestävät suuria kuormituksia, sekä niiden suunnittelussa on huomioitu hyvin oleellinen osa-alue, eli kuormituksen jakaminen tasaisesti kaikkiin suuntiin yhtä suurella voimalla.

Kuulajohteen liikeradan toimivuuden ja laitteen elämänkaaren suunnittelun toteuttamiseksi määritellään voimat, jotka kuormittavat kelkkaa kolmelta eri suunnalta. Voimat on merkitty kirjainyhdistelmin **Myo** (Moment in yawing direction), **Mro** (Moment in rolling direction) ja **Mpo** (Moment in pitching direction) (Rollco www-sivut).

Vastaavanlaisia harkinnassa olevia johteita ovat rullajohteet ja miniatyyrijohteet. Miniatyyrijohteet ovat kuitenkin useiden maahantuojiin ja valmistajien sivuilla ilmoitettu opinnäytetyön projektiin liian heikoiksi kestäväksi kuormituksia, joita komponentit edellyttävät. Rullajohteet ovat myös vartenotettava vaihtoehto ja ne kilpailevat kuulajohteiden kanssa suhteellisen tasaväkisesti, mutta aikataulu ratkaisi tämän ongelman tarjouksia haettaessa. Alla olevassa kuvassa näkyy perinteinen kuulajohde, johon

kuuluvat kisko ja kelkka. Kelkka kiinnitetään kiinteään kokoonpanoon ja kisko siihen osaan minkä halutaan liikkuvan.



Kuva 13. Kuulajohde, johon kuuluvat kisko ja kelkat. (Rollco [www-sivut](http://www.rollco.com)).

5.4 Kuulajohde

Kuulajohteiden valinnassa täytyy huomioida seuraavat tekijät (Rollco [www-sivut](http://www.rollco.com)):

- Työympäristö
- Kuormitus
- Esijännitys
- Voitelu
- Huollettavuus
- Toimitus ja saatavuus

Työympäristö on erittäin tärkeä kriteeri valittaessa johteita, koska tämän pohjalta tehdään arvio siitä, tarvitaanko puhtaan vai likaisen (esimerkiksi pölyisen tai öljyisen) ympäristön johteet. Suunniteltavaan tuotteeseen valitaan puhtaan ympäristön johteet, koska laite on testaustiloissa, eli verrattavissa lähes laboratorio-olosuhteisiin. Likaisen ympäristön johteet eroavat puhtaan ympäristön johteista ainoastaan siitä, että likaisen

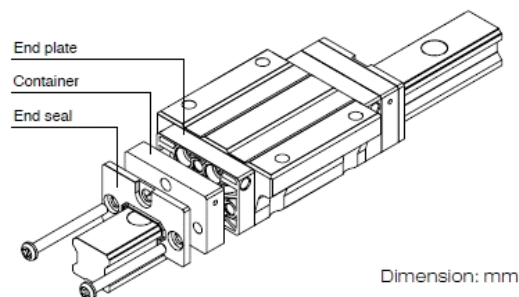
ympäristön kolkoihin on asennettu puhdistimet kelkan päihin, jotka puhdistavat johdetta jokaisen liikkeen jälkeen.

High Dust-proof and Self-lubricant Container

For protecting the linear rail system from fine foreign matter and where grease feeding is not easy, Rollco created the high dust-proof (DF) seal and self-lubricant container (MF).

Function and classification in accordance with seal type:

DF : Dust protection for fine foreign matter
MF: Self lubricating for long maintenance intervals



Kuva 14. Havaintokuva kuulajohteiden lisävarusteista (Rollco www-sivut).

Valmistaja tai maahantuoja kysyy aina erikseen, että halutaanko tuote toimitettuna välyksellä, normaalilla esijännityksellä, korkealla esijännityksellä vai erittäin korkealla esijännityksellä. Esijännityksen merkitys kahdelle yhdensuuntaiselle kappaleelle valitaan kuormituksen mukaan ja suurempi kuormitus edellyttää tiukempaa välystä (Rollco www-sivut).

Voiteluominaisuus kolkassa on toteutettu sivulle sijoitetulla rasvanipalla, joka myös valittiin käytettäväksi opinnäytetyöprojektin kelkoissa. Rasvanipan etuina ovat laitteen kulumiskestävyyden parantuminen ja saumattoman liikkeen toteutuminen voitelun ansiosta.

Opinnäytetyöprojektin kohdalla toimitus oli hintaa tärkeämpi kriteeri, koska projekti etenee asiakkaan aikataulun mukaan. Toimitusaika ja saatavuus ovat ensisijaisia asioita valittaessa oikeanlaista kuulajohdetta. Asiakkaan ehtojen mukaan suunnittelussa otettiin huomioon ainoastaan niiden johteiden ominaisuudet joita oli nopeimmin saatavissa.

Tilasta tehdessä on erittäin tärkeää, että kaikki kriteerit ovat huomioitu ja tilattava tuote löytyy varastosta tilaushetkellä. Valittavat johteet ovat yleisimpien johteiden joukossa, joten niiden huollettavuus on huomattavasti nopeampaa ja helpompaa, sekä kustannustehokkaampaa kuin erikseen räätälöidyillä johteilla.

5.5 Kuulajohteen kelkan kiinnityksen suunnittelu

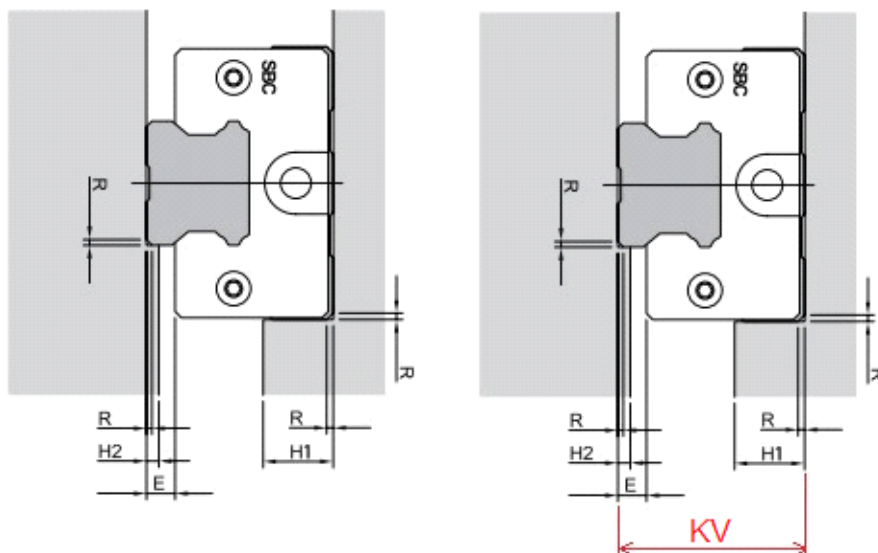
Lähtökohtaisesti kuulajohteiden kelkkoja asennetaan kaksitoimiseen kiinnikkeeseen neljä kappaletta. Eli kelkkoja tulee kokoonpanoon yhteensä kahdeksan kappaletta. Kuulajohteen kelkan kiinnityksen suunnitteluun on annettu valmistajan johdosta paljon informaatiota, joka helpottaa suunnittelutyötä. Ohjeet ovat kuitenkin suuntaa-antavia esimerkkejä ja siksi niitä ei voida yhdistää kaikkiin mahdollisiin sovelluksiin.

Projektissa toteutettua suunnittelua pyrittiin ajattelemaan niin, että prioriteettinä on käyttäjän kannalta toimivin ja turvallisin vaihtoehto. Valmistuksen kannalta ajateltiin, että koneistajan työn helpottamista ja nopeuttamista varten kannattaa välttää niitä muotoja, jotka vaativat ylimääräisiä työstöterän vaihtoja.

Suunnittelutyö lähtee valmistajan sivujen pohjalta. Valmistaja on luonut kotisivuilleen ohjelman, johon syötetään valmistajan omien tuotteiden arvoja ja näiden pohjalta ohjelmisto antaa ohjearvot. Hakukenttiin kirjoitetaan oleelliset tiedot, kuten lineaarikiskon standardipaksuus, halutun kiskon pituus, sekä reikäväli ja mahdolliset lisävarusteet. Välyksillä annetaan osviittaa siitä, kuinka paljon liikkumavaraa toistensa suhteen komponenteilla tulisi olla.

Kuvassa näkyvien kirjainten selitykset mallikohtaisesti 15-65mm kiskoilla (Rollco www-sivut) Rollco SBI-30FL kuulajohteella nämä arvot ovat:

- R = Johteen ympärille tehtävä pyöristys, 1mm
- H1 = kelkan upotus kappaleeseen 11mm
- H2 = kiskon upotus kappaleeseen 5mm
- E = kelkan etäisyys upotuksesta 7mm

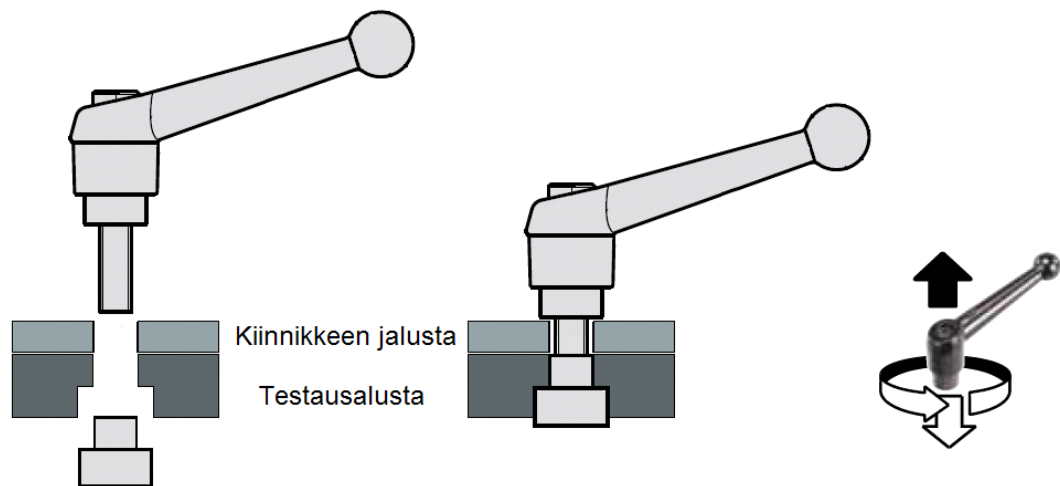


Kuva 15. Vastinkappaleen ja rungon etäisyyden määrittäminen (Rollco www-sivut).

Opinnäytetyöprojektissa kuvasta sovellettiin vastinlevyn ja rungon tukirakenteen välistä etäisyyttä. Etäisyyden selvittämiseksi käytetään kuvan E-arvoa ja siitä selviää, kuinka kaukana vastinlevyn kuuluu olla kelkasta. Koska kelkan sivuprofiilin mitta tiedetään, voidaan laskea kelkan ja E-arvon summa vähennettynä H1 upotuksen arvo, josta selviää kuvaan kirjoitetun KV-etäisyys, joka vastinlevyn ja rungon välillä on oltava.

5.6 Kiristysvivut

Kaikkiin testauspöydällä asetettaviin neljään kokoonpanoon tulee neljästä kuuteen kiristyskiinnikettä. Kiinnittimen alustan ja testausalustan välille luodaan kitkakiinnitys. Kitkakiinnitys toteutetaan asentamalla kiristysvivut kokoonpanojen jalustalevyihin, joihin on tehty reiät niitä varten. Kiristysvivut kiinnitetään vastakappaleeseen, joka asennetaan työpöydässä olevaan koneistettuun uraan.



Kuva 16. Periaatekuva kiinnikkeiden kiinnityksestä testausalustalla. (SKS www-sivut).

Suunniteltava kitkaliitos toteutetaan yhdistämällä ruuvikiinnitys kahden kappaleen välillä ja näiden puristuessa testausalustaan luodaan kokoonpanon ja alustan välille halutunlainen kitkakiinnitys.

Tavallista pyöritettävää väännintä ei voida käyttää, koska kaksitoimisen kiinnittimen keskimmäisen reiän paikka on liian ahdas johtuen siitä, että se on kahden hitsatun sivuventalevyn välissä. Asetelman takia täytyi valita väännin, jossa on ominaisuus, jolla pystytään kiristämään liitosta huolimatta siitä, että pyörittämiskulma on vain 90 astetta.

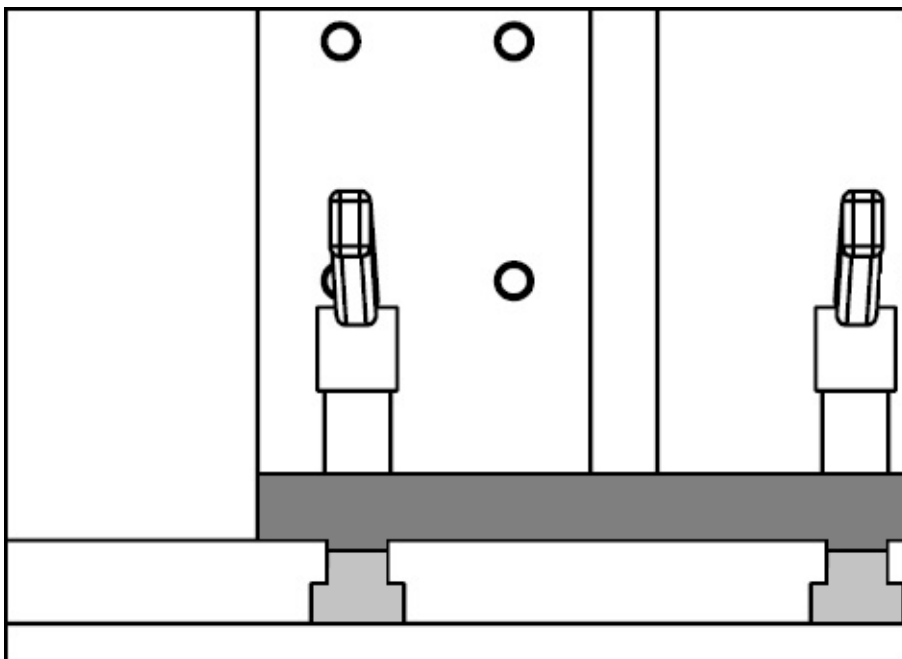
Tähän ongelmaan on olemassa yksinkertainen ratkaisu, sillä useilla valmistajilla on valikoimassaan tarpeisiimme sopiva vaihtoehto. Esimerkiksi väännin, jota voi käyttää räikkäntavoin. Tämä edistää kiinnitystä huomattavasti, koska muutoin ainoa vaihtoehto olisi ollut nivelellä varustettu väännin. Tämä väännin taas ei täytä vaatimuksiamme, koska kiristysominaisuudet eivät ole läheskään samat. Tämä johtuu siitä, että räikkäväännintä voi sijainnista huolimatta kiristää parhaalta mahdolliselta vääntösektorilta, kun taas nivelvääntimen kiristyksessä tulee tilanteita, joissa kahva on pystyasennossa. Silloin vääntö tapahtuu epäedullisesta kulmasta, joka kuormittaa työntekijää huomattavasti enemmän kuin räikkäväännin.

Kitkakiinnityksen pitävyys on laitteiston käyttäjän vastuulla eli käyttäjän on varmistettava pitävyys ennen testausta. Kuitenkin valituissa vääntimissä on sen verran

kierteellä pituutta, ettei normaaliolosuhteissa voi syntyä ilmiöitä, jossa väännin ja vastakappale eivät olisi toisiinsa liitettyinä.

5.7 Vastakappale

Vastakappale on yksi projektin pienimmistä osista, mutta sillä on suuri merkitys koko laitekokonaisuuden toiminnan ja turvallisuuden kannalta. Vastakappale on linkki, joka pitää kiinnikkeet paikallaan testisuorituksen aikana. Vastakappaleiden määrä on verrannollinen vääntimien määrään, koska ne muodostavat parin. Vastakappale määrää testausalustan koneistuksen muodon, koska se sijoitetaan uran sisälle.



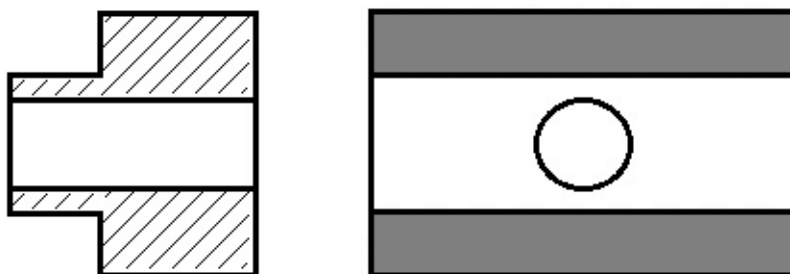
Kuva 17. Vääntimen ja vastakappaleen yhdistys.

Vastakappale valmistetaan yhtä kestävästä materiaalista kuin siihen liitettävä ruuvi on valmistettu, tämä siksi ettei kovempi materiaali väännä eikä kuluta kierteitä tai jenkoja pilalle.

Vastakappale suunnitellaan helposti valmistettavaksi eli vaikeita muotoja vältetään, koska testauspöydän urat koneistetaan vastakappaleen muodon mukaan. Tämä yhdistelmä puristaa kokoonpanon tiukasti pöytään. Kuvio 18 kuvaa suunniteltua vastakappaleita, harmaa osuus on testausalustan alapuolelle kiinnittyvä pinta-ala ja korkeilla

reunoilla sekä riittävällä kappaleen pituudella varmistetaan, ettei vastakappale voi missään olosuhteissa pyörähtää ja näin ollen löystyä.

Vastakappaleesta suunnitellaan mahdollisimman pitkä, jotta kiinnityspinta-alaa olisi maksimaalisesti. Pituudesta on myös se hyöty, ettei manuaalisesti kiristettävillä vääntimillä pystytä vääntämään kappaletta niin tiukkaan että vastakappaleen kovempi materiaali uppoaisi pehmeämpään testauspöydän uraan. Tämä on paitsi laitteiston käytön turvallisuuden kannalta erittäin tärkeä asia, mutta myös kustannusten minimoimisen kannalta, koska testauspöytä on koko testauslaitteiston suurin koneistettava kappale ja täten myös kallein on sen pysyttävä vaurioitumattomana mahdollisimman pitkään.



Kuva 18. Vastakappale

6 YHTEENVETO JA SUOSITUKSET

Opinnäytetyössä toteutettiin intuitiivisen suunnittelutyön pohjalta kokoonpano, joka hyväksyttiin asiakkaalla. Hyväksytyä konseptia kehitettiin yhdessä asiakkaan kanssa. Tutustuttiin vuorovaikutukseen suunnittelijan ja asiakkaan välillä ja esiteltiin havainnollistamista helpottavaa tapaa tutustua suunniteltavaan tuotteeseen.

Työssä suunniteltiin ja mitoitettiin pitkäikäiset toimilaitteet sekä hyödynnettiin eri valmistajien antamia suunnitteluohjeita rasiusten ja koneistusten suunnittelussa. Toimilaitteiden valinnassa on käytetty isoa varmuuskerrointa johtuen siitä, että maksimaalista kuormitusta on hyvin vaikea määrittää. Kuitenkin tulokset pysyivät valmistajien ohjearvojen sisäpuolella, joten suunniteltu tuote pitäisi olla pitkäikäinen.

Aikataulun kiireellisyyden vuoksi, kehittämisen varaa jäi varmasti. Ruuvitunkkeja olisi voinut ottaa useammankin tarkasteluun, jolloin lopullisen tuotteen painoa olisi voitu tiputtaa. Sama pätee muihinkin toimilaitteisiin. Työn tavoitteena oli saada mahdollisimman kevyt lopputulos, joten olisi voitu tarkastella erilaisia materiaalivaihtoehtoja. Tämä kuitenkin sellaisilla reunaehdoilla, jotka sopivat asiakkaan asettamaan hintahaarukkaan. Tuote täytti asiakkaan odotukset, mutta suunnittelijan näkökulmasta parannettavaa löytyy aina.

LÄHTEET

Rollco www-sivut. Viitattu 30.04.2018.

Powerjacks www-sivut. Viitattu 03.05.2018.

SKS www-sivut. Viitattu 15.05.2018.

SEW-Eurodrive asennus ja käyttöohje. Viitattu 12.04.2018. <https://download.sew-eurodrive.com/download/pdf/21932891.pdf>

Ruuvitunkin mitoitusohje. Viitattu 03.05.2018 <https://www.powerjacks.com/perch/resources/brochure/pjsjds-sel-en-02.pdf>

Projektisuunnittelu. Viitattu 27.03.2018. http://homes.jamk.fi/~huojo/opetus/IIZT4010/IIZT4010_5.pdf

Kuulajohteen käyttöön määrittäminen. Viitattu 30.04.2018. http://www.rollco.fi/fileadmin/user_upload/Rollco/Brochures/Linear_Rail_SBI.pdf

Kiinnitysivut. Viitattu 15.05.2018. [https://www.sks.fi/Sofor/skswww2.nsf/sivut/4E0EFD869716C3C5C2257B7900351433/\\$FILE/Claming%20and%20tension%20levers.pdf](https://www.sks.fi/Sofor/skswww2.nsf/sivut/4E0EFD869716C3C5C2257B7900351433/$FILE/Claming%20and%20tension%20levers.pdf)

Tuomaala, Jorma 1995. Luova koneensuunnittelu. Gummerus, Jyväskylä

