



Kaksoispumppujen kokoonpanosolun suunnittelu

Saku Wikström

OPINNÄYTETYÖ
Huhtikuu 2019

Ajoneuvotekniikan koulutus
Työkonetekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Ajoneuvotekniikan koulutus
Työkonetekniikka

WIKSTRÖM, SAKU:
Kaksoispumppujen kokoonpanosolun suunnittelu

Opinnäytetyö 29 sivua, joista liitteitä 1 sivua
Huhtikuu 2019

Opinnäytetyön aiheena on kaksoispumppujen kokoonpanosolun suunnittelu Bosch Rexroth Oy:lle Tampereen toimipisteeseen. Asiakas halusi ulkoistaa kaksoispumppujen kokoonpanon lopputuotteesta Rexroth:lle, jolloin asiakas voisi keskittyä lopputuotteen kokoonpanemiseen. Tavoitteena on luoda kokoonpanosolu, joka on turvallinen, ergonominen ja käytännöllinen.

Opinnäytetyön alussa käydään läpi aiheeseen kuuluvaa teoriaa, johon sisältyy turvallisuus, layout ja varastointi. Teorian pohjalta suunnitellaan kokoonpanosolu, jolla on turvallista, tehokasta sekä helppo työskennellä. Turvallisuus on yksi tärkeimmistä aiheista, joka otetaan huomioon suunnittelussa.

Työssä tutustutaan kokoonpantaviin kaksoispumppuihin, joille kokoonpanosolu suunnitellaan. Isoin osuus työstä on kuitenkin kokoonpanopöydän ja siihen sijoitettavan asennustason suunnittelu sillä kokoonpanon täytyy olla turvallista ja tehokasta.

Kokoonpanoille saatiin luotua hyvä kokoonpanosolu tilan puutteesta huolimatta. Kokoonpanopöydästä saatiin toimiva ratkaisu, joka soveltuu monelle eri pumpukoolle adapterien ansiosta. Asennustasolle saatiin maksimoitua pumppujen määrä, jotka mahtuvat asennustasolle samalla kertaa. Kokoonpanopöydästä saatiin ergonomisesti hyvä ratkaisu, koska pumppuja voidaan pyöritellä asennustasolla nostopöydän nostotoiminnon lisäksi. Pumppujen kiinnitykseen kehitettiin pikakiinnitys, jonka ansiosta tuotanto on tehokasta. Lopuksi luotiin kokoonpanokuvat ja työkuvat kokoonpanopöydän osista.

Kokoonpanosolu otetaan käyttöön vuonna 2020, jolloin kokoonpantavat kaksoispumput ovat täydessä tuotannossa. Kokoonpanopöydän asennustaso on helposti muokattavissa, joka mahdollistaa eri kokoonpanojen kokoonpanon, jotka ovat suuria kooltaan.

Asiasanat: kaksoispumppu, kokoonpanosolu, turvallisuus, ergonomia

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Automobile and Transport Engineering
Industrial Vehicles Engineering

WIKSTRÖM, SAKU:
Assembly Cell Design of Double Pumps

Bachelor's thesis 29 pages, appendices 1 pages
April 2019

The subject at this bachelor's thesis is to design double pump assembly cell for Bosch Rexroth at Tampere. The customer wanted to outsource double pumps assembly from product to Rexroth so that customer could focus on assembling their product. The goal is to design an assembly cell, which is safe, ergonomic and practical.

At the beginning of the thesis, the relevant theory which includes safety, layout and storage is reviewed. Based on the theory an assembly cell is designed that is safe, efficient and easy to work at. Safety of the assembly cell is one of the most important topics to consider in design.

The bachelor's thesis introduces to the double pumps which are to be assembled at the designed assembling cell. However, the largest part of the work is designing of the assembling table and the installation level, since the assembly must be safe and efficient.

As a result, good layout was created despite the lack of available space. An assembly table was designed for many different pump sizes, thanks to designed adapters. The number of pumps that fit to table at the same time was maximized. A good ergonomic solution was designed, thanks to the table design which allowed assemblies to be rotated on the table in addition to the lifting function of the lift table. A quick coupling was developed for mounting of the pumps, which makes the production efficient. As a final task the assembling images and the work images for the assembly table components were created.

The assembling cell is planned to be in function in 2020, when the double pump assemblies are in full production. The assembly table installation level is easily customizable, allowing to assemble different assemblies that are large.

Key words: double pump, assembly cell, safety, ergonomics

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	YRITYSESITTELY - BOSCH REXROTH OY	7
3	TUOTANNON SUUNNITTELU	8
	3.1 Erilaiset layout vaihtoedot	8
	3.2 Turvallisuus ja ergonomia	10
	3.3 Tuotteiden varastointi.....	11
4	KOKOONPANOSOLUN SUUNNITTELU.....	12
	4.1 Kokoonpantavat kaksoispumput	13
	4.2 Kokoonpanokuvat	14
	4.3 Kokoonpanopöytä ja kiinnitysraudat.....	15
	4.3.1 Asennustason suunnittelu	15
	4.3.2 Pumppujen kiinnitys asennustasoon	17
	4.3.3 3D- ja valmistuskuvat	21
	4.3.4 Turvallisuus	23
	4.4 Layout	23
	4.5 Työvälineet.....	24
	4.6 Nostimet.....	26
	4.7 Paperiton tuotanto.....	26
5	POHDINTA	27
	LÄHTEET.....	28
	LIITTEET	29
	Liite 1. Kuulalaakerin datalehti	29

ERITYISSANASTO

CAD	Computer aided design Tietokoneavusteinen suunnittelu
SAP	Tuotannon ohjausjärjestelmä
PDMlink	Product Data Managment, Tuotteen hallintajärjestelmä

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö tehtiin Tampereen Bosch Rexroth:lle, jolla oli tarvetta kokoonpanosolulle, jossa kokoonpantaisiin kaksoispumppuja. Työ aloitettiin 2018 joulukuussa, jonka oli tarkoitus valmistua 2019 kevääseen mennessä. Tavoitteena oli suunnitella puitteet, jossa kaksoispumppuja voidaan kokoonpanna tehokkaasti ja ergonomisesti, turvallisuus huomioiden.

Kokoonpanosolussa kokoonpantaisiin kaksoispumppuja, jotka asiakas on halunnut ulkoistaa omasta tuotannostaan, jolloin asiakas voi keskittyä lopputuotteen tuotantoon. Tällä tavoin asiakas pystyy parantamaan lopputuotteen varmuutta ja tuotannon nopeutta. Ennen ulkoistamista asiakas on itse kokoonpannut kaksoispumput pumpuista, jotka ovat tulleet Rexroth:lta.

Kokoonpanosolun suunnitteluun kuuluu layoutin, varastoinnin ja kokoonpanopisteen suunnittelu. Kaksoispumppujen kokoonpanoa varten luodaan kaksoispumpuista kokoonpanokuvat ja työohjeet. Kokoonpanossa on tärkeää ottaa huomioon turvallisuus. Rexroth:lla on tarkat vaatimukset ja tarkastukset ennen laitteen käyttöön ottoa, jolloin vaatimukset täytyy ottaa huomioon suunnittelun aikana.

2 YRITYSESITTELY - BOSCH REXROTH OY

Bosch Rexroth on voimansiirron, ohjauksen ja liikkeenhallinnan ratkaisujen maailmanlaajuinen markkinajohtaja. Sen myynti- ja huoltoverkosto tuotantolaitoksineen kattaa yli 80 maata. Tuoteohjelmaan kuuluvat hydrauliiikan, lineaari- ja kokoonpanotekniikan ratkaisut sekä sähkökäytöt ja ohjausjärjestelmät. Bosch Rexroth on kumppani teollisuussovelluksissa ja tehdasautomaatiossa sekä liikuvan kaluston sovelluksissa. Bosch Rexroth Oy tarjoaa asiakkailleen kattavat neuvonta-, suunnittelu- ja kokoonpano- sekä huoltotoiminnot sisältäen käyttöönoton ja koulutuksen. Bosch Rexroth Oy:llä on laaja jälleenmyynti- ja alihankintaverkosto. Globaali liikevaihto vuonna 2017 oli 5,5 miljardia euroa ja henkilöstömäärä 30 500. Suomen toimipaikat sijaitsevat Vantaalla ja Tampereella, joiden palveluksessa työskentelee vakituisesti 106 henkilöä. Suomen kokonaisynti vuonna 2018 oli 101,7 miljoonaa euroa. Tampereen Bosch Rexroth toimipiste sijaitsee Sarankulmassa Lumpeenkadulla. (Bosch Rexroth 2018)

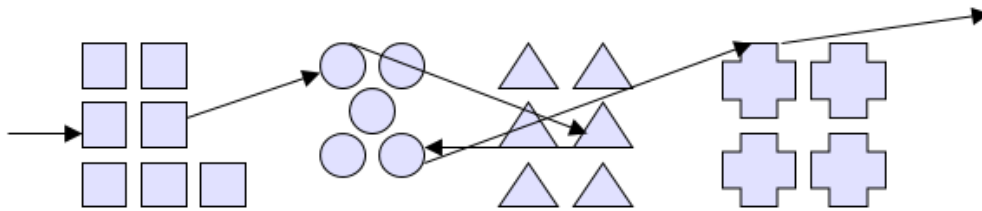
3 TUOTANNON SUUNNITTELU

3.1 Erilaiset layout vaihtoedot

Tuotannon layoutilla tarkoitetaan sitä, miten tuotantotila on järjestetty: miten laitteet, työpisteet, kulkureitit, varastot ja muut tarvittavat asiat on sijoitettu. Tuotannon layoutiin sitoutuu usein aikaa, työtä ja rahaa eikä layoutin muuttaminen ole helppoa. Layoutilla on kuitenkin suuri merkitys tuotannon sujuvuuden ja tehokkuuden kannalta. Layout-päätökset ovat siis tärkeitä tuotannon kannalta. (Logistiikanmaailma).

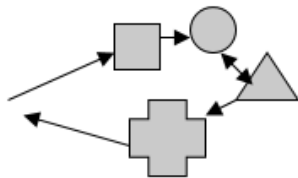
Hyvä tuotannon layout on turvallinen työntekijöille ja mahdollisille vierailijoille. Turvallisuus tuotannossa on tärkeä asia, josta ei haluta tinkiä. Turvallinen työpiste tuo kokoonpanijalle huolettomamman tunteen, joka varmasti lisää tuottoa. Tuotannon layout on organisoitu siten, että materiaalivirta on mahdollisimman tehokas, jolloin materiaaleja ja tuotteita ei kuljeteta pitkiä matkoja eikä edestakaisin. Tehokkaalla materiaali virralla tarkoitetaan sitä, että materiaali liikkuu nopeasti, eli tuotannossa käytettävät materiaalit ja tuotteet ovat lähellä tuotantoa. Hyvin suunniteltu tuotannon layout minimoi työntekijöiden turhaa työtä, joka nopeuttaa tuotantoa huomattavasti. Turhalla työllä saadaan lisättyä tuotteen laatua, koska kokoonpanija pystyy paremmin keskittymään kokoonpanoon. Hyvällä layoutilla tila on hyödynnetty tehokkaasti. Työpiste ja varastointi eivät vie turhaa tilaa, jolloin jää tilaa vielä muullekin. (Logistiikanmaailma).

Tuotannon layouteja on useampaa eri tyyppistä, jolla layout voidaan toteuttaa. Prosessilähtöinen eli funktionaalinen layout (kuva 1) on layout, jossa toiminnot ovat ryhmitelty yhteen. Esimerkiksi sorvaus, hitsaus, komponenttien valmistus, kokoonpano ja pakkaus ovat omia osastojaan. (Logistiikanmaailma).



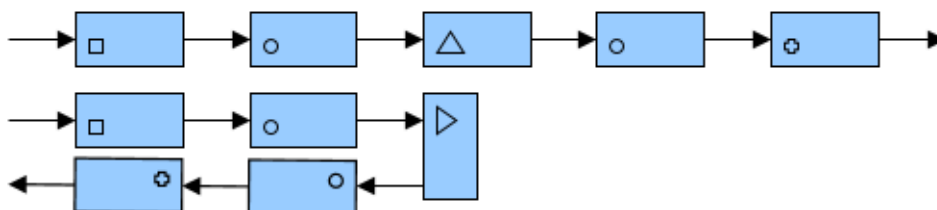
KUVA 1. Funktionaalisen layoutin malli (Logistiikanmaailma)

Funktionaalinen layout sallii laajan erilaisen tuotekirjon, joka vaatii paljon ohjausta monimutkaisen materiaalivirran takia. Tuotelähtöinen layout (kuva 2) on suunniteltu päätuotteiden luonnollisen valmistusjärjestyksen mukaan, joka soveltuu erinomaisesti pienikokoiseen tuotantoon. (Logistiikanmaailma).



KUVA 2. Solutuotanto layoutin malli. (Logistiikanmaailma)

Solutuotanto (kuva 2) on ratkaisu, jossa yksi solu sisältää tuotteen tai puolivalmisteen tekemiseen vaaditut toiminnot. Tuotantolinja voi olla myös tuotelähtöinen layout (kuva 3), joka voi olla pakkotahtinen, kuten esimerkiksi autotehtaissa. (Logistiikanmaailma).



KUVA 3. Tuotantolinja layoutin malli. (Logistiikanmaailma)

Tuotantolinjalla tuotanto on järjestetty linjamaisesti, mutta ei kuitenkaan ole pakkotahtista. Pakkotahtinen linja soveltuu suurille tuotantovolyymeille samankaltaista tuotetta. Pakkotahtisessa tuotannossa ei kuitenkaan ole yhtään joustoa uusille tuotteille, jolloin uudelle tuotteelle joudutaan toteuttamaan uusi tuotantolinja. (Logistiikanmaailma).

3.2 Turvallisuus ja ergonomia

Tuotannon täytyy olla turvallista kokoonpanijalle. Turvallisuuden varmistamiseksi tuotantosolulle suoritetaan tarkastukset, jossa arvioidaan tuotantosolun riskit. Yrityksellä on vastuuhenkilöitä, jotka vastaavat työturvallisuudesta. Vastuuhenkilöt suorittavat tarkastukset säännösten mukaisesti täyttäen vaaran ja riskin arviointi lomakkeen mahdollisista riskeistä. Riskitason ollessa liian suuri, täytyy sille laatia ohjeistus, jolla ennalta ehkäistään tapaturmia. (Valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta 12.6.2008/403)

Toiminnalle tai laitteille voidaan suorittaa sisäisiä tarkastuksia, kuten käyttöönottotarkastus. Yrityksen vastuuhenkilöt suorittavat tarkastuksen, jossa tarkastetaan työvälineen oikea asennus ja turvallinen toimintakunto ennen käyttöönottoa ja turvallisuuteen vaikuttavan muutoksen jälkeen. Käyttöönottotarkastuksessa varmistetaan, että työväline on asennettu käyttö- ja asennusohjeiden mukaisesti oikein ottaen huomioon työvälineen käyttötarkoitus, sen kulkuteiden ja hoitotasojen asianmukaisuus sekä hallinta- ja turvalaitteiden oikea toiminta. Käyttö- ja asennusohjeet pidetään saatavilla koneen käyttöiän ajan. Työpisteelle voidaan suorittaa tarvittaessa ergonomia tarkastus, jonka suorittaa työterveydenhuolto. Laitteelle voidaan myös suorittaa ulkoisia tarkastuksia, jossa määräaikaisesti toteutetaan tarkastuksia. Määräaikaistarkastuksien yhteydessä yleensä suoritetaan laitteelle määräaikaishuolto. (Valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta 12.6.2008/403)

3.3 Tuotteiden varastointi

Varastoinnilla tarkoitetaan varastotoimintaa, jolla pyritään saada varastosta tuottava. Varastoja voidaan niiden toiminnan ja tarpeen mukaan eritellä eri ryhmiin.

Perusvarasto, jolla tarkoitetaan käyttötavaraksi, kiertotavaraksi tai eräkokovarastoksi sanotaan sitä varastonosaa, joka vaihtuu kulutuksen ja täydennysrytmin mukaisesti. Perusvarasto on siis se varasto, jolla tyydytetään täydennysvälin aikainen keskimääräinen tai ennakoitu kysyntä. (Logistiikanmaailma).

Varmuusvarastolla tarkoitetaan tuotteen saatavuus kysynnän vaihdellessa, kun halutaan välttyä puutetilanteilta. Varmuusvaraston tarve riippuu kysynnän vaihtelun suuruudesta sekä varastolle asetetuista palveluastetavoitteista. Varmuusvarasto on siis se osa varastoa, jolla turvataan varaston palvelutaso silloin kun kysyntä vaihtelee. Varmuusvarasto kasvattaa keskimääräistä varastotasoa ja siten lisää varastoon sitoutuneen pääoman määrää, joten varmuusvaraston tarve ja määrä kannattaa laskea tarkoin ja turhaa varmuusvarastoa ei tule pitää. (Logistiikanmaailma).

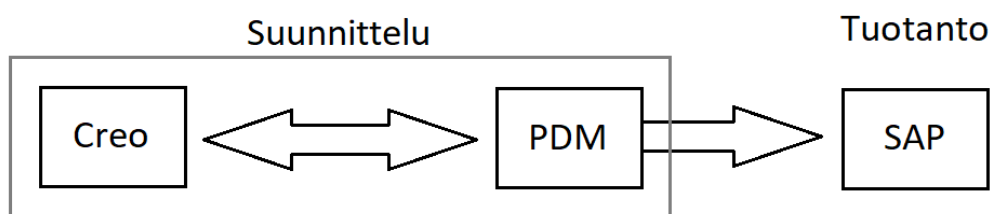
Puskurivarastolla tarkoitetaan varastoa, jolla varaudutaan esimerkiksi täydennystoimitusten viivästymiseen tai tuotteen saantiongelmiiin. Puskurivarasto on siis varasto, jolla turvataan toiminta täydennystoimitusten epävarmuudesta huolimatta. Joskus myös kysynnän vaihteluiden varalta pidettävää varmuusvarastoa nimitetään puskurivarastoksi. (Logistiikanmaailma).

Prosessivarastolla tarkoitetaan esimerkiksi kuljetuksessa, tuotannossa tai jake- lussa olevaa varastoa. Tuotannon eri vaiheiden välillä olevaa varastoa nimitetään myös tuotannon välivarastoksi. Teollisuudessa prosessivaraston määrä riippuu tuotannon läpimenoajasta sekä siitä kuinka paljon tuotannossa on valmisteilla olevia tuotteita eri valmistusvaiheiden välissä odottamassa seuraavaa valmistusvaihetta. Imuohjauksella prosessivarastot saadaan minimoitua. (Logistiikanmaailma).

4 KOKOONPANOSOLUN SUUNNITTELU

Tuotantosolun suunnittelu aloitettiin tutustumalla tuotanto solun tulevaan sijaintiin, jolla hahmotellaan tuotanto solun kokoa ja hieman alustavasti mietitään pisteiden sijainteja. Tuotanto solulla käytetään samanlaisia nosturia sekä nostopöytää, joka on käytössä toisessakin kokoonpanopisteessä.

Ohjelmistoja, joita käytetään suunnittelussa ovat Creo, PDMLink ja SAP. Creo on CAD-ohjelmisto, jolla luodaan 3D-kuvat, kokoonpanokuvat, työkuvat ja valmistuskuvat. PDMLink on tuotetiedon hallintaohjelma, jolla hallitaan Creo:lla luotuja tiedostoja palvelimella. PDMLink huolehtii mm. tiedostojen identifioinnista, muutosoikeuksista, versioinnista ja varmuuskopioista. Creo ja PDM yhdessä ovat ns. suunnittelu osuus tuotannossa ennen kuin tuotteen kuvat julkaistaan, josta tuotteen kuvat siirtyvät SAP:iin (kuva 4). SAP on toiminnanohjausjärjestelmä, joka integroi eri toimintoja, esimerkiksi tuotantoa, jakelua, varastohallintaa, laskutusta ja kirjanpitoa. Kun Creo:lla luodut kuvat on hyväksytty tuotantoon PDMLink:ssä, ne siirtyvät SAP:iin tuotannon ja hankinnan käytettäväksi.



KUVA 4. Ohjelmistojen toiminta.

Kokoonpanokuvat, työkuvat ja valmistuskuvat suunnittelun jälkeen ns. promotaan, eli julkaistaan. Promousta luodessa valitaan tarkistaja ja hyväksyjä, jotka tarkastavat kuvan. Kuvassa ei saa olla virheitä eikä väärää tietoa, jolloin tarkastaja tai hyväksyjä voi hylätä promouksen. Hyväksytty promous julkaistaan, joka siirtyy SAP:iin materiaalinumeron taakse, josta osto, kokoonpano tai myynti voivat hakea niitä tarvittaessa. Olemassa olevaan kuvaan, jos tulee muutoksia tai päivityksiä, niin joudutaan kuva ns. revisioimaan, eli luodaan uusi versionumero kuvalle. Kuville luodaan versionumero, jotta pystytään seuraamaan tuotteen kehitystä ja tarkistamaan aikaisempia versioita tarpeen vaatiessa. Kun kuvasta

luodaan uutta versiota, merkitään kuvaan muutokset omaan taulukkoon tekstinä ja laitetaan kuvio muutoksen kohdalle. Tekstistä voidaan lukea mitä muutettiin ja merkin avulla nähdään mihin muutos tehtiin. Muutoksien jälkeen suoritetaan kuvalle sama promous, jotta se julkaistaan SAP:iin.

4.1 Kokoonpantavat kaksoispumput

Kaksoispumppujen kokoonpano siirtyy asiakkaalta Rexroth:lle. Ulkoistamalla lopputuotteen komponenttien kokoonpanoja muualle, asiakas pystyy keskittymään paremmin lopputuotteen kokoonpanoon.

Kaksoispumpulla tarkoitetaan pumppukokoonpanoa, jossa on kaksi pumppua liitetty toisiinsa samalle akselille. Kaksoispumppua voidaan ajaa yhdellä käyttömootorilla, jolla säästetään tilaa tehokkaasti eikä tarvita jokaista pumppua kohden omaa moottoria. Eli kummallakin pumpulla on siis oma hydraulipiirinsä, josta ne syöttävät, mutta ne saavat tehonsa samalta käyttömootorilta. Hydraulipiirit voivat olla myös erilaisia. Esimerkiksi toinen pumppu toimii suljetussa piirissä ja toinen avoimessa. Tästä hyvänä esimerkkinä työkone, jossa toinen pumppu hoitaa hydrostaattista ajovoimansiirtoa ja toinen pumppu hoitaa työhydrauliikan piiriä.

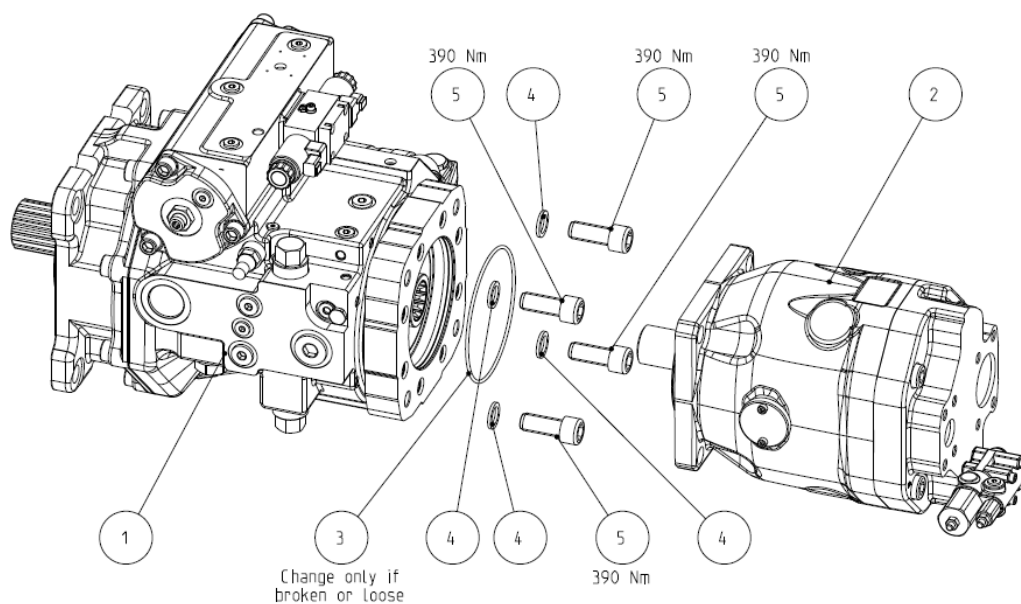
Avoimessa piirissä pumppu imee öljyn säiliöstä ja pumppaa sen toimilaitteelle, josta se palaa takaisin suodattimen kautta säiliöön. Avoimessa piirissä hyvinä puolina pidetään sitä, että se on yksinkertaisempi, halvempi ja yleisempi kuin suljettu. Avoimessa piirissä suunnanvaihto sekä toimilaitteiden nopeuden säätö toteutetaan venttiileillä, koska pumppu on yksisuuntainen. Suljetussa piirissä toimilaitteelta palaava öljy palaa pumpun imupuolella eikä säiliöön. Suljetulla piirillä yleensä toimilaitteena käytetään hydraulimoottoria.

Suljetussa piirissä käytetään erillistä syöttöpumppua ja huuhtelujärjestelmää öljyn jäähtymykseen, suodatukseen ja vuotojen kompensoimiseen. Suljetussa piirissä suunnanvaihto sekä toimilaitteiden nopeuden säätö toteutetaan muuttamalla säätötilavuuspumpun kulmaa. Pumpun ollessa nollakulmassa piirissä ei ole virtausta.

4.2 Kokoonpanokuvat

Kokoonpantavista kaksoispumpuista luodaan 3D kokoonpanot. Kokoonpanoihin tuodaan kaikki osat, kuten o-renkaat, aluslevyt ja pultit. Kaikki osat voidaan hakea PDMLinkin avulla Rexroth:n tietokannasta, josta voidaan etsiä materiaalinumerolla sopivaa kirjastomallia.

Työkuvat luodaan 3D kokoonpanojen pohjalta, joissa näkyy kokoonpanojen kaikki komponentit numeroituna. Työkuvissa on osaluettelo, jossa osalista juoksee osanumeron mukaisesti. Osalistassa näkyy osan materiaalinumero, nimike ja kappalemäärä kokoonpanossa. Lopuksi työkuvat promotaan, jolloin ne siirtyvät SAP:iin kokoonpanon alle, josta kokoonpanija voi katsoa kokoonpanon tietoja, kuten pulttien kiristystiukkuudet. Kuvassa 5 on esimerkki kuva työkuvasta, jossa näkyy osien osapallot, osien momentit ja lisätiedot osille, jotka tarvitsevat lisätietoa.



KUVA 5. Kaksoispumppu kokoonpano. 1. A4VG suljetun piirin pumppu, 2. A11 avoimen piirin pumppu, 3. O-Rengas, 4. Aluslevy, 5. Kuusiokolopultti.

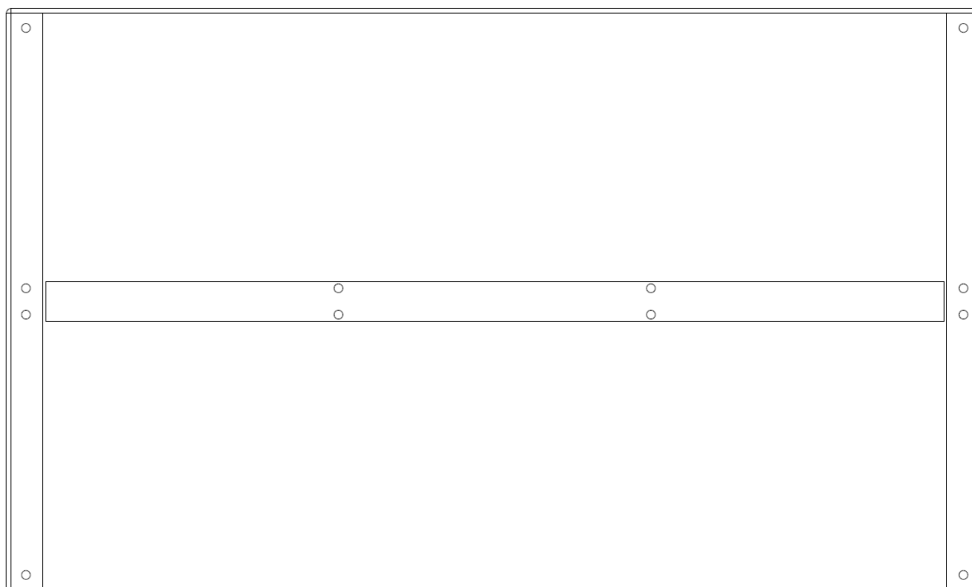
Kuvaan 5 on jokaiselle osalle laitettu osapallo. Pulteille on osapallon viereen kirjoitettu pultin kiristystiukkuus ja o-renkaalle on annettu lisätietoa. Kuvan 5 malliset kuvat tehtiin kaikista kaksoispumpuista, jotka toimivat kokoonpanijan työohjeina.

4.3 Kokoonpanopöytä ja kiinnitysraudat

Kokoonpanopöytänä käytetään nostopöytää, jonka maksimi kantokyky on 4 000kg. Nostopöytä on siitä hyvä, koska asentaja voi sitä nostaa tai laskea oman mielen mukaan juuri sille korkeudelle, kuin itse haluaa. Nostopöydän päälle suunnitellaan asennustaso ja tarvittavat kiinnitysmekanismit kokoonpantaville kaksoispumpuille, jotta ne voidaan turvallisesti kokoonpanna.

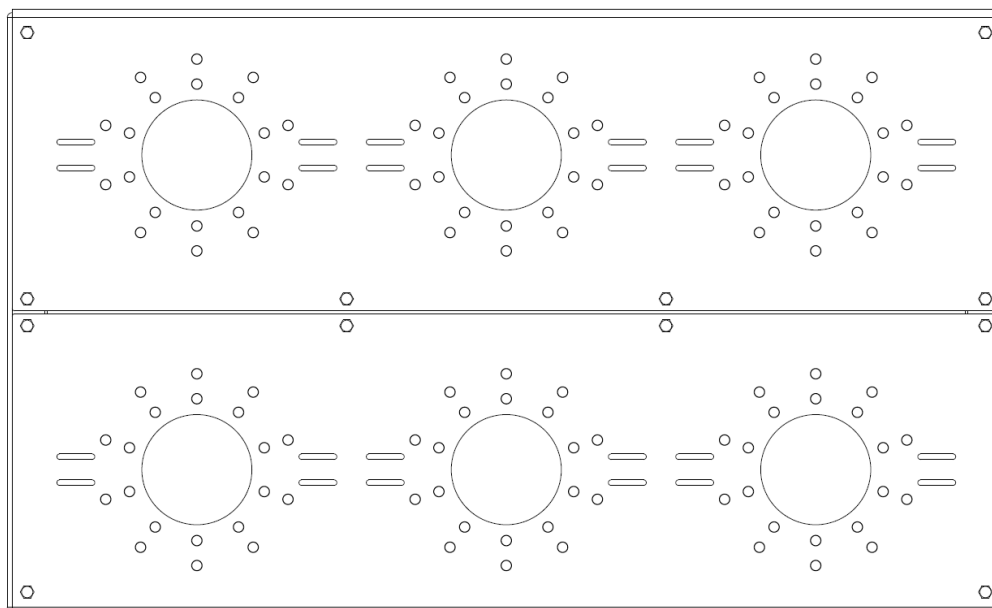
4.3.1 Asennustason suunnittelu

Ennen kokoonpanopisteen suunnittelua mitattiin nostopöydän päämittoja ja tutkittiin pöydän muotoja. Mittojen avulla nostopöydälle suunniteltiin tarvittavia komponentteja. Kaksoispumput ovat tarkoitus sijoittaa pöydälle pystyyn siten, että ensimmäinen pumppu tulee pöydälle ensimmäisenä, jonka perään kiinnitetään toinen pumppu. Nostopöydälle täytyy suunnitella korotus, jotta työpumpun akseli ei jää kantamaan pöytää vasten, eikä akseli rikkoutuisi. Oikean korkeuden saamiseksi mitattiin työpumppujen akselien pituus laipalta akselin päähän. Korkeus määräytyi pisimmän akselin mukaan. Nostopöydälle täytyisi suunnitella tasolevy, johon pumput sijoiteltaisiin adapterilevyn kanssa. Tasolle vaaditaan adapteri, koska työpumppujen laipan koko ei ole kaikilla malleilla sama. Tasolevyn ja nostopöydän väliin sijoitettiin kaksi U-Profiili palkkia päätyihin ja keskelle I-Profiili palkki. Palkit sijoitettiin kuvan 6 mukaisesti nostopöydälle.



KUVA 6. Palkkien sijoittelu.

Pumppujen pakkauskoko on tyypillisesti 5 kpl, jolloin myös pöydälle halutaan saada vähintään viisi kerrallaan. Ensin tasolevy suunniteltiin yhdeksi isoksi levyksi, johon saataisiin nämä viisi pumppua kiinnitettyä kerralla. Yksi iso levy olisi liian raskas valmistettavaksi ja käsiteltäväksi. Tasolevy jaettiin kahteen osaan, jotka ovat identtisiä toisistaan. Tällä tavoin saadaan yhden levyn kokoa pienemmäksi, joka on valmistettavissa ja mukavampi käsitellä. Nostopöytä on iso ja pöydälle mahtuu kolme pakettia per puoli, jolloin pöydälle maksimissaan mahtuu 6 kpl, joka on riittävä määrä. Nostopöydän suuri kantokyky varmasti jaksaa kantatella kuusi pumppupakettia. Kuvasta 7 näkyy, kuinka pumput sijoitetaan pöydälle. Kuvasta nähdään myös, kuinka tasolevyt sijoitetaan nostopöydälle.



KUVA 7. Tasolevyt ja pumppujen paikat.

Usean pumpun sijoittaminen pöydälle tuo ongelma tilan kanssa. Tilan puutteesta johtuen asentaja ei välttämättä pääse helposti kiristämään pultteja. Tästä syystä mietittiin vaihtoehdoksi, että pumppupaketit pyörisivät pöydällä, jotta asentaja pääsisi kiristämään kaikki pultit pumppupaketista.

4.3.2 Pumppujen kiinnitys asennustasoon

Kiinnitys on erittäin tärkeä, sillä pumppupaketit ovat suuria ja raskaita, jolloin kiinnitysten täytyy olla tukevia. Kokoonpanon on oltava turvallista, helppoa ja nopeaa. Kiinnitykseen täytyy ottaa huomioon pumppupakettien eroavaisuudet. Pumppupakettien työpumppujen laippojen koot vaihtelevat standardin (SAE J744) eri kokojen mukaan. Työtasossa kaikki kiinnityskohdat ovat samankokoisia, joihin pumppu kiinnitettäisiin adapterin kanssa. Adapterien suunnittelua varten tutkittiin standardin (SAE J744 2016, 10) pumppujen laippojen kokoja sekä pulttien jakoa, jotka ovat taulukoitu taulukkoihin 1. ja 2.

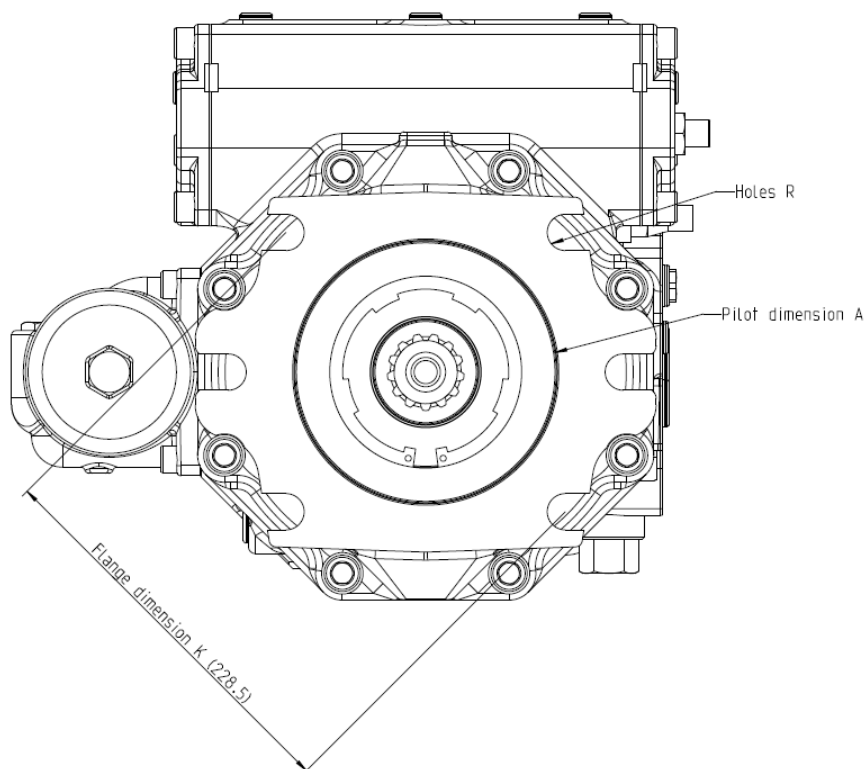
TAULUKKO 1. SAE-2 Laippojen mittoja. (SAE J744 2016, 10)

SAE-2 BOLT MOUNT			
Mount Flange	Pilot dimension	Flange dimension	
SAE	A (mm)	K (mm)	R (mm)
AA	50,8	82,6	10,3
A	82,6	106,3	11,1
B	101,6	146,1	14,3
C	127,0	181,0	17,4
D	152,4	228,5	20,6
E	165,1	317,5	27,0
F	177,8	350,0	27,0

TAULUKKO 2. SAE-4 Laippojen mittoja. (SAE J744 2016, 10)

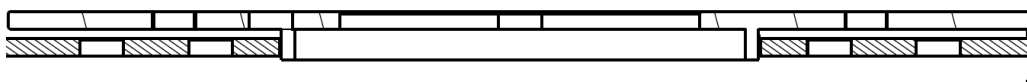
SAE-4 BOLT MOUNT			
Mount Flange	Pilot dimension	Flange dimension	
SAE	A (mm)	K (mm)	R (mm)
-	-	-	-
A	82,6	104,8	11,1
B	101,6	127,0	14,3
C	127,0	161,9	17,4
D	152,4	228,5	20,6
E	165,1	317,5	20,6
F	177,8	350,0	27,0

Taulukoissa 1 ja 2 "Mount Flange" tarkoittaa laipan SAE standardin koko merkin-tää. Pilot dimension tarkoittaa pumppujen laippojen ohjaimen halkaisijaa. Flange dimension tarkoittaa pumpun laipan kokoa. Kuvasta 8 saa paremman käsityksen mihin nämä mitat ovat. Kaksi ja neli pulttisten laippojen mitat eroavat hieman toisistaan.



KUVA 8. Pumpun laipan mittojen selvitys.

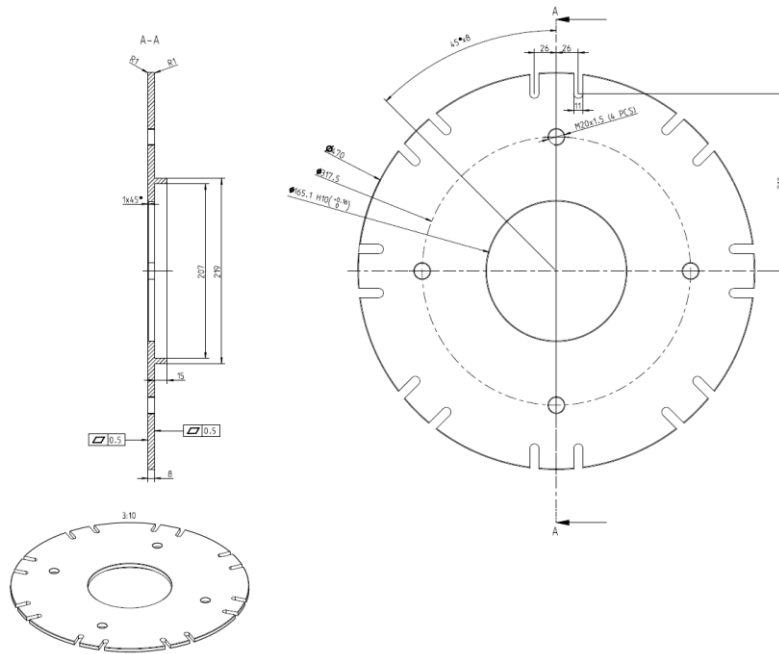
Seuraavana vaihtoehtona mietittiin tapaa, jossa adapteri pysyisi keskitettynä ja olisi tukeva. Suunniteltiin adapteriin putkiholkki, joka toimisi adapterille ohjaimena, jolloin pakettia pyörittäessä paketti pysyy keskitettynä. Holkki toimii erittäin hyvin myös estämään paketin kallistumista, koska holkki ottaa tasoon kiinni. Adapterin ohjaimen ja pöytätason reiän toleranssi täytyy olla pieni, jotta tämä ratkaisu toimisi. Tämä ratkaisu on esitetty kuvassa 9. Kuvasta 9. nähdään, että hie-man yli mitoittamalla ohjaimen pituutta saadaan lisää varmuutta, jotta adapteri ja koko paketti ei pääse heilumaan.



KUVA 9. Adapterin sovitus tasolevyyn.

Kuvassa 10 nähdään adapteri ylhäältä päin, josta nähdään adapterin muodot. Adapterista aluksi suunniteltiin neliö, mutta se oli ennen kuin kokoonpanoa suunniteltiin pyöriteltäväksi. Adapterin pyöreä muoto vie vähemmän tilaa, kun kokoonpanoja pyöritellään. Adapterin ulkokehällä on tietyn välein lovipari, johon lukitus-

mekanismi liu'utetaan tasolevyllä olevia lovia pitkin. Näin saadaan lukittua pyöriminen ja lukitus voidaan kiristää, joka puristaa adapteria tasolevyä vasten, joka estää adapterin heilumista. Taulukoiden 1 ja 2. arvojen perusteella adapterin keskireikä ja ohjaimien reiät mitoitettiin.

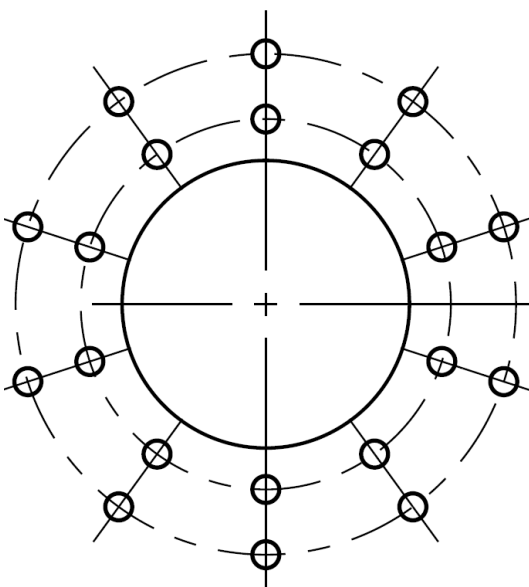


KUVA 10. Adapterin muodot.

Aluksi adapterit suunniteltiin kiinnitettäväksi pultein pöytään ja pumppuun. Pultti-kiinnitys ei ollut hyvä ratkaisu, sillä se on erittäin hidasta ja työlästä käydä jokainen pultti viidestä pumppupaketista. Pulttikiinnitys unohdettiin ja mietittiin seuraavaksi vaihtoehdoksi kaiteita, joiden väliin adapteri sovitettaisiin. Kaiteet olivat hyvä idea, mutta turvallisuuden kannalta liian epävarma ja kiikkerä.

Pumppupakettien haluttiin olevan pyöritettävissä, joka tuo haasteita kiinnitykseen. Pyörimistä varten adapterin ja pöytätason väliin tarvittiin laakerointi. Tähän löytyi pari eri vaihtoehtoa. Löytyi rengas laakeri, jossa oli tarpeeksi iso halkaisija adapterin koon mukaan. Rengaslaakeri jouduttiin kuitenkin unohtamaan, koska oli liian herkkä lialle. Löydettiin Rexroth:n valikoimasta kuulalaakeri, joka soveltuisi tähän. Sen kantavuus ja suojaus lialta oli riittävä. Liitteen 1 (Bosch Rexroth, Ball Transfer Units) mukaan kuulalaakerin kantavuus ei ole kovinkaan suuri, vain 250 N, eli 25 kg. Näin ollen kuulalaakereita tarvitaan useampi, jotta ne kestävät raskaan pumppupaketin painon. Tukevuutta tarvittiin lisää, jolloin kuulalaakereita

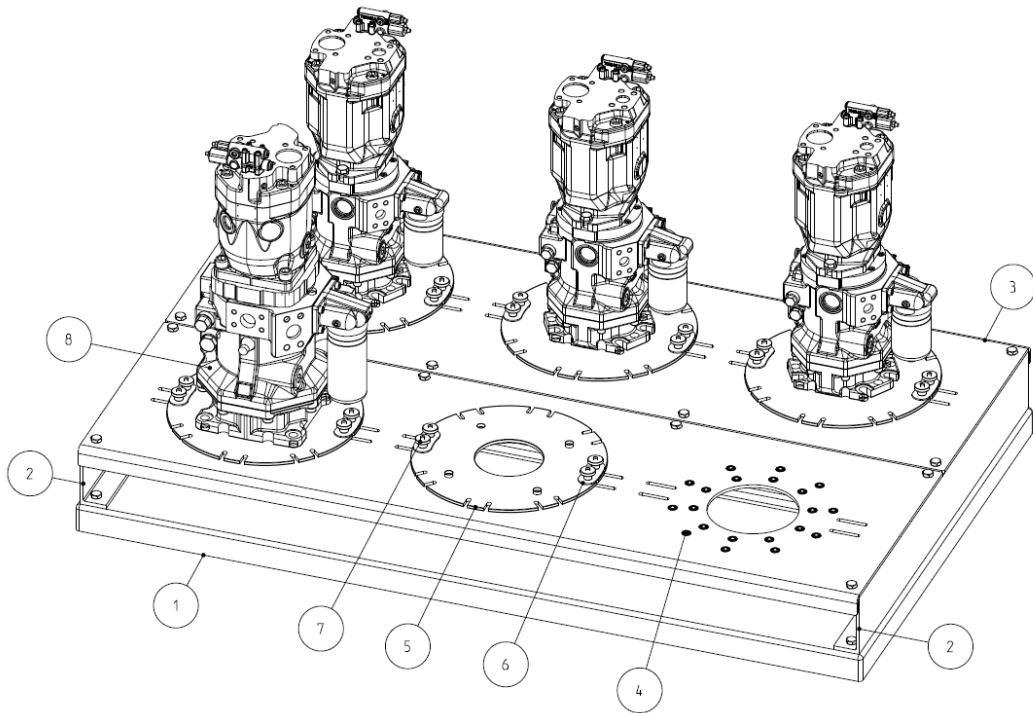
sijoiteltiin kahdelle kehälle jakamaan laajemmalle alueelle pinta-alaa. Kuvassa 11 näkyy, kuinka kuulalaakerit sijoiteltaisiin pöytätasolle. Yhdelle kehälle sijoitettiin 10 kpl kuulalaakereita, jolloin niitä kahdella kehällä on 20 kpl. Kokonais kantama 20 kuulalaakerille on 5000 N, joka on noin 509 kg. Kuulalaakereita tulisi 120 kpl, kun lasketaan kaikki yhteen kuudelta paikalta. Datalehdessä saatiin laakerin kaikki tarpeellinen tieto, jonka avulla tasolevyllä suunniteltiin laakerin reiät.



KUVA 11. Kuulalaakerien sijoittelu.

4.3.3 3D- ja valmistuskuvat

Kokoonpanopöydän asennustaso, adapterilevyt ja kiinnitysmekanismit 3D-mallinnettiin Creo:lla. Kokoonpanomallista on hyvä tarkastella, kuinka osat sopivat toisiinsa, kuten adapterin sopivuus asennustasoon. Näin saadaan komponentteja paremmin optimoiduiksi. Kuvassa 12 on kokoonpanopöydän kokoonpanokuva, johon sijoitettu myös laakerointi, adapterit, lukitus ja kaksoispumput. Kuten kuvasta 10 näkyy, niin tilaa ei ole paljoa jäljellä, jonka takia on eduksi, että pumppupakettia voidaan pyöritellä, kun pultteja kiristetään.



KUVA 12. Kokoonpano pöytä osineen. 1. Nostopöytä, 2. U-Palkki, 3. Tasolevy, 4. Kuulalaakeri, 5. Adapterilevy, 6. Lukkomekanismi, 7. Sormimutteri, 8. Kaksoispumppu.

Kuvasta 12. näkyy hyvin kaksoispumppujen koko. Lukitusmekanismilla lukitaan adapteri paikalleen, joka estää adapterilevyn pyörimisen. Sormimutteri kiristämällä pidetään lukko paikallaan, joka lisää myös puristusta adapterilevyn ja tasolevyn väliin. Puristus estää adapterilevyä heilumasta, joka tuo turvallisuutta pultteja kiristäessä.

Kun 3D-mallinnus on viimeistelty ja hyväksytty, tehdään kaikista mallinnetuista osista valmistuskuvat. Valmistuskuvissa täytyy olla kaikki tarvittavat mitat, toleranssit sekä materiaalivaatimukset. Kuvien perusteella toimittaja valmistaa osan. Tiedoista toimittaja näkee mittojen toleranssit. Esimerkiksi paikka, jossa reiän on oltava tarkalleen tai levyn tasomaisuus, jotta levy on tarpeeksi tasainen. Kuvassa 9. nähdään vähän, että miltä työkuva näyttää ja mitä tietoja kuviin tulee laittaa.

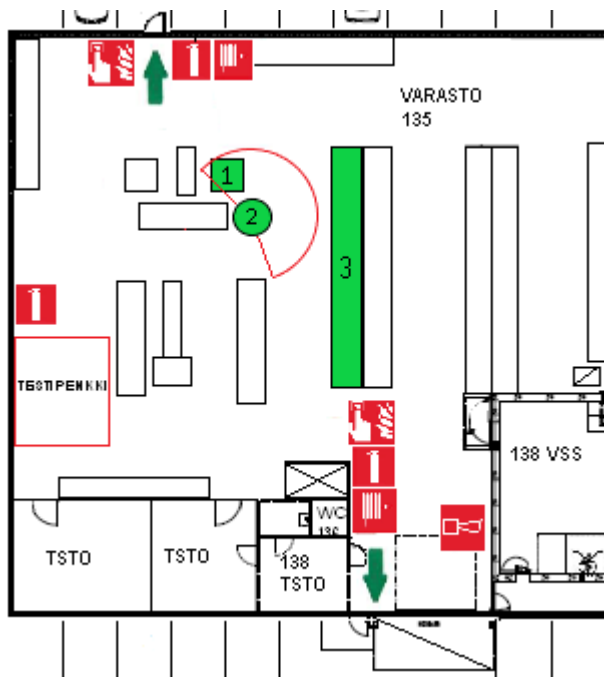
4.3.4 Turvallisuus

Turvallisen työskentelyn takaamiseksi kokoonpanopisteelle suoritetaan vaaran ja riskin arviointi tarkastus. Tarkastuksessa täytetään lomake, johon merkitään mahdollisia riskejä nimikkeellä, vaaran kuvaus, seuraus, todennäköisyys, seurausten vakavuus ja riskitaso. Jos tarkastuksessa ilmenee riskejä, joiden taso on iso, on niille laadittava ennalta ehkäistävä toimenpide. Hyvänä ennalta ehkäisevänä toimenpiteenä on laatia työohjeet ja perehdyttää työntekijät. Perehdytyksellä ennalta ehkäistään tapaturmia, jotka aiheutuisivat väärinkäytöstä.

Rexroth:lla toteutetaan sisäisiä tarkastuksia toimilaitteelle, kuten käyttöönottotarkastuksen nostopöydälle ennen käyttöönottoa. Toimilaitteelle, eli tässä tapauksessa kokoonpanopisteelle suoritetaan riskinarviointi, tarkastukset ja toimilaitteen testaus. Jo suunnitteluvaiheessa huomattiin riskejä, jotka saatiin lopputuloksesta pois. Esimerkiksi kaikki terävät reunat, jotka pyöristettiin. Alun perin kokoonpanopöytään U-palkit oli suunniteltu kiinnitettäväksi niin, että U:n muoto oli sisäänpäin. Tämän huomattiin olevan riski, sillä reunaan muodostui terävä reuna. Terävä reuna ehkäistiin sillä, että U-palkki käännettiin toisinpäin, kuten kuvassa 12. näkyä osanumerolla 2 oleva U-palkki.

4.4 Layout

Kokoonpanopisteen sijoittelua varten on erittäin rajallinen alue tilan puutteen vuoksi. Lisä tilaa saadaan siirtämällä lattialla olevaa kuormaa uudelle varasto hyllylle, jonka sijoittelu nähdään kuvassa 13. Samalle hyllykölle tuodaan kokoonpanon tarvittavat komponentit. Nosturi sijoitetaan pöydän ja hyllykön läheisyyteen, johon nosturin varsi yltää, jota havainnollistetaan kuvassa 13. punaisella kehällä. Kuten pohjakuvasta nähdään, että kokoonpanopisteelle ei jää vaihtoehtoja sijoittelulle.



KUVA 13. Layout suunnittelu, 1. Kokoonpanopiste, 2. Nosturi, 3. Varasto hyllykkö.

Rajallisen tilan takia tuotanto toteutetaan solu layoutilla. Kokoonpanopisteen läheisyydessä on muutakin kokoonpanoa, jolloin työkalut voidaan sijoitella kokoonpanopisteiden keskelle, jolloin ne ovat kokoonpanopisteiden läheisyydessä ja helposti saatavilla.

4.5 Työvälineet

Työvälineitä tällä työllä ei ole montaa erilaista. Kokoonpanot tuovat kuitenkin omat haasteensa työkalujen valintaan pumppujen muotojen takia. Kuusiokanta pultteja on kolmea kokoa. M16 (avainväli 24 mm), M18 (avainväli 27 mm) ja M20 (avainväli 30 mm). Kokoonpanoissa on kuusiokanta pulttien lisäksi muutamassa kokoonpanossa kuusiokolo pultteja. Kuusiokolo pultteja on vain yhtä kokoa, mutta kuusiokolo pultti on pumppujen muodon takia haastava, sillä kuusiokolo pulttiin täytyy päästä kohtisuoraan käsiksi ja kuusiokolohylsyt ovat huomattavasti korkeampia, kuin kuusiokantahylsyt. Onneksi on olemassa kuusiokolo kärkiä, joihin saa kiinnitettyä kiintopääavaimen. Kuvassa 14 kuusiokolokärjestä, jonka kärki on 17 mm. Kuusiokolokärkeä voidaan käyttää 22 mm kiintopäällä, jonka avulla päästään matalaankin tilaan. M20 kuusiokolopultin avainkoko on 17 mm.



KUVA 14. Kuusiokolokärki 17mm. (ETRA)

Kaikki pultit täytyy saada momenttiin, jolloin tarvitaan momenttiavain. Yleinen momenttiavain, johon kiinnitetään hylsy ei mahdu pumppujen väliin kiristämään pulttia momenttiin. Pultin pääsisi kiristämään nivelhysyllä, mutta nivelhysyllä pultteja ei kiristetä momenttiin. Nivelhysly kadottaa suuren osan momentista niveleen ja nivelhyslyissä on myös riskinä hylsyn lipeäminen pultilta. Tarvitaan siis erikoisempi momenttiavain, jolla päästään matalaan väliin. Tähän löytyi erittäin hyvä momenttiavain, johon saa eri kokoisia kiintopäitä, jotka ovat matalia. Kuvassa 15 on esimerkki millaisia kiintopäitä ovat. Kiintopäät ovat hieman korkeampia, kuin normaali kiintoavain, mutta tarpeeksi matalia mahtuakseen väliin.



KUVA 15. 731/80 kiintopää. (ETRA)

Momentti avaimen täytyy kuitenkin olla suuri, sillä momentit ovat suuria. Suurin momentti on 390 Nm, jota ei pienellä momenttiavaimella kiristetä lyhyen varren takia. Markkinoilla on valinnanvaraa momenttien suhteen momenttiavaimia. Löydettiin sopivan kokoinen momenttiavain, jolla saa kiristettyä suuria momenteja, mutta myös pienempiä momenteja. Kuvassa 16 on momenttiavain, joka toimii kiintopäillä. Momenttiavaimen momenttialue (malli merkintä 730/80 Momenttiavain) 160-800Nm, joka on varmasti riittävä. Valittiin suurempi momenttiavain, koska momentit ovat suuria, joihin tarvitaan suuri momenttivarsi. Suuren varren avulla suuretkin momentit saadaan varmasti ja helposti kiristettyä.



KUVA 16. 730/80 momenttiavain. (ETRA)

Pienin kiintopää, jonka kuvassa 16 olevaan momenttiavaimeen saadaan, on 24mm. Pienempää ei tarvita, koska pienempiä pultteja kokoonpanolla ei ole.

4.6 Nostimet

Työpisteelle vaaditaan nosturi, jolla pumppuja nostellaan ja siirrellään työtasolle ja työtasolta lavalle. Yksittäiset pumpput painavat noin 60 kg – 170 kg. Turvallisuussyistä jopa yksittäiset pumpput nostetaan työtasolle nosturilla, vaikka olisi kuinka ronski kaveri kyseessä. Kaksoispumppujen painot ovat noin 155 kg – 245 kg. Kaksoispumppuja varten ehdottomasti vaaditaan työpisteelle nosturi, jonka kantokyky on nostimen varren päässä yli 250 kg. Pumpput ovat saatava nostettua kohtisuoraan, jolloin pumppujen asennus sujuu ilman turhia vääntelyjä. Nosturille suunniteltiin omanlainen nostolenkki, jolla pumppuja nostetaan, jotta se saadaan nostettua kohtisuoraan.

4.7 Paperiton tuotanto

Rexroth:lla ajetaan sisään paperitonta tuotantoa, jolla pyritään minimoimaan käytettävien paperidokumenttien määrää tuotannossa. Kokoonpanopisteillä on käytössä näyttöpäätteet ja tietokoneet, joilla kokoonpanijat pääsevät SAP:iin. Kokoonpanija löytää SAP:sta kyseisen työn kokoonpanokuvat, työohjeet ja osalistat. Tulevaisuudessa kokoonpanija mahdollisesti voi tarvittaessa aukaista kokoonpanon 3D-mallin. Lisäksi kokoonpanija hoitaa valmistuneen työn.

5 POHDINTA

Tuotantosolun suunnittelu oli mielenkiintoinen prosessi, jossa tuli opittua paljon uutta asiaa suunnittelusta. Uusi ohjelmisto tuli tutuksi, vaikka alkuun olikin murheita oikeuksien kanssa, mutta ne saatiin korjattua nopeasti. Suunnittelun aikana huomattiin, että suunniteltavia osia täytyy tarkastella monelta eri kantilta. Suunnittelussa kannattaa olla mukana useampikin henkilö, joilta tulee hyvää palautetta suunnittelusta. Palaute auttaa suunnittelun etenemisessä ja parantaa huomattavasti henkilöä suunnittelijana parempaan työn laatuun.

Alkuun päästiin nopeasti, sillä projekti on ollut jo ns. hautumassa jonkin aikaa, mutta jonkun piti polkaista se käyntiin. Projektin aloitus oli helppo, sillä paikka oli jo ennestään tuttu. Nostopöytä ja siihen suunniteltu asennustaso kaksoispumppuja varten oli hyvä, jota voidaan tulevaisuudessa hyödyntää toisissa kokoonpanoissa, joita täytyisi saada pyöriteltyä helpottamaan ja lisäämään turvallisuutta kokoonpanemiseen. Esimerkkinä suuret kokoonpanot, jotka painavat paljon.

Asennustaso kaksoispumpuille saatiin suunniteltua nopeaksi pulttittomalla menetelmällä, lukuun ottamatta sormimuttereita, joilla kiristetään lukkomekanismi. Pulttien kiristelyissä olisi kulunut niin paljon turhaa aikaa ennen ja jälkeen itse kokoonpanon. Nopeutta haluttiin lisätä kaksoispumppujen kokoonpano tarpeen mukaan, koska kaksoispumpulla on suuri asiakkaan suunnalta.

Ideoita suunnittelun otettiin hyvin vastaan, eikä tyrmätty niitä heti, joka piti yllä positiivista mieltä edetä opinnäytetyön kanssa. Loppujen lopuksi pöydästä ja kokoonpantavista tuotteista saatiin luotua kaikki tarpeellinen, kuten 3D-kuvat, työ kuvat ja valmistuskuvat. Työkuvat ovat haasteellinen tehdä, sillä työkuvien täytyy olla selkeät ja virheettömät ettei kokoonpanijalla tule väärinymmärryksiä. Muutaman työkuvan piirtämisen jälkeen alkoi työkuvienkin luonti luonnistua malikkaasti, jotka olivat selkeitä.

LÄHTEET

Bosch Rexroth. 2016. Ball Transfer Units. 20. Luettu 4.2.2019. www.boschrexroth.com/fi/fi/tuotteet/tuoteryhmaet/lineaaritekniikka/components-and-machine-elements

Bosch Rexroth, Tietoa Bosch Rexrothista. Luettu 25.3.2019. www.boschrexroth.com/fi/fi/yritys/tietoa-bosch-rexrothista/about-bosch-rexroth-4

ETRA. n.d. Momenttityökalut. Luettu 5.3.2019. <http://tuotteet.etra.fi/fi/g23483252/momenttityokalut>

Fonselius, J., Rinkinen, J. & Vilenius, M. 2006. 3. painos. Hydraulikka 2. Tampere. Tampereen yliopistopaino Oy.

Isotalus, T. 2012. Layoutin ja tuotantosuunnitelman laatiminen profiiliovi KY:lle. Puutekniikan koulutusohjelma. Keski-pohjanmaan ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Kajaste, M., Kuranne, H, & Vilenius, M. 2007. 3-7. painos. Hydraulitekniikan perusteet. Tukholma: WSOY.

Logistiikanmaailma. n.d. Tuotannon Layout. Luettu 8.3.2019. www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/tuotanto/tuotantostrategia/tuotannon-layout/

Logistiikanmaailma. n.d. Varastotyypit ja Tekniikka. Luettu 8.3.2019. www.logistiikanmaailma.fi/huolinta-terminaalit/varastointi/varastotyypit-ja-tekniikka/

SAE J744. 2016. Hydraulic Pump and Motor Mounting and Drive Dimensions. Warrendale: SAE International. Luettu 23.4.2019. https://www.sae.org/standards/content/j744_201610/

Sikanen, J. 2014. Tuotannon layout. Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma. Savonia-ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

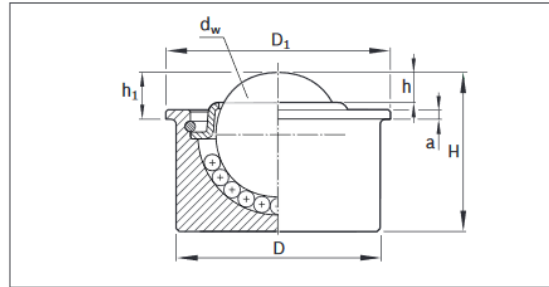
Valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta 12.6.2008/403. www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2008/20080403



LIITTEET

Liite 1. Kuulalaakerin datalehti

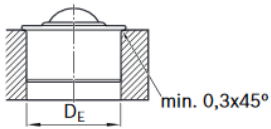
20 **Ball Transfer Units** | Dimensions, Load capacities

Ball Transfer Unit with solid steel housing – with low collar R0533 ...



Version With solid steel housing. With low collar. Very smooth movement.	Size	Part number	Load capacity (N)		Dimensions (mm)							Weight (kg)
					d_w	$D \pm 0.065$	$D_1 \pm 0.25$	h	$h_1 \pm 0.01$	H	a	
R0533 KUM - A12 - NB - OFK Housing bright metal. Cover galvanized. Balls made from antifriction bearing steel 1.3505. Without felt seal.	12	R0533 012 00	250	700	12	20	21.75	approx. 3	4.5	15	1	0.024

Installation suggestion for secure fit

Size	Installation dimensions D_E (mm) Sticking in ¹⁾
	
12	$D_E^{+0.2}$ 20.15

¹⁾ For small gap dimensions in metal, we recommend single-component acrylate adhesive. Two-component acrylate adhesives are also possible. The technical data sheets of the manufacturer must be observed.

