



# Kauhanpyörittäjän suunnittelu

Erkki Paalavuo

OPINNÄYTETYÖ  
Maaliskuu 2023

Konetekniikka  
Tuotantotekniikka

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Konetekniikan tutkinto-ohjelma  
Tuotantotekniikka

PAALAVUO, ERKKI:  
Kauhanpyörittäjän suunnittelu  
Kehitysprojekti

Opinnäytetyö 48 sivua, joista liitteitä 7 sivua  
Maaliskuu 2023

---

Tässä opinnäytetyössä perehdytään kauhanpyörittäjän suunnitteluun Volvo ecr28 -minikaivinkoneeseen. Kauhanpyörittäjä on suunniteltu vuonna 2021 ja se on tehty vastaamaan kaupallisia malleja sekä ominaisuuksiltaan että ulkonäöllisesti. Kauhanpyörittäjä on yleisnimitys kaivinkoneen puomiin kiinnitettävälle laitteelle, jolla kauhaa voidaan pyörittää ja kallistaa.

Suunnitteluprosessi käydään läpi vaihe vaiheelta ja selitetään eri komponenttien toiminnallisuus helposti ymmärrettävässä muodossa. Lisäksi esitellään erilaiset kauhanpyörittäjämallit sekä niiden ominaisuudet ja perustellaan, miksi päädyttiin käyttämään tiettyjä komponentteja.

Työn keskeisiä aihealueita ovat hydraulikka, hydraulikan ohjausjärjestelmät ja rakennesuunnittelu. Lisäksi työssä sivutaan kauhanpyörittäjien historiaa ja kerrotaan niiden ominaisuuksista ja hallintajärjestelmistä.

Opinnäytetyö tehtiin Tmi Erkki Paalavuo -toiminimelle. Opinnäytetyön on tarkoitus jäädä dokumentiksi kauhanpyörittäjän mahdollista käyttöohjetta varten sekä toimia tietolähteenä muille aiheesta kiinnostuneille.

## **ABSTRACT**

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

PAALAVUO, ERKKI:  
Design of a tiltrotator  
Development Project

Bachelor's thesis 48 pages, appendices 7 pages  
March 2023

---

This thesis focuses on designing the Volvo ecr28 mini-excavator rototilt. The rototilt was designed and manufactured in 2021. It is designed to match commercial competitors both in terms of features and appearance.

The thesis describes the basic information about rototilt and how its functionality was planned and implemented in a development project. In addition, the thesis introduces various rototilts and their history.

The central subject areas of the thesis are hydraulics design, structural design and 3D modeling. In addition, the thesis covers different control systems.

The work was done under the business name business name Erkki Paalavuo, and the purpose of the thesis work is to remain as a document for the possible use of the rototilt, and to give inspiration to others interested in the subject.

---

Key words: tiltrotator, product development

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	KAUHANPYÖRITTÄJÄ.....	7
	2.1 Perustietoa.....	7
	2.2 Erilaiset pyörittäjävariaatiot .....	8
	2.3 Omavalmiste kauhanpyörittäjän ideointi ja toteutus.....	11
	2.4 Omavalmiste kauhanpyörittäjän kokoluokka ja ominaisuudet.....	13
	2.5 Visuaalinen ilme.....	15
3	RAKENNE .....	16
	3.1 Moduulirakenne .....	16
	3.2 RUNGON KOMPONENTIT .....	17
	3.2.1 Rotaattori.....	17
	3.2.2 Pultit ja tapit.....	19
	3.3 Levyrakenne .....	20
	3.4 Rakenteen kestävyys .....	21
4	HYDRAULIIKKA .....	24
	4.1 Venttiilit .....	24
	4.2 Hydrauliiikan toteutustavat.....	27
	4.2.1 Kaksiletkuinen kauhanpyörittäjä .....	27
	4.2.2 Neljä- ja kuusiletkuinen kauhanpyörittäjä .....	28
	4.3 Hydrauliiikan toteutus omavalmiste pyörittäjään.....	28
	4.3.1 Toimintaperiaate.....	28
	4.3.2 Järjestelmän mitoitus .....	30
5	OHJAUSJÄRJESTELMÄ.....	33
	5.1 Proportionaalinen rullaohjaus vai poljin/nappiohjaus .....	33
	5.2 Proportionaalisen venttiilin hallinta .....	34
	5.2.1 PWM käyttö hydrauliiikan ohjauksessa.....	35
	5.3 Usevolt ohjausjärjestelmä .....	36
	5.4 Työlaitelukon turvallisuus. ....	38
6	POHDINTA.....	40
	LÄHTEET .....	41
	LIITTEET .....	42
	Liite 1. Rotaattorin tekniset tiedot.....	42
	Liite 2.Pyörittäjä ja kallistus toimintojen venttiilien tiedot.....	43
	Liite 3. Valmistus kuvia. ....	44

**ERITYISSANASTO**

proportionaalinen venttiili	Portaattomasti säätävä venttiili
pilottiventtiili	paineensäätöventtiili 0-30bar
Pyörittäjä	kauhanpyörittäjä
tiltthydrauliikka	kauhanpyörittäjän hydrauliikka
rotaattori	kierukkavaihde
PWM	pulssinleveysmodulaatio

## 1 JOHDANTO

Maanrakennusalalla vallitsee kova kilpailu ja tämä saa monet miettimään, kuinka työn tehokkuutta voidaan nostaa. Yksi tapa lisätä tehokkuutta on parantaa koneiden ominaisuuksia. Tässä opinnäytetyössä käsitellään kaivinkoneeseen asennettavaa kauhanpyörittäjää. Sen avulla kaivinkoneenkuljettaja pääsee kääntämään ja pyöryttämään kauhan haluttuun suuntaan. Se lisää kaivinkoneen käyttökohteita ja vähentää käsin tehtävää työtä esimerkiksi piha- ja viimeistelytyöissä.

Tässä opinnäytetyössä kauhanpyörittäjällä tarkoitetaan kauhanpyörittäjää, jossa on myös kallistustoiminto. Kauhanpyörittäjällä on arkikielessä eri nimityksiä, esimerkiksi tiltrotator, tiltti tai alan suurimpien toimijoiden tuotenimet Rototilt ja Engcon. Kauhanpyörittäjällä tarkoitetaan joissain tapauksissa pelkästään kauhanpyörytykseen tarkoitettua laitetta.

Ajatus valmistaa oma kauhanpyörittäjä lähti markkinoilla olevien pyörittäjien kovasta hinnasta ja halusta valmistaa oma tuote. Tämän kaltainen projekti oli hyvä tapa hankkia suunnittelu ja tiedonhaku kokemusta koneensuunnittelusta. Kauhanpyörittäjä on suunniteltu vastaamaan ominaisuuksiltaan kaupallisia kauhanpyörittäjiä.

Pyörittäjän valmistaminen itse tuli huomattavasti halvemmaksi kuin uuden ostaminen, mikäli työtunteja ei lasketa. Tässä opinnäytetyössä ei oteta tarkemmin kantaa valmistuksessa aiheutuneisiin kustannuksiin.

## 2 KAUHANPYÖRITTÄJÄ

### 2.1 Perustietoa

Kauhanpyörittäjä on kaivinkoneeseen asennettava lisälaitte, joka mahdollistaa kauhan pyörittämisen 360 astetta ja kallistamisen yleensä 40–45 astetta kummallakin puolelle. Nykyään suurin osa noin 2,5–25 tonnin painoisista, uusista kaivinkoneista varustellaan kauhanpyörittäjällä. Kauhanpyörittäjä sisältää paljon hienoa tekniikkaa, minkä vuoksi raskaimpiin töihin tulevat kaivinkoneet varustetaan irrotettavalla pyörittäjällä tai niitä ei varustella ollenkaan pyörittäjällä.

Kauhanpyörittäjien historia suomessa alkaa 80-luvulta, jolloin Ruotsista tuli Suomeen käytettyjen kaivinkoneiden mukana ensimmäisiä pyörittäjiä. 90-luvulla pyörittäjät alkoivat yleistyä ja valmistajia tuli lisää (Olli Päiviö 2009). Edelleen valtaosa kauhanpyörittäjistä tehdään Ruotsissa, mutta nykyisin myös Suomesta löytyy valmistajia.

Kauhanpyörittäjät ovat Pohjoismaissa erittäin suosittuja, mutta muualla maailmassa niiden käyttö on vielä hyvin vähäistä. Tämän vuoksi moni isompi valmistaja tähtää globaaleille markkinoille ja viime aikoina on tullut myös kiinalaisia valmistajia mukaan.

## 2.2 Erilaiset pyörittäjävariaatiot

### Tappisovitteinen kauhanpyörittäjä

Tappisovitteinen kauhanpyörittäjä on ratkaisu, jos pyörittäjää ei tarvitse saada irrotettua (kuva 1). Tämä mahdollistaa pienimmän kokonaispainon ja parhaan murtovoiman pyöritysominaisuudella. Kiinteä-asenteinen malli on yleisin ratkaisu, kun puhutaan mini/midi kaivinkoneista, sillä pienillä koneilla tehdään paljon viimeistelytyöitä, joissa pyörittäjä on aina tarpeen.



Kuva 1. Rototilt kiinteäasenteinen kauhanpyörittäjä ([www.rototilt.fi](http://www.rototilt.fi) .22.2.2023)

## Pikakiinnitteinen kauhanpyörittäjä

Irrotettava kauhanpyörittäjä mahdollistaa kauhanpyörittäjän irrottamisen esimerkiksi piikkaus-, maankuorma- ja muissa kovaa murtovoimaa vaativissa tehtävissä (kuva 2). Monilla valmistajilla on käytössä järjestelmiä, millä pyörittäjä saadaan kytkeytymään ilman kuljettajan poistumista ohjaamosta.



Kuva 2. Engcon pikakiinnitteinen kauhanpyörittäjä ec-oil järjestelmällä varustettuna (www.engcon.fi.22.2.2023)

### Kiinteä kallistaja sekä pikakiinnitteinen pyörittäjä.

Tämä variaatio koostuu irrottavasta rotaattoriyksiköstä ja kiinteästä kallistajasta (kuva 3). Kiinteällä kallistajalla hoituu monet erilaiset kaivuutyöt huolettomasti ja ilman pelkoa rotaattorin kulumisesta. Tarkkuutta ja ulottuvuuksia vaativat viimeistelytyöt hoituvat puolestaan pikakiinnitteisen rotaattorin avulla kivuttomasti.



Kuva 3. Marttiini metallin kiinteäsovitteinen kallistaja, sekä irrotettava pyörittäjä (www.marttiini metal.fi .22.2.2023)

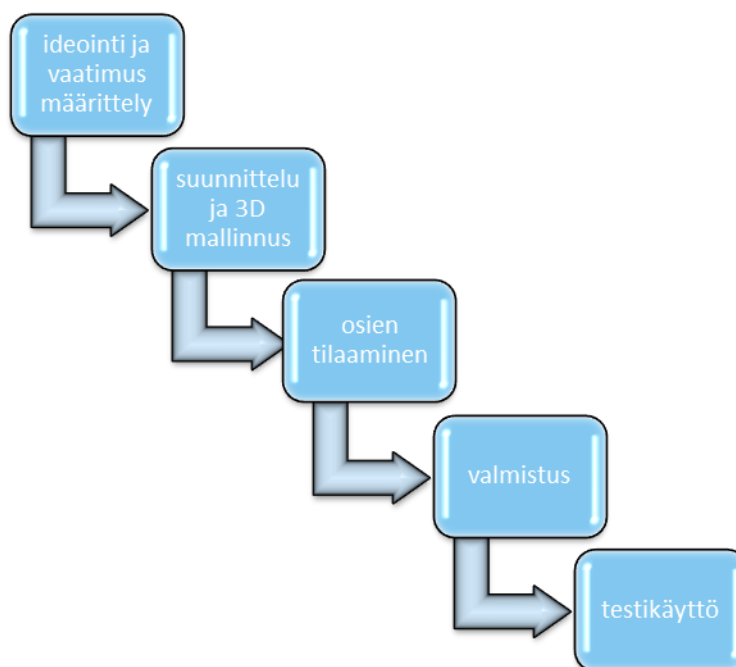
### 2.3 Omavalmiste kauhanpyörittäjän ideointi ja toteutus

Projekti alkoi syksyllä 2020, kun hankin Volvo ecr28 kaivinkoneen. Se oli varusteltu kallistuvalla kauhalla ja tarkoitus oli hankkia myöhemmin käytetty kauhanpyörittäjä. Kun kohtuullisella rahalla ei löytynyt hyvää, tuli ajatus valmistaa oma kauhanpyörittäjä. Mitään tarkempaa aikataulua ei aluksi ollut, vaan projekti eteni omalla painollaan ja oli valmis keväällä 2021 (kuva 4).



Kuva 4. Volvo ecr28 varusteltuna keväällä 2021

Projektin toteuttamisessa oli viisi eri vaihetta (Kaavio 5). Osa näistä vaiheista toteutui hiukan päällekkäisesti, mutta pääperiaate oli tehdä huolellinen suunnittelu ja saada mahdollisimman hyvä tuote kertavalmistuksella. Käytössä oli Solidworks 3D -mallinnusohjelmisto, mikä mahdollisti eri komponenttien sovittamisen toisiinsa jo suunnitteluvaiheessa. Huolellisesta suunnittelusta huolimatta tässäkin projektissa tuli muutamia virheitä, jotka täytyi korjata tilaamalla erilaisia osia.



Kaavio 5. Projektia kuvaava kaavio

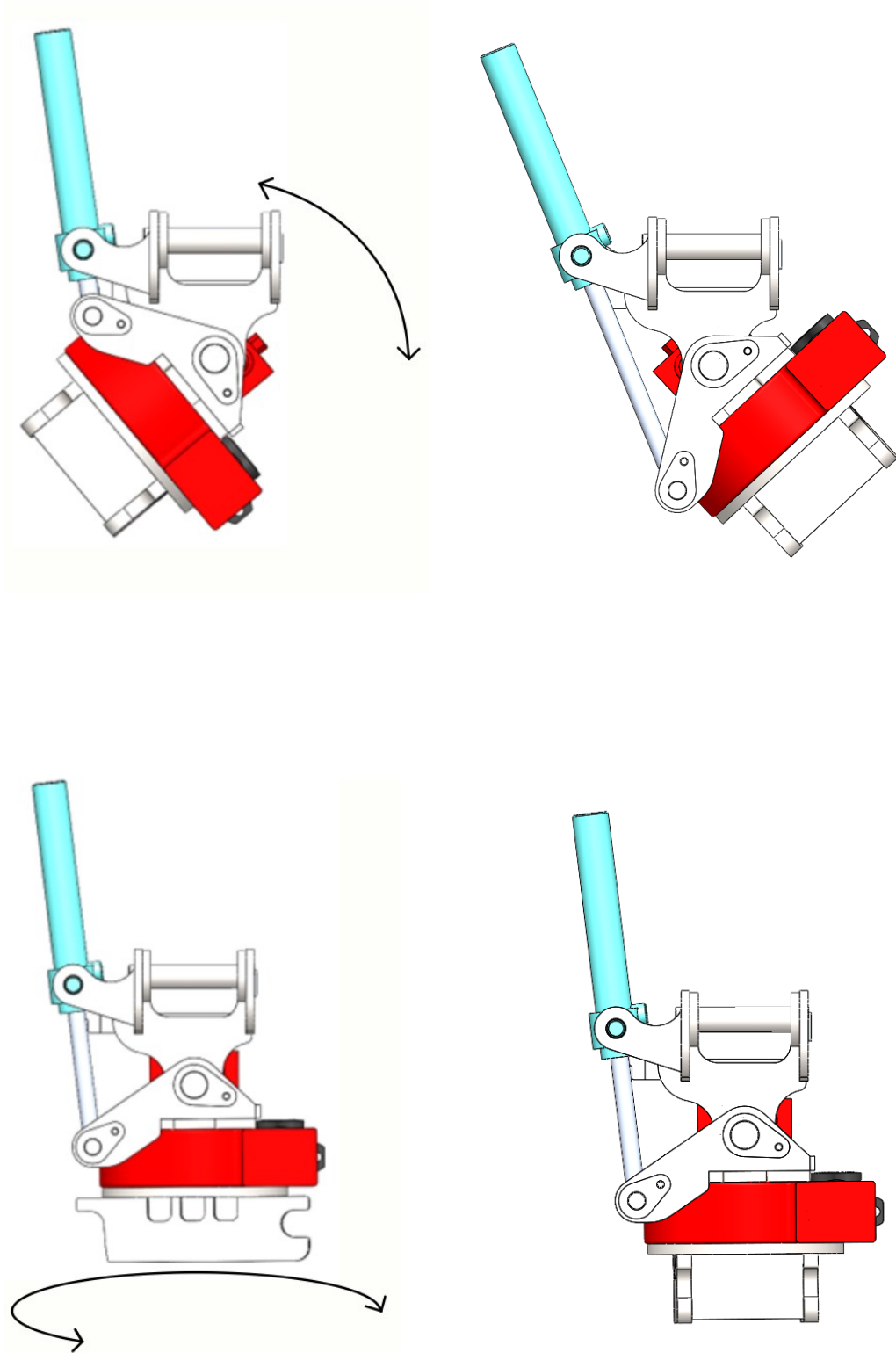
Koska käytettävissä oli rajallinen määrä rahaa, täytyi suunnittelussa ottaa huomioon, kuinka pyörittäjä valmistetaan kustannustehokkaasti ja mahdollisimman pitkälti omasta takaa löytyvillä perustyökaluilla ja koneilla. Vain levyosien leikkauksen ja koneistukset toteutti alihankkija.

## 2.4 Omavalmiste kauhanpyörittäjän kokoluokka ja ominaisuudet

Kauhanpyörittäjän ominaisuuksilla on iso merkitys koneella työskentelyn kannalta. Ylimääräinen paino puominpäässä aiheuttaa koneen epävakautta, mutta liian ohuet rakenteet altistavat vaurioille ja väsymismurtumiselle. Jos pyörittäjän kokonaiskorkeus on liian suuri, kaivinkoneen murtovoima heikkenee ja vastavasti matala rakenne on haasteellinen toteuttaa niin, että haluttu kallistuskulma säilyy riittävänä (Kuva 6).

Kauhanpyörittäjä tehtiin Volvo ecr28 kaivinkoneeseen. Peruskoneen paino on noin 2900 kg, joten pyörittäjän tulee olla suhteellisen kevytrakenteinen. Merkittävimpiä ominaisuuksia ovat kallistuskulmat, kokonaiskorkeus, paino, kestävyys ja hallintaominaisuudet. Kaupallisten tuotteiden ominaisuuksien ja omien kokemusten perusteella laadin pyörittäjän ominaisuuksille vaatimuslistan.

- kallistuskulmat 45° x 2
- pyörähdys 360°
- Hydraulinen työlaitelukko
- paino alle 120 kg
- Kokonaiskorkeus kiinnityspisteistä noin 35 cm
- Proportionaalinen käyttö hallintakahvojen rullilla
- hydraulinen työlaitelukko
- kaupallinen ulkonäkö
- kiinteäasenteinen

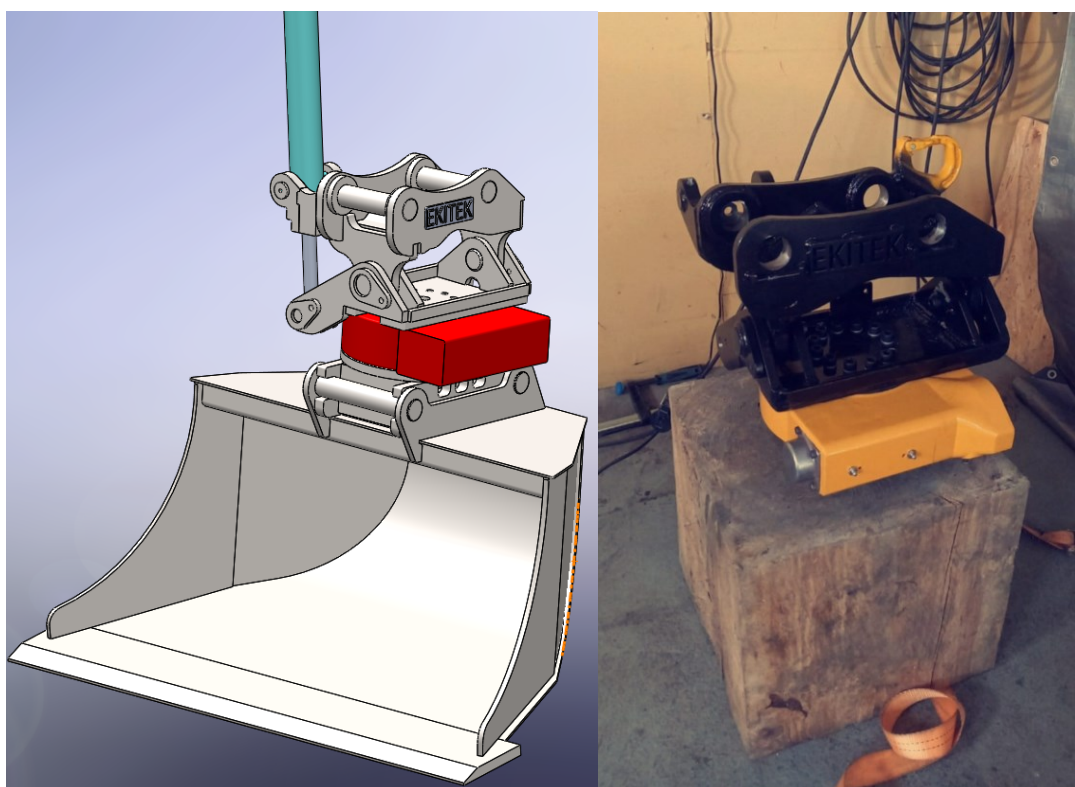


Kuva 6. Kauhanpyörittäjän liikeratoja.

## 2.5 Visuaalinen ilme

Visuaalisuus tarkoittaa tässä yhteydessä laadukkaan ja kaupallisen näköistä tuotetta. Visuaalisuuteen vaikuttaa esimerkiksi hyvä maalipinta, huolella suunnitellut muodot ja letkujen sekä johtojen tyylikäs kiinnitys. Kun tiedetään tuotteen tarkoitus, niin moni kiinnittää huomiota myös kestävän näköiseen rakenteeseen.

Pyörittäjän maalaus suoritettiin kaksikomponenttisella konemaalilla, jolloin saatiin kestävä ja kaunis pinta (kuva 7). Kauhanpyörittäjän levyrakenteet on myös syytä suunnitella niin, että ne näyttävät viimeistellyiltä. Terävät kulmat ovat myös otollisia paikkoja väsymismurtumille. Kun rakenne suunnitellaan huolella, sen ulkonäkökin muodostuu laadukkaan näköiseksi.



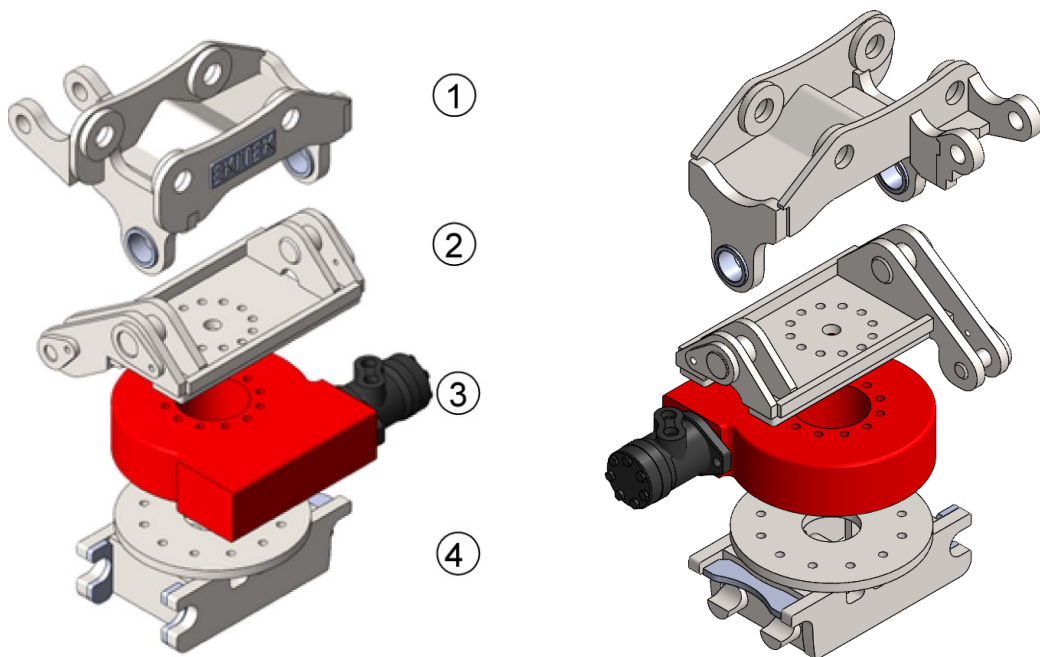
Kuva 7. 3D-malli ja pyörittäjän maalattuja rakenteita

### 3 RAKENNE

#### 3.1 Moduulirakenne

Pyörittäjän runko on suunniteltu moduulirakenteiseksi. Se on koottu neljästä päämoduulista, jotka on liitetty toisiinsa, joko tappi- tai pulttiliitoksia. Moduulirakenne mahdollistaa pulttikiinnitteisen rotaattorin käyttämisen, mikä on hyvä asia siinä mielessä, että rotaattorien hinnat ovat Suomesta ostettunakin maltillisia ja pulttikiinnitteinen rotaattori vähentää koneistuksen tarvetta kauhanpyörittäjän valmistuksessa.

Pulttikiinnitteinen rotaattori tuo kuitenkin lisää painoa ja korkeutta verrattuna malleihin, joiden 2 ja 3 runko ovat samaa rakennetta (Kuva 8). Asiaa kompensoitiin jättämällä lisähydrauliikka toiminto pois ja siirtämällä kauhanlukkoventtiilin kaivinkoneen puomiin.



Kuva 8. moduulirakenne

## 3.2 RUNGON KOMPONENTIT

### 3.2.1 Rotaattori

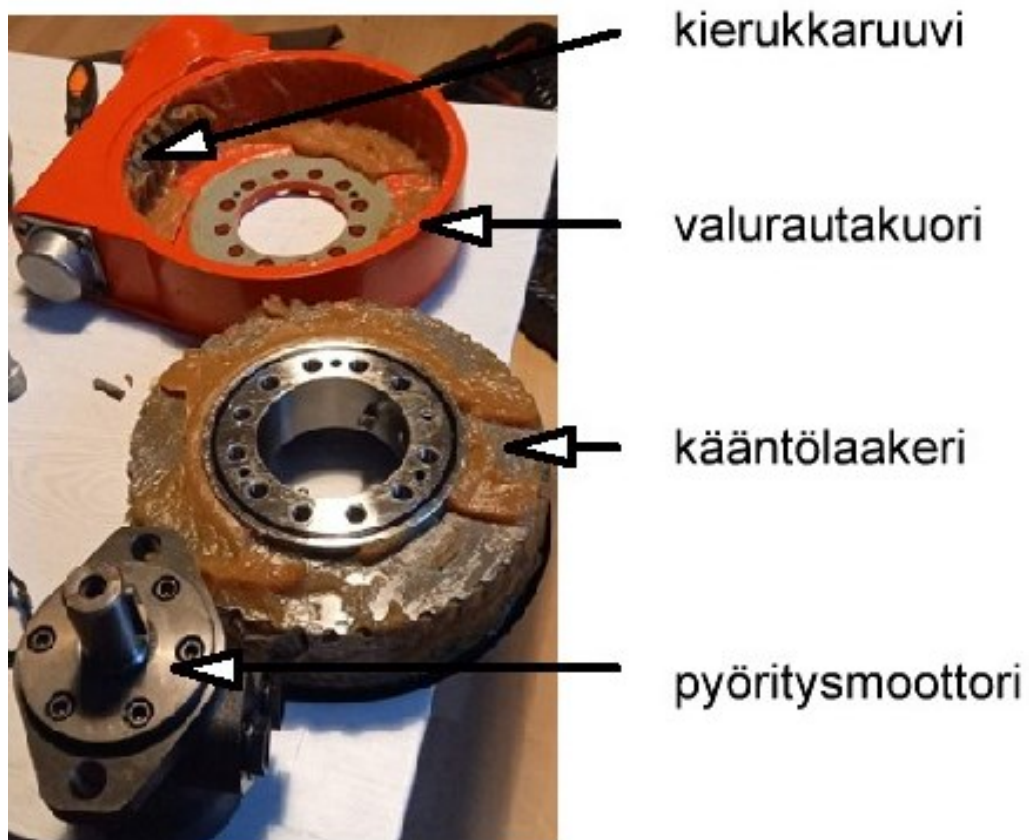
Markkinoilla olevat sopivan kokoluokan kierukkavaihteet ovat hyvin saman kaltaisia rakenteeltaan (kuva 9). Kierukkaruuvi antaa erinomaisen kääntövoiman ja pitovoiman, mitkä ovat erityisen tärkeitä ominaisuuksia kauhanpyörittäjässä. Kääntövaihteen laakerointi on toteutettu isolla kuulalaakerilla. Kuulalaakerin kitka on hyvin pieni, joten kauhanpyörittäjässä riittää kääntövoimaa kovassakin rasiuksessa.

Tässä työssä käytettiin ”imo wd-l 0156” rotaattoria. Rotaattorin tarkemmat tiedot löytyvät opinnäytetyön liiteosiesta (liite1). Sen Kestävyys ja koko vaikuttivat hyviltä ja sitä on käytetty aiemmin Rotozi-merkkisissä pyörittäjissä. Rotaattorin kiinnityspinnat on syytä puhdistaa maalista ja muusta epäpuhtaudesta, sillä liitoksen tiivistyessä kiinnityspultit löystyvät ja se aiheuttaa pahimmillaan runkorakenteen repeämisen.



Kuva 9. Imo wd-l 0156 kierukkavaihte

Rotaattori koostuu valurautaisesta ulkokuoresta, jonka sisällä on kääntölaakeri hammastetulla ulkopinnalla ja sitä pyörittää valurautaiseen runkoon laakeroitu kierukkaruuvi (Kuva 10). Rotaattorin voitelu tapahtuu kahdesta rasvausnipasta, jotka sijaitsevat kierukkaruuvien takana.



Kuva 10. Kierukkavaihte purettuna

### 3.2.2 Pultit ja tapit

#### **Pultit**

Kauhanpyörittäjä on kokoonpantu, käyttäen 12.9 kovuusmerkattuja pultteja. Merkin ensimmäinen numero kertoo sen nimellisen murtolujuuden 100N/mm<sup>2</sup>. Tällöin pultin nimellinen murtolujuus on 1200N/mm<sup>2</sup>. Pisteiden jälkeisen numeron avulla lasketaan nimelliseen murtolujuuteen lisättävä murtolujuus 10N/mm<sup>2</sup>, jolloin saadaan piste, missä tapahtuu muodonmuutoksia ja pultti katkeaa. Lisättävä murtolujuus on siis 90N/mm<sup>2</sup> ja pulttiin kohdistuu muodonmuutoksia aiheuttavia voimia, kun 1290N/mm<sup>2</sup> ylittyy (ISO 898).

#### **Tappimateriaali**

Laadukas tappi kestää pitkään katkeamatta ja kestää kulutusta. Pintakarkaistu tappi yhdistää nämä ominaisuudet. Karkaistun pinnan ansiosta kulutuskestävyys on hyvä ja pehmeämpi sisäosa tuo tapille murtolujuutta. Kauhanpyörittäjässä käytettiin tappia, jonka perusaine on Cf53 ja pinnan kovuus Rockwell asteikolla on HRC 60–64.

### 3.3 Levyrakenne

Pyörittäjän runkorakenne koostuu pääosin laserleikatuista levyistä (kuva 11). Laserleikkuri jättää metalliin siistin leikkausjäljen, mutta sen tarkkuuteen vaikuttaa muun muassa itse laserleikkuri, säädöt, leikattava materiaali ja käyttäjä. Laserleikkuri pystyy tuottamaan leikkausjälkeä noin +/- 0.1 mm tarkkuudella. (fractory. metallien laserleikkaus)

Tarkasti leikatut osat ja hyvin suunnitellut kohdistuskolot mahdollistavat rakenteen kokoonpanon, jopa ilman mittaamista. Laserleikkurin pieni epätarkkuus täytyy kuitenkin huomioida palasia suunniteltaessa, jotta ne sopivat toisiinsa ilman hiomista.



Kuva 11. Laserleikattuja rungon osia

### 3.4 Rakenteen kestävyys

#### **Materiaali**

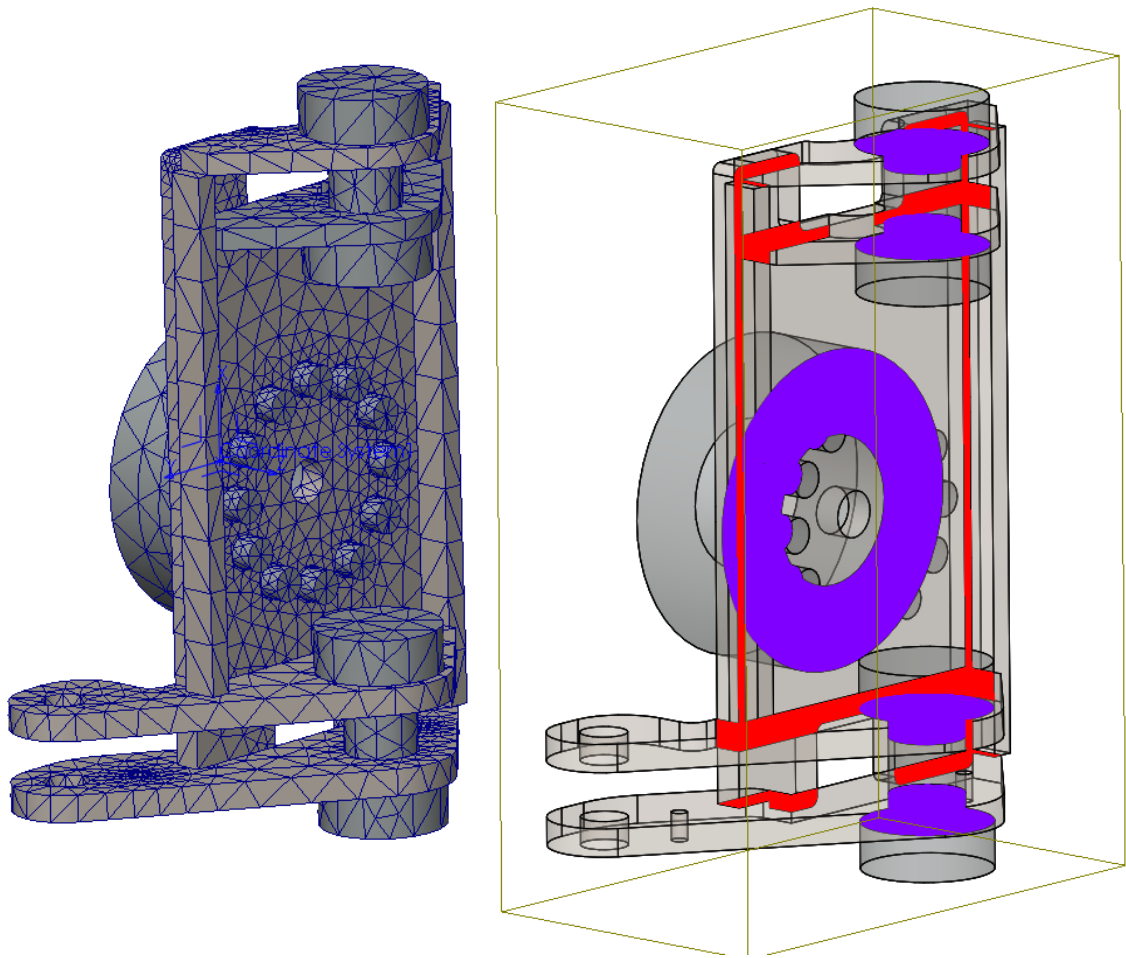
Kauhanpyörittäjän kestävyys on oleellinen osa kokonaisuutta. On ehdottoman tärkeää, että käytetään laadukasta ja kohteeseen sopivaa terästä. Rungon rakenteissa käytettiin pääosin terästä, jonka myötölujuus oli 600–700 MPa. Kulutuskestävyyttä vaativassa työlaitelukossa on käytetty Hardox 400 kulutusterästä, jonka kovuus on 400 HBW. (opas. Hardox)

#### **Lujuus**

Kauhanpyörittäjän lujuuden laskeminen on hyvin haastavaa, sillä siihen kohdistuu monenlaisia voimia. Hydraulisyliintereiden aiheuttaman yhteiskuormituksen lisäksi siihen kohdistuu dynaamista ja iskevää voimaa, joiden suuruutta ei pysty määrittämään tarkasti. Lujuutta pystytään laskemaan tietyin oletuksin ja simuloimalla rakenteita pystytään löytämään heikkoja kohtia. Suunnittelussa on tärkeää olla hyvä tuntuma, millaisia rakenteita vastaavissa laitteissa on käytetty ja onko ne kestäneet.

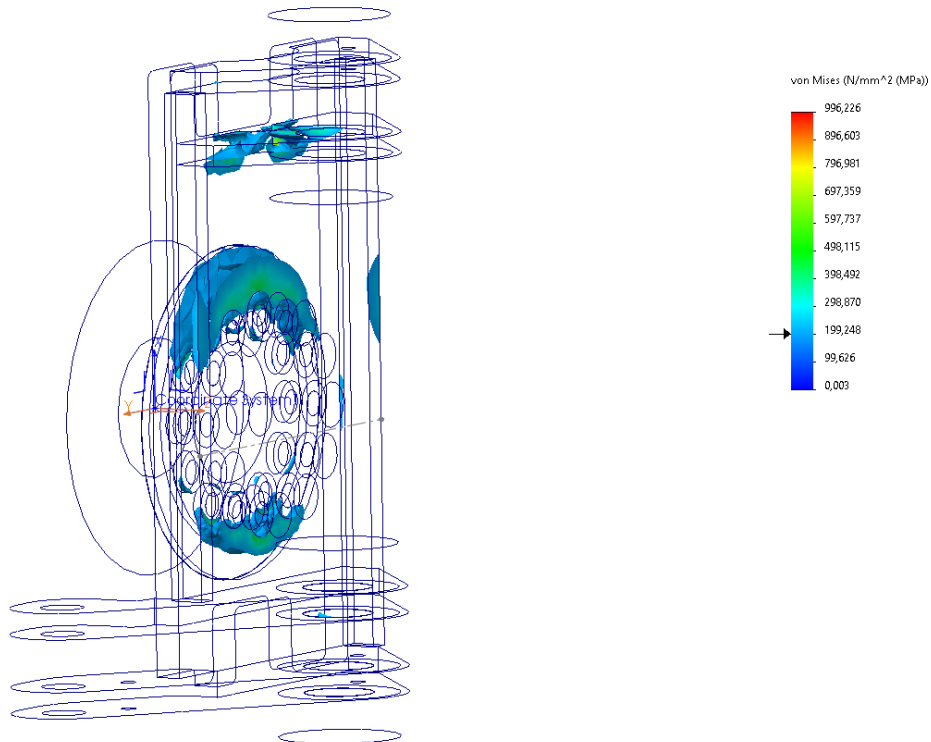
Heikoimmiksi päätettyjen osien ja rakenteiden laskemiseen käytettiin Solidworks simulaatio -ohjelmistoa. Simuloinnissa ohjelmisto käyttää hyväkseen elementtimenetelmää (FEM), joka perustuu elementtiverkotuksen solmupisteiden siirtymiin. Tietokone laskee siirtymistä likimääräisen tuloksen, joista saadaan määritettyä rakenteisiin aiheutuneet siirtymät, muodonmuutokset ja jännitykset (Lähtenmäki 2018, 1.1).

Laskettavalle kappaleelle tehdään simulointia varten sen kiinnitystä ja kuormitusta vastaavat osat (kuva 12). Tässä tapauksessa mallinnettiin kaksi tappia ja rotaattoria simuloiva laippa. Punainen väri kertoo osien olevan kiinni toisissaan ja violetti pinta kertoo vapaasta liikkuvuudesta.

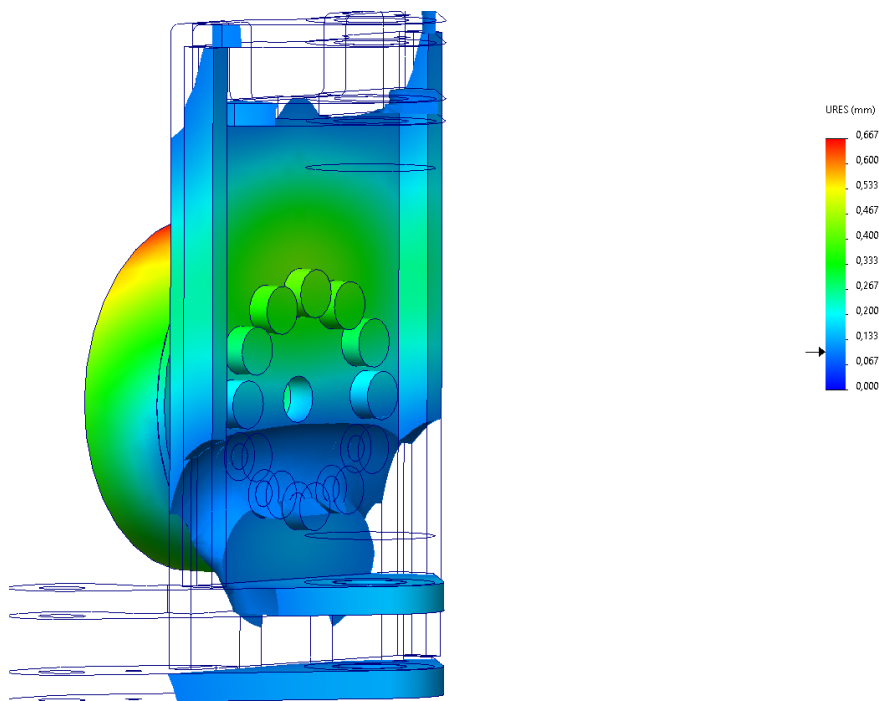


Kuva 12. Elementtiverkotus ja kappaleen kiinnitykset.

Simuloinnissa käytetty voima oli oletus, joka perustui kaivinkoneen tuottamaan voimaan ja kaivuukoneen geometriaa tarkastelemalla tehtyihin päätelmiin. Simulaation avulla haluttiin löytää heikot kohdat ja tutkia niiden aiheuttamia rasituksia (kuva 13) ja taipumaa (kuva 14).



Kuva 13. kappaleeseen muodostuneet jännitykset



Kuva 14. Rungon taipuma

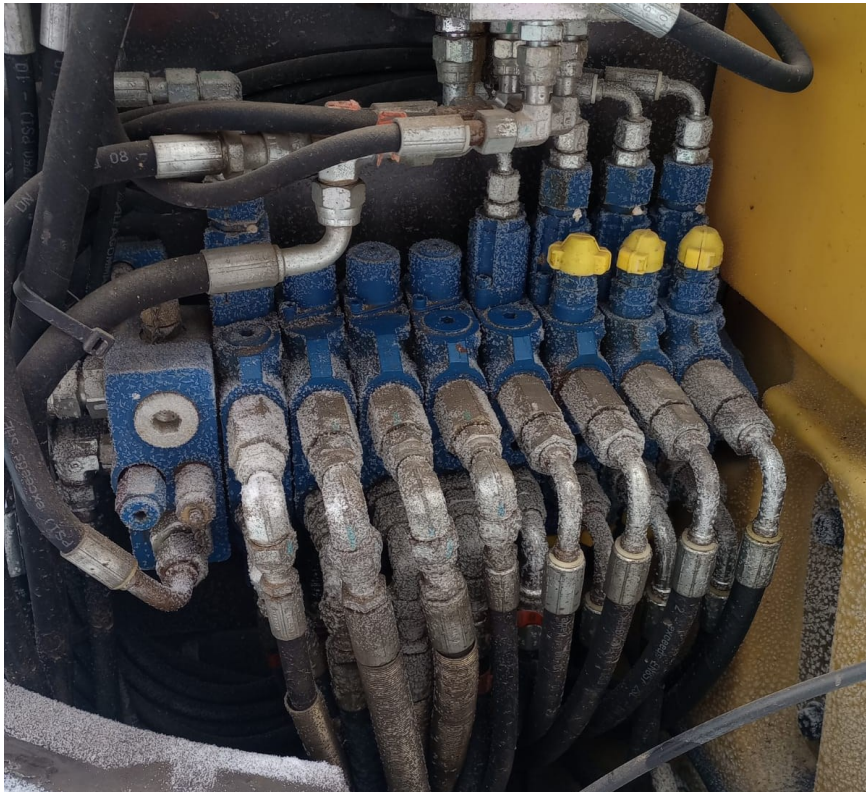
## 4 HYDRAULIIKKA

### 4.1 Venttiilit

Kaivanpyörittäjän hydrauliiikan toteuttamiseen tarvitaan useita erilaisia venttiileitä. Tässä luvussa esitellään tarvittavat venttiilit ja niiden toimintaperiaatteet.

#### Päälohko

Kaivinkoneen päälohko (kuva 15) on peruskoneessa sijaitseva venttiiliryhmä. Sen tarkoitus on jakaa hydrauliikepumpulta tuleva öljyvirta halutuille toiminnolle. Venttiililohkoa ohjataan niin sanotun pilottipaineen avulla, joka on yleisesti 0-30bar. Jokaiselle toiminnolle ja liikesuunnalle on oma pilottipainetulo ja, kun toimintoa ei vaikuteta, niin pilottipaine on 0bar. Pilottipainetta kasvattamalla saadaan tilavuusvirtaa pilottipainetta vastaavalle toiminnolle.

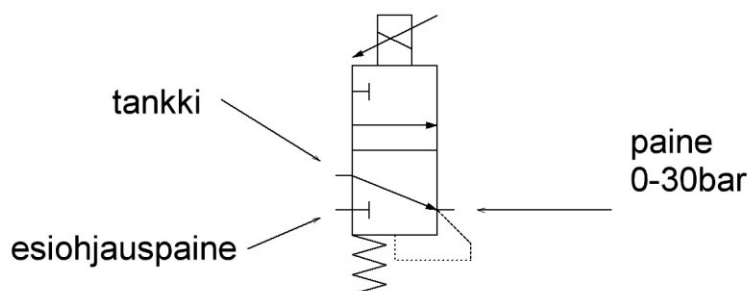


KUVA 15. Rexrooth hydraulisesti esiohjattu venttiililohko

### Proportionaalinen paineenalennusventtiili

Shuntti, pilottiventtiili, esiohjausventtiili ja proportionaalinen paineenalennusventtiili. Näillä nimillä tunnetaan venttiili, jolla tuotetaan ohjauspainetta (0-30bar) hydraulisesti esiohjatulle venttiililohkole. Tässä työssä käytetään nimitystä pilottiventtiili. Venttiilille tarvitaan tankkilinja ja paine otetaan esiohjauspiiristä (noin 30bar). Itse venttiili kestäisi isompaakin painetta, mutta venttiilin toimivuuden kannalta on järkevintä käyttää vain esiohjauspiirin suuruista painetta.

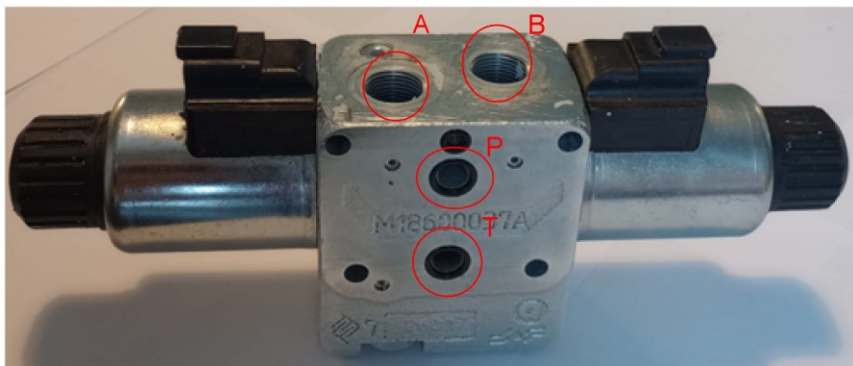
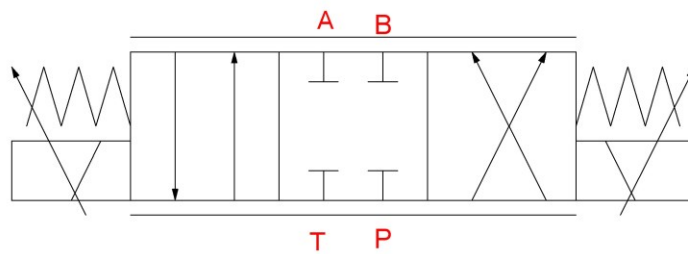
Pilottiventtiili on yleensä patruunatyypinen ja se koostuu aluslaatasta, patruunasta ja solenoidista. Kun tarvitaan useampia ohjauksia, voidaan käyttää alustaa, johon mahtuu useampia patruunoita. Venttiiliä ohjataan solenoidilla sähkövirran avulla (kuva 16).



Kuva 16. Volvo ecr28:n pilottiventtiili kahdella pilottipainelähdöllä.

### Proportionaalinen suuntaventtiili

Suuntaventtiilillä voidaan toteuttaa kaksisuuntaista ja proportionaalisesti muuttuvaa tilavuusvirtaa. Sitä ohjataan kahdella solenoidilla ja sen toimintaperiaate selviää oheisesta kuvasta (kuva 17). Venttiilin läpäisemä tilavuusvirta riippuu solenoidille syötettävän sähkövirran suuruudesta. Tätä venttiiliä käytetään pyörittäjässä kallistus ja pyöritys toiminnoissa.



Kuva 17. venttiili ja toimintakaavio

## 4.2 Hydrauliiikan toteutustavat

kauhanpyörittäjän hydrauliiikan toteuttamiseen on monia vaihtoehtoja riippuen koneen jo olemassa olevasta lisähydrauliikasta. Jos kaivinkoneesta löytyy riittävästi lisähydrauliikkalohkoja, pyörittäjä pystytään rakentamaan ilman lisäventtiileitä ja sähkösarjoja. Tässä kappaleessa käsitellään proportionaalisesti ohjattuja kaksi-, neljä- ja kuusiletkuisia kauhanpyörittäjiä.

### 4.2.1 Kaksiletkuinen kauhanpyörittäjä

Konemerkestä riippuen yleisin tilanne on se, että koneessa on vain yksi ylimääräinen lisähydrauliikkalohko, jota ohjataan polkimella tai rullalla. Tällöin järkevin ratkaisu on käyttää tätä lohkoa kauhanpyörittäjän öljyn syöttämiseen ja hankkia niin sanottu kaksiletkuinen kauhanpyörittäjä.

Kaksiletkuinen hydrauliiikka perustuu älykkääseen ohjausjärjestelmään.

Kaivinkoneesta tulee pyörittäjälle vain proportionaalisesti säätyvä öljyvirta ja vapaapaluu. Kauhanpyörittäjässä on vastaavasti venttiilit, jotka jakavat öljyvirran halutuille toiminnoille. Kauhanpyörittäjän ohjausjärjestelmä huolehtii, että kaivinkoneen venttiililohkon syöttämä öljyvirta vastaa pyörittäjän tarvitsemaa öljyvirtaa, jos pyörittäjälle syötetään liikaa öljyvirtaa, saattaa hydrauliiikka ylikuormittua ja sen seurauksena öljy lämpenee tarpeettomasti sekä polttoainetta kuluu turhaan. Vastaavasti liian pieni öljyvirta aiheuttaa liikkeiden vääristymiä ja epävakaan tunteen, kun öljyvirta ohjautuu toiminnolle, joka liikkuu helpoiten

Kaksiletkuisen hyötyjä ovat sen monipuolinen säätö oman hallintajärjestelmän kautta ja vähäinen letkujen määrä kaivinkoneen puomissa. Lisäksi lisätoimintoja voidaan rakentaa haluttu määrä ja kaikille toiminnoille saadaan oma hallintarulla.

## 4.2.2 Neljä- ja kuusiletkuinen kauhanpyörittäjä

Jos kaivinkone on varustettu kahdella lisähydrauliikkalohkolla, voidaan kauhanpyörittäjää ohjata niillä. Toinen lohkoista ohjaa kallistusta ja toinen pyöritystä. Oletuksena on, että näitä lohkoja pystytään hallitsemaan proportionaalisesti ohjauksauvojen rullista. Pihti, työlaitelukko ja lisähydrauliikka saadaan 6/2 vaihtoventtiileillä jommastakummasta toiminnosta. Tämä aiheuttaa sen, että lisätoiminnoille ei voida asentaa hallintakahvoihin omia hallintarullia vaan kuljettaja käyttää sitä olemassa olevasta rullasta ja vaihtaa toimintoa erillisellä vaihtonapilla. Neljäletkuinen kauhanpyörittäjä ei tarvitse erillistä hydrauliikan ohjainta, joten se on halvempi kuin kaksiletkuinen ja vedettävien johtimien määrä on vähäisempi.

Kuusiletkuinen kauhanpyörittäjä on vastaava kuin neljäletkuinen, mutta käyttää hyväksi myös koneen omaa työlaitelukitsimen hydrauliikkaa, joten sen asentamiseen tarvitaan sähköä vain, jos halutaan pihti- ja lisähydrauliikka toiminnot.

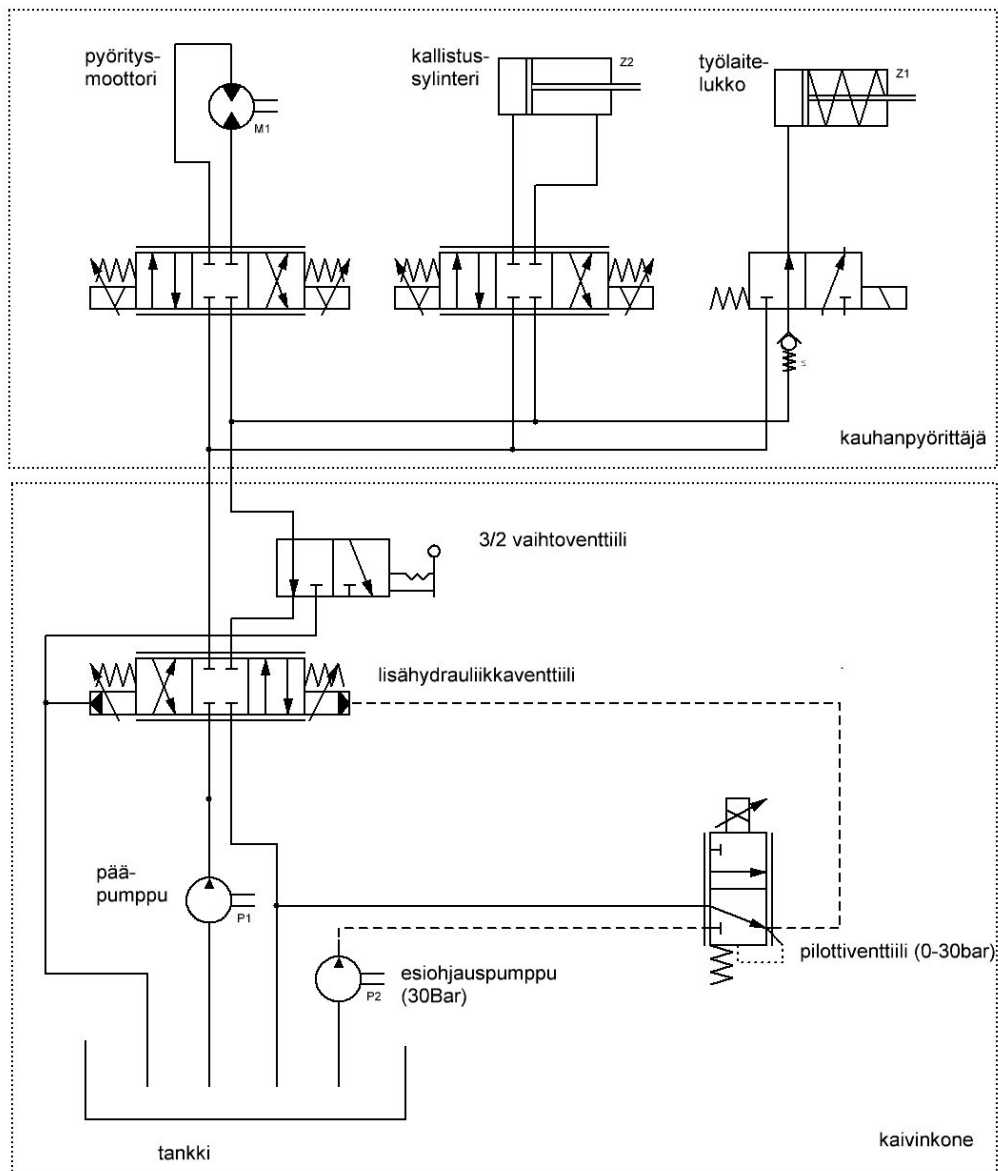
## 4.3 Hydrauliikan toteutus omavalmiste pyörittäjään

### 4.3.1 Toimintaperiaate

Kauhanpyörittäjä suunniteltiin kaivuukoneeseen, jossa oli valmiina yksi sähköhydraulisesti esiohjattu lisähydrauliikkalohko ja linjat kaivinkoneen puomissa valmiina. Käytännössä peruskoneen puolelle ei tarvinnut tehdä hydrauliikan muutostöitä laisinkaan. Lohkoa hallittiin alun perin vasemman hallintakahvan rullasta sähköisesti. Tässä tapauksessa pilottiventtiiliä ohjaava johto ja hallintakahvan rulla kytkettiin irti koneen sähköistä. Lisähydrauliikkaa hallitaan jatkossa kauhanpyörittäjän omalla ohjausjärjestelmällä.

Vaatimuksena oli kallistus, pyöritys ja kauhanlukitus hydraulisena. Hydrauliikka toteutettiin (kaavion 18) mukaisesti. Kallistus ja pyöritys ovat rinnankytketty ja kauhanlukon paluulinja on lisäksi varmistettu vastaventtiilillä. Kauhanlukko on toteutettu yksitoimisella avaussylinterillä ja lukkiutuminen jousikuormalla. Tämän etuna on vain yksi letku, joka tarvitsee viedä pyörivän kehän läpi työlaitelukolle. Tämä oli verrattain edullinen ratkaisu, sillä esimerkiksi neljäkanavainen läpivienti olisi ollut huomattavasti kalliimpi.

Kaivinkoneesta löytyi vakiona niin sanottu vasarahydrauliikka ominaisuus. Se tarkoittaa tässä tapauksessa, että lisähydrauliikan paluuvirta voidaan ohjata suoraan tankkiin kaivinkoneen päälohkon ohitse 3/2 venttiilillä. Tämä vähentää vastapainetta paluulinjassa, mikä on tärkeää vasaratoimintoa käytettäessä. Myös kauhanpyörittäjä käytössä on tärkeää saada paluulinjan vastapaine mahdollisimman pieneksi, sillä ylimääräinen vastapaine lisää polttoaineen kulutusta ja lämmittää öljyä.



Kaavio 18. Hydrauliikan toimintaperiaate

### 4.3.2 Järjestelmän mitoitus

Rotaattorin tarvitsema öljyn tilavuusvirta saadaan laskettua pyöritysmoottorin kierrostilavuuden, kääntövaihteen välityssuhteen ja halutun kierrosajan perusteella.

-Moottorin kierrostilavuus 32cc = 0,032 L

-välityssuhde 47:1

-kierrosaika 7 s

Tarvittava tilavuusvirta rotaattorille.

$$\frac{0,032l \times 47}{7s} = 0,214 L/s \approx 12,89L/min$$

Kallistuksen tarvitsema öljyvirta saadaan laskemalla sylinterin suurempi tilavuus ja sen haluttu liikeaika.

-isku 22 cm

-männän halkaisija 5 cm

-liikeaika 3 s

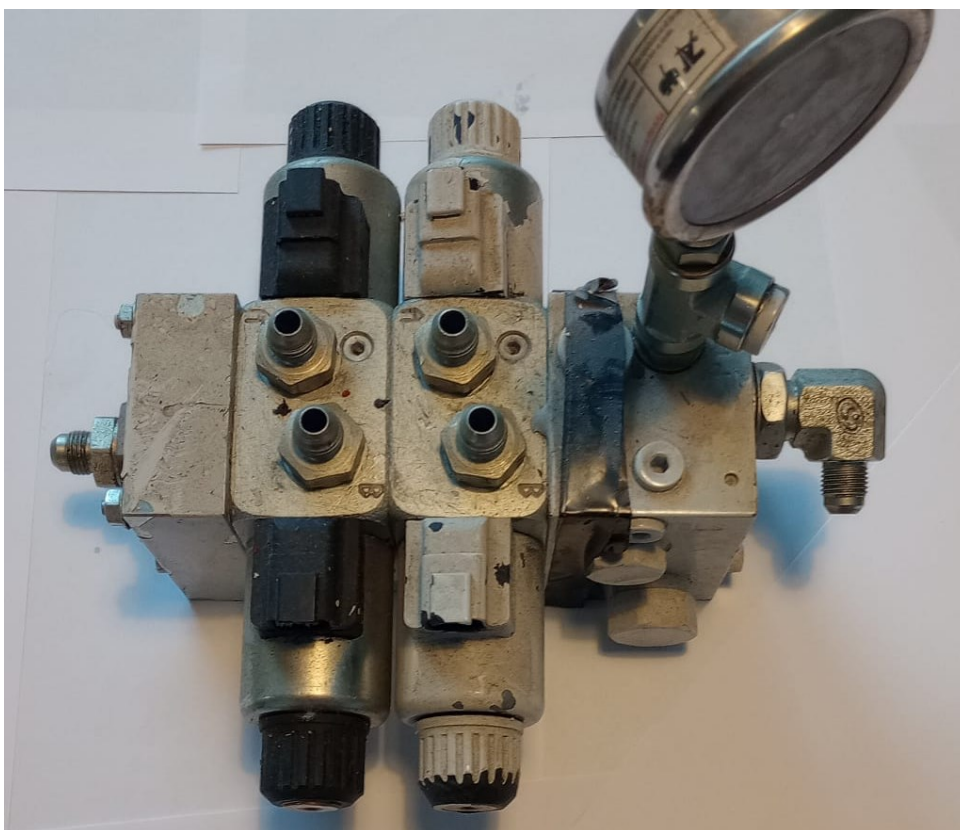
- sylinterin tilavuus  $\pi \times 2,5cm^2 \times 22 = 432cc \approx 0,43L$

Tarvittava tilavuusvirta kallistukselle.

$$\frac{0,43L}{3s} = 0,143 L/s \approx 8,6 L/min$$

Kaivinkoneen teknisistä tiedoista selviää lisähydrauliikan tuottavan tilavuusvirtaa 45 l/min ja maksimi paine on 210bar, joten aiempien laskujen perusteella voidaan todeta sen riittävän, vaikka toimintoja yhteiskäytettäisiin.

Kauhanpyörittäjässä on sisällä kallistuksen ja pyöriksen proportionaaliset suuntaventtiilit, jotka hankittiin yhteistyökumppanin kautta (kuva 19). Venttiilipaketti purettiin, puhdistettiin ja sen päädyissä olevat elementit korvattiin koneistetuilla päätyvaloilla, missä oli vain paine- ja paluulähdöt. Tämä auttoi venttiilipaketin sovittamisessa pyörittäjän keskelle. Nämä venttiilit olivat toimineet aikaisemmin yliopiston labraventtiileinä. Kauhanpyörittäjään ne olivat hiukan isoja, mutta hankintahinta huomioon ottaen oli järkevää käyttää näitä. Ylimoitettu venttiili toimii käyttöalueensa alkupäässä ja sen hallitseminen on epätarkempaa. Venttiiliä kuitenkin päätettiin käyttää, koska se ei ollut merkittävästi liian iso. Venttiilin datalehti (liite 2).



Kuva 19. yhteistyökumppanin kautta hankittu venttiilipaketti.

Letkujen mitoitus on helpointa tehdä letkun mitoitukseen tarkoitetulla laskurilla. Laskurit perustuvat maksimi virtausnopeuteen, joka on yleensä 160-210bar paineella 5–7 m/s.

Virtausnopeuden voi laskea myös käyttäen kaavaa:

v=virtausnopeus, m/s

Q=tilavuusvirta, m<sup>3</sup>

d=letkun sisähalkaisija, m

$$v = \frac{4 \times Q}{\pi \times d^2}$$

Tässä tapauksessa liikekohtaisiin toimintoihin riittää 1/4" letku ja kaivurista pyörittäjään tulevan linjan täytyy olla vähintään 3/8" letkua.

## 5 OHJAUSJÄRJESTELMÄ

### 5.1 Proportionaalinen rullaohjaus vai poljin/nappiohjaus

Kaksiletkuisen kauhanpyörittäjän hallinta toteutetaan nykyisin lähes poikkeuksetta toimimaan hallintakahvojen rullista proportionaalisesti. Tämä toteutus on kuljettajalle helppokäyttöinen, mutta se vaatii erillisen hydrauliiikan ohjausjärjestelmän.

Aiemmin käytössä oli monesti niin sanottu nappiohjaus. Siinä kuljettaja valitsee hallintakahvojen napeista halutun toiminnon ja säätää sen liikkeen nopeutta lattiapolkimella. Tämä tuo kuljettajalle hiukan haasteita, mutta on toteutukseltaan yksinkertaisempi. Voidaan ajatella, että kuljettaja hoitaa, myös hydrauliiikan ohjaimen tehtävää.

Pyörittäjän ohjaus voidaan toteuttaa myös "on/off" napeilla toimivaksi.

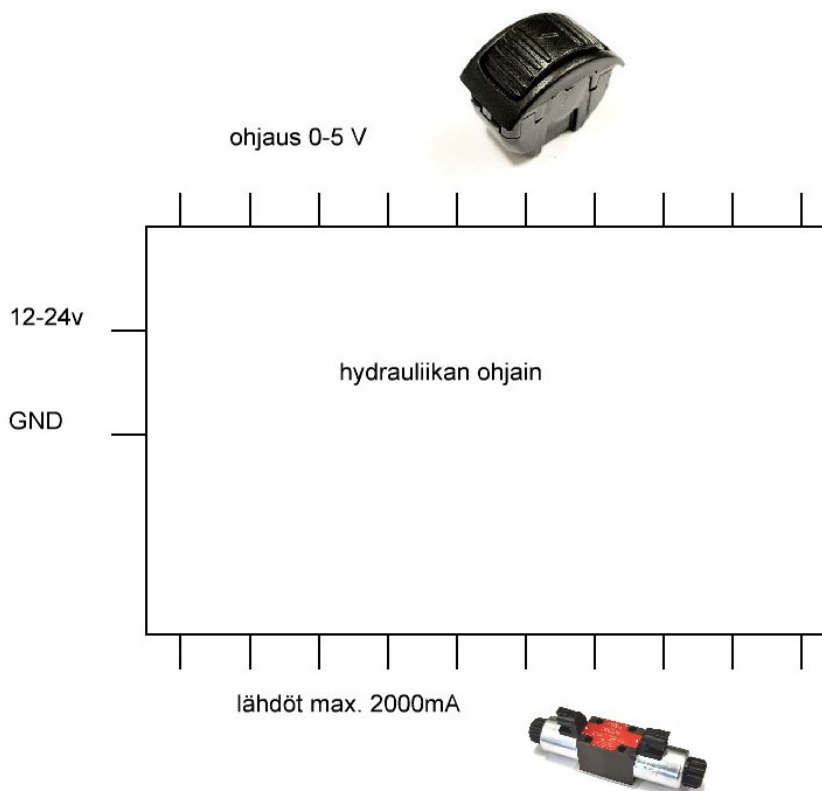
Tämä toteutus ei tarvitse erillistä hydrauliiikan ohjainta, mutta sen käyttö on töksähtelevää, koska liikenopeutta ei pysty säätämään.

## 5.2 Proportionaalisen venttiilin hallinta

Kun arkikielessä puhutaan proportionaalisista venttiileistä, tarkoitetaan sillä venttiiliä, jonka tuottama tilavuusvirta voidaan säätää portaattomasti. Proportionaalisuus tarkoittaa, että jokin asia seuraa toista asiaa. Toisin sanoen sähkövirralla ohjattavan proportionaalisuuntaventtiilin läpäisemä tilavuusvirta riippuu venttiilille syötettävän sähkövirran suuruudesta (Jarissav 2014).

Hydrauliikan ohjain on laite, jonka avulla hallitaan yhtä tai useampia venttiileitä. Ohjainta hallitaan 0–5 voltin jännitteellä analogisella rullalla ja se tuottaa hallittavalle venttiilille yleensä 0–2000 mA suuruista virtaa.

Venttiilien kelat altistuvat huomattaville lämpötilojen vaihteluille ja sen seurauksena niiden resistanssi muuttuu. Nykyaikainen hydrauliikan ohjain on toteutettu virtaohjatuksi eli ohjain mittaa venttiilinkelan käyttämää virtaa ja pyrkii pitämään syötettävän virtamäärän juuri halutun suuruisena. Tällä varmistetaan hyvä hallitavuus kaikissa olosuhteissa.



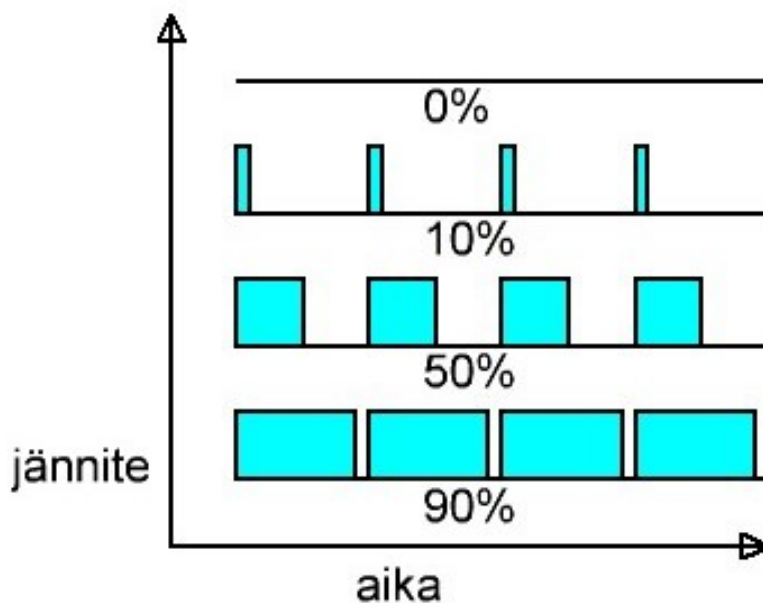
Kuva 20. Hydrauliikan ohjaimen periaatekuva

### 5.2.1 PWM käyttö hydrauliiikan ohjauksessa

Vanhemmissa hydrauliiikanohjaimissa saattaa esiintyä lämpöongelmaa. Tämä johtuu siitä, että sen toiminta perustuu etuvastukseen, jonka resistanssia muuttamalla saadaan kelalle syötettävä virta halutuksi. Tästä aiheutuu myös huomattavan suuri virran kulutus.

PWM eli "pulse-width modulation" on nykyaikainen tapa tuottaa muuttuvaa tehoa. PWM on digitaalista jännitettä, joka on joko päällä tai pois päältä. Kelalle syötetään tässä tapauksessa, joko 12 V tai 0 V. Saavutettu teho riippuu siitä, kuinka kauan tarkastelujakson ajasta virtaa on syötetty ja kuinka kauan virta on ollut pois päältä. Tätä havainnollistetaan prosenttiluvulla eli pulssisuhteella, jotka näkyvät kaaviossa 21.

Hydrauliikan ohjaimen käyttämä PWM-taajuus riippuu ohjaimen valmistajasta, mutta käyttämällä matalia taajuuksia saadaan venttiilin karaan pientä edestakaista liikettä, jolloin lepokitka poistuu (dither värinä). Parempi vaihtoehto on kuitenkin käyttää suurempia taajuuksia ja tuottaa lepokitkan poistava värinä erillisesti.



Kaavio 21. PWM modulaation tehon muodostuminen

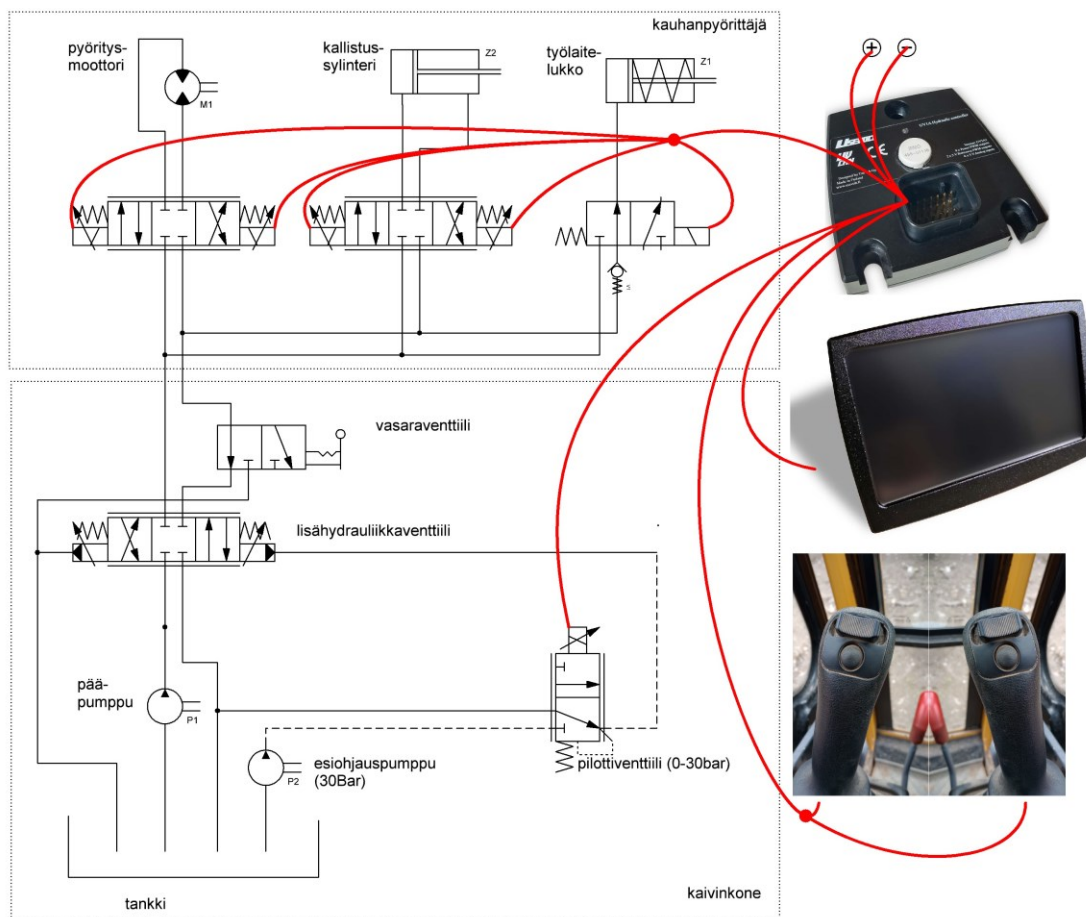
### 5.3 Usevolt ohjausjärjestelmä

Usevolt oy on Tampereella sijaitseva yritys, joka valmistaa sähköisiä ohjausjärjestelmiä pääasiassa ajoneuvoihin ja työkoneisiin. Ohjausjärjestelmät ovat kehitetty alun perin metsäkoneisiin, mutta se taipuu helposti myös kaivinkoneiden pyörittäjille, lisähydrauliikalle, erilaisiin kuormaimiin ja kaikkeen hydrauliikkaan, missä tarvitaan proportionaalista ohjausta, tarkkuutta ja toimintavarmuutta (usevolt).

Usevolt ohjausjärjestelmän keskiössä on ohjain, josta löytyy useita PWM ohjattuja solenoidilähtöjä sekä 0–5 V sisääntuloja. Järjestelmän suurimpia etuja on sen muokattavuus ja tarkkuus. Hydrauliikan ohjausjärjestelmä koostuu hydrauliikan ohjaimen lisäksi tarvittavista apulaitteista sekä johtosarjasta

Kauhanpyörittäjän ohjaamiseen tarvitaan hydrauliikanohjain, näyttö, ohjausrullilla varustetut kahvat ja johdinsarja (kuva 22). Näyttö ei ole pakollinen, mutta sen kautta pystytään tekemään kalibroinnit, kauhanlukon aktivoinnin, käyttäjävalinnat ja niin edelleen.

Kuva 21 havainnollistaa, kuinka ohjausjärjestelmä kytkettiin omavalmiste kauhanpyörittäjään. Usevolt ohjausjärjestelmällä on helppo myös korvata vanhentunut tai rikkoutunut ohjausjärjestelmä.



kuva 21. Usevolt ohjausjärjestelmän kytkentä omavalmiste kauhanpyörittäjään



Kuva 22. kauhanpyörittäjän ohjaukseen tarkoitettu asennussarja

#### 5.4 Työlaitelukon turvallisuus.

Työlaitteen lukkiutuminen on tärkeää, koska jos lukitus pettää kesken työskenteilyn, saattaa se johtaa pahimmillaan ihmisen kuolemaan. Työlaitteet ovat raskaita ja aiheuttavat tippuessaan vahinkoa. Tämän vuoksi on hyvä huomioida, että kuljettaja ei pysty aukaisemaan lukkoa vahingossa.

Työlaittelukko toimii siten, että lukko aktivoidaan kosketusnäytöltä lukkopainikkeesta (kuva 23). Sen jälkeen painetaan vasemmalla kädellä lukon avauspainiketta ja oikean kahvan rullalla saadaan lukolle avauspaine (kuva 24). Kauhanlukon ollessa aktiivinen, kuuluu piippausääni, mikä muistuttaa kuljettajaa deaktivoimaan lukon kauhan ollessa takaisin paikoillaan.



Kuva 23. Näytön oikeassa yläkulmassa lukon aktivointi painike.



Kuva 24. työlaitelukon aktivointipainike ja rulla.

## 6 POHDINTA

Tässä opinnäytetyössä suunniteltiin kauhanpyörittäjä Volvo ecr28 kaivinkoneeseen. Samalla esiteltiin perustietoa kauhanpyörittäjistä ja niiden ominaisuuksista. Toivon, että tästä opinnäytetyöstä on hyötyä jollekin, joka ryhtyy samankaltaiseen projektiin tai tämä auttoi ymmärtämään kauhanpyörittäjän peruseriaatteet.

Projektin alussa asetetut tavoitteet ja vaatimukset pyörittäjälle toteutuivat erinomaisesti. Suunnittelussa tapahtui kuitenkin mitoitusvirhe, jonka vuoksi ylin runkomoduuli täytyi valmistaa uusiksi. Muuten olen tuotteen valmistajana ja tilaajana tyytyväinen lopputulokseen. Kauhanpyörittäjän hallittavuus on erinomainen, paino pysyi asetetussa tavoitteessa ja lopputulos oli visuaalisesti miellyttävä. Kauhanpyörittäjällä on valmistumisensa jälkeen kaivettu noin 700 tuntia ja se on toiminut täysin moitteettomasti. Opinnäytetyön liiteosiosta löytyy kuvia pyörittäjän valmistuksesta sekä kuvia valmiista tuotteesta.

Työ antoi laajasti kokemusta koneen suunnittelusta alusta loppuun. Keskeisiä menetelmiä oli 3D mallintaminen, hydrauliiikan suunnittelu ja ohjausjärjestelmät. Lisäksi tuli mietittyä erilaisia tappi- ja pulttiliitosten mahdollisuuksia ja erilaisten materiaalien tuomia etuja.

Opinnäytetyön raportin laatimista helpotti työn suunnitteluvaiheessa tehdyt materiaalit ja valmistuksessa otetut kuvat. Lisäksi täytyi tehdä muutamia kaavioita havainnollistamaan eri komponenttien toimintaperiaatteita.

## LÄHTEET

Fractory. n.d: Metallien laserleikkaus. Luettu 23.3.2023

<https://fractory.com/fi/metallin-laserleikkaus/>

Jarisav, 2014: proportionaali pneumatiikka. Luettu 24.4.2023

<https://wiki.metro-polia.fi/display/koneautomaatio/Proportionaali+pneumatiikka>

Lähteenmäki, M. 2018: Elementtimenetelmän perusteet. Luettu

22.2.2023 [https://mlahteen.fi/arkistot/elpe\\_pdf/johdanto.pdf](https://mlahteen.fi/arkistot/elpe_pdf/johdanto.pdf)

Olli Päiviö, 2009: Pyörii ja kallistuu. Luettu 19.2.2023

<https://koneporssi.com/tyokoneet-2/pyorii-ja-kallistuu/>

Ssab: opas Hardox kulutusterästuotteisiin. Luettu 17.2.2023

[https://www.ssab.com/fi-fi/brandit-ja-tuotteet/hardox/tuoteohjelma?gclid=Cj0KCQiA3eGfBhCeARIsACpJNU8Bkm8ZRWQcFTTzz-fxE0My33Ah7B1P\\_50lnXA9VgD-SoL4V5vD-04AaAoF9EALw\\_wcB](https://www.ssab.com/fi-fi/brandit-ja-tuotteet/hardox/tuoteohjelma?gclid=Cj0KCQiA3eGfBhCeARIsACpJNU8Bkm8ZRWQcFTTzz-fxE0My33Ah7B1P_50lnXA9VgD-SoL4V5vD-04AaAoF9EALw_wcB)

Usevolt. n.d: Se joustava ohjausjärjestelmä. Luettu 24.2.2023

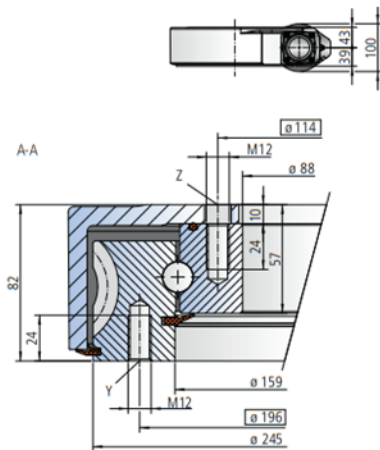
<https://www.usevolt.com/index.php/fi/>

LIITTEET

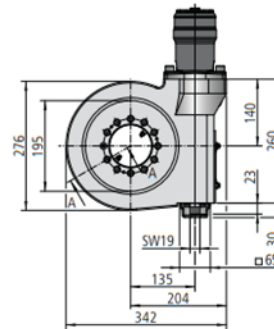
Liite 1. Rotaattorin tekniset tiedot

# WD-L series

## Size WD-L 0156 / 1-row / 1 drive



The mounting structure must support the housing to at least  $\phi 156$  and at most to  $\phi 225$



**Mounting holes**

Y = 12 drill holes M12-24 deep, evenly distributed  
Z = 11 drill holes  $\phi 14$ -10 deep / M12-24 deep, evenly spaced over 12 pitch

**Lubricating ports**

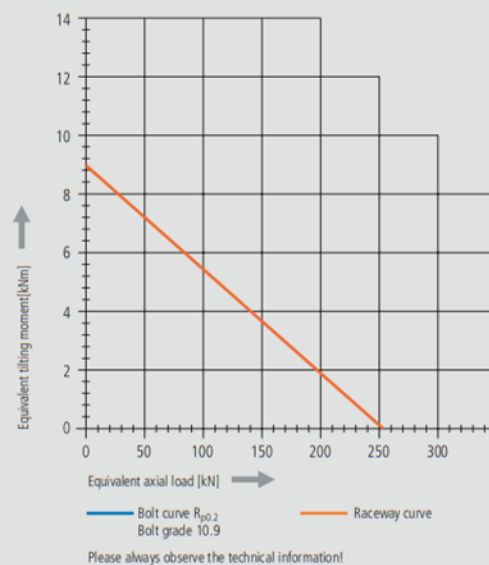
2 conical grease nipples on internal diameter  
2 conical grease nipples on housing exterior  
Slew drive supplied pre-lubricated

Drawing number WD-L 0156/3-07871			
Module	<b>m</b>	[mm]	5
Number of threads of the worm		[-]	1
Gear ratio	<b>i</b>	[-]	46
Self-locking gears			No**
Max. torque $s_n = 1$	<b>M<sub>d max</sub></b>	[Nm]	3280
Nom. torque $s_n = 1$ at $n = 1 \text{ min}^{-1}$	<b>M<sub>d nom</sub></b>	[Nm]	2520
Max. holding torque* $s_{15} = 1$ (static)	<b>M<sub>h max</sub></b>	[Nm]	3280
Static load rating, radial	<b>C<sub>0 rad</sub></b>	[kN]	94
Static load rating, axial	<b>C<sub>0 ax</sub></b>	[kN]	253
Dynamic load rating, radial	<b>C<sub>rad</sub></b>	[kN]	83
Dynamic load rating, axial	<b>C<sub>ax</sub></b>	[kN]	97
Weight, incl. 6 kg for hydraulic motor OMP (X)160		[kg]	40

\* Optionally with brake  
\*\* See: Technical Information, section *Self-locking*  
The hydraulic/electric motor is selected according to the actual requirements and customer specification.  
Selection example:  
Performance data with hydraulic motor OMP (X) 160

Pressure differential	<b><math>\Delta p</math></b>	[bar]	75
Oil flow	<b>Q</b>	[l/min]	8
Output speed	<b>n</b>	[min <sup>-1</sup> ]	1
Max. achievable torque	<b>M<sub>d</sub></b>	[Nm]	3280

### Limiting load diagram for compressive loads



## Liite 2.Pyöritys ja kallistus toimintojen venttiilien tiedot

**CXDH3****PROPORTIONAL PRE COMPENSATED VALVES**

Connector to be ordered separately, see page 103.

**ORDERING CODE**

<b>CXDH</b>	Proportional compensated bankable valve															
<b>3</b>	Size															
<b>*</b>	Mounting (see table 1)															
<b>*</b>	Body type: <b>A</b> = Ports G3/8" parallel <b>G</b> = Interface for modular valves <b>B</b> = Ports SAE 9/16" - 18UNF <b>L</b> = Ports G3/8" parallel with valves LSA LSB <b>M</b> = Interface for modular valves with valves LSA LSB															
<b>**</b>	Type of spool (1) <b>03</b> =															
<b>N</b>	Symmetrical flow path control															
<b>*</b>	Flow rating															
	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th><math>\Delta p</math> 8bar</th> <th><math>\Delta p</math> 4bar</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><b>D</b></td> <td>8 l/min</td> <td>6 l/min</td> </tr> <tr> <td><b>2</b></td> <td>16 l/min</td> <td>12 l/min</td> </tr> <tr> <td><b>3</b></td> <td>22 l/min</td> <td>18 l/min</td> </tr> <tr> <td><b>4</b></td> <td>35 l/min</td> <td>28 l/min</td> </tr> </tbody> </table>		$\Delta p$ 8bar	$\Delta p$ 4bar	<b>D</b>	8 l/min	6 l/min	<b>2</b>	16 l/min	12 l/min	<b>3</b>	22 l/min	18 l/min	<b>4</b>	35 l/min	28 l/min
	$\Delta p$ 8bar	$\Delta p$ 4bar														
<b>D</b>	8 l/min	6 l/min														
<b>2</b>	16 l/min	12 l/min														
<b>3</b>	22 l/min	18 l/min														
<b>4</b>	35 l/min	28 l/min														
<b>*</b>	Differential pressure $\Delta p$ <b>8</b> = $\Delta p$ 8 bar <b>4</b> = $\Delta p$ 4 bar															
<b>*</b>	Max. current at solenoid (2): <b>E</b> = 2.35 A (9 Vdc) - Special coil <b>F</b> = 1.76 A (12 Vdc) <b>G</b> = 0.88 A (24 Vdc)															
<b>**</b>	Variants (3): <b>S1</b> = No variant <b>LF/LV</b> = Emergency control lever (see page 72) For body type G and M order LR variant (emergency lever 180° rotated) <b>SV</b> = Viton <b>ES</b> = Emergency button (4) <b>P2</b> = Rotary emergency (4) <b>R5</b> = Rotary emergency 180° (4) <b>AJ</b> = AMP Junior coil (see page 109) <b>CZ</b> = Deutsch DT04-2P coil (see page 109)															
<b>1</b>	Serial No.															

**Calibrated diaphragms on P line, see page 102.**

- (1) Available spool 01 A and B ports are not sealed: fluid can escape from LS line (see hydraulic scheme).  
(2) Coils technical data, see page 109  
Voltage codes are not stamped on the plate, their are readable on the coils  
(3) Connector to be ordered separately, see page 103. Other variants available on request.  
(4) Emergency see page 72

Stackable proportional directional valves CXDH with LS signal locally compensated

- Used for controlling fluid direction and flow rate as a function of the supply current to the proportional control solenoid.
- Flow regulation load independent.
- Load compensation is achieved by a 2 way pressure compensator which holds, the pressure drop constants across the proportional spool.
- Emergency control.
- Threaded ports or interface for modular valves
- Regulated flow rate until 35 l/min.
- Standard connectors DIN 43650 ISO 4400, AMP Junior and Deutsch
- Cast iron zinc plated body.

**FEATURES**

Max. operating pressure	300 bar
Max. operating pressure ports T (Pressure dynamic allowed for 2 millions of cycles)	250 bar
Regulated flow rate (A / B ports)	up to 35 l/min
Relative duty cycle	Continuous 100% ED
Type of protection (Hirschmann coil)	IP 65
Fluid viscosity	10 ÷ 500 mm <sup>2</sup> /s
Fluid temperature	-20°C ÷ 75° C
Ambient temperature	-20°C ÷ 60°C
Max. contamination level (filter $B_{10} \geq 75$ )	ISO 4406:1999: class 19/17/14 NAS 1638: class 8
Weight with single solenoid	2.38 kg
Weight with double solenoid	2.77 kg

Solenoid	@ 9Vdc	@ 12Vdc	@ 24Vdc
Current supply	PWM (pulse width modulation)		
Max. current solenoid	2.35 A	1.76 A	0.88 A
Solenoid coil resistance at 25°C (77°F)	2.25 Ohm	4.0 Ohm	16.0 Ohm
PWM or superimposed dither frequency	100 ÷ 150 Hz		
Response time			
0 ÷ 100%	32 ms	40 ms	85 ms
100% ÷ 0	33 ms	33 ms	33 ms
Frequency response -3db (input signal 50% ±25% Vmax)	22 Hz	22 Hz	12 Hz

Operating specifications are valid for fluid with 46 mm<sup>2</sup>/s viscosity at 40°C, using the specified Dana Brevini electronic control units. (input voltage = 24V).

**Accessories**

REM.S.RA.**	Card type control for single and double solenoid
REM.D.RA.**	
CEPS...	Electronic amplifier plug version for single solenoid
MAV	Electronic module for integrate control of proportional valves and ON/OFF
JMPEIOM700101	Joystick with standard handle
JMPIUOM700138	Joystick Person present handle
Modular valves	CM3P (page 93) and CM3M (page 95)

**Tab.1 - Mounting**

Code	Symbol
<b>C</b>	
<b>A</b>	
<b>B</b>	

Liite 3. Valmistus kuvia.









