

Opinnäytetyö (AMK)  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Tuotekehitys  
2014

Rami Etholen

# KALLISTINMODUULIN SUUNNITTELU LAKO 5 -SARJAN HARVESTERIPÄÄHÄN



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU  
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka | Tuotekehitys

Joulukuu 2014 | 31 sivua

Ohjaajat

Petri Rautio

Turkka Lastunen

Rami Etholen

## KALLISTINMODUULIN SUUNNITTELU LAKO 5 -SARJAN HARVESTERIPÄÄHÄN

Opinnäytetyön tarkoituksena on suunnitella LAKO 5 -sarjan 85-kokoluokan harvesteripäähän uusi vahvarakenteinen kallistinmoduuli. Kallistimen avulla harvesteripäätä käännetään puun kaato- ja puinti-asennon välillä. Idea ja tarve vahvemman kallistimen kehitykseen tulee asiakkaan tavasta käyttää laitetta tavallisuudesta poikkeavalla tavalla, jossa kallistimeen kohdistuu suuri rasitus. Vahvemman kallistimen toimintaperiaate pohjautuu osittain uuden 2-sarjan harvesteripään kallistimeen. Työssä hyödynnetään myös 5 -sarjan vakiokallistimen rakennetta. Pääpaino uuden kallistimen suunnittelussa on akselirakenteen kestävyys kasvattaminen vaaditulle tasolle heikentämättä laitteen modulaarisia ominaisuuksia. Uuteen rakenteeseen sovitetaan myös kaksi hydraulisylinteriä, joiden avulla saadaan aikaan kallistimen liike.

Työssä selvitetään uuden laitteen toiminnan kannalta tärkeät vaatimukset ja reunaehdot, joiden pohjalta varsinaisen rakenteen suunnittelu voidaan aloittaa. Kallistinmoduulin toiminnan kannalta merkityksellisiä vaatimuksia ovat laitteen geometria, valmistustekniset seikat, yksinkertainen rakenne sekä rakenteen kestävyys. Rajoittavina reunaehtoina ovat ulkoiset mitat sekä tilantarve moduulin asennuksessa.

Osien suunnittelussa ja laitteen toiminnan tutkimisessa käytetään apuna 3D-mallinnusta. Lisäksi rakenteen kriittisten kohtien kestävyys tarkastetaan simuloimalla rasiustilanteet mallinnetuissa osissa. Akselin osalta tulokset tarkistetaan myös laskemalla.

Uudesta kallistinmoduulista valmistettiin prototyyppi normaalia käyttöä varten. Erikoiskäyttötilanteessa uutta moduulia ei opinnäytetyön aikana testattu.

ASIASANAT:

harvesteri, kallistin, akseli, moduuli

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical engineering | Product development

December 2014 | 31 pages

Instructors

Petri Rautio

Turkka Lastunen

Rami Etholen

## DESIGNING A NEW TILT MODULE FOR LAKO 5-SERIES HARVESTER HEAD

The purpose of this thesis was to design a new heavy duty tilt module for the LAKO 5-series 85 size class harvester head. The tilt mechanism is used for turning the harvester head between felling and harvesting positions. The demand for a strengthened tilt mechanism was caused by a customer's uncommon way of using the harvester head, which causes high stress to the structure. The new design was partly based on the new 2-series harvester head tilt mechanism. The 5-series default tilt structure was also used as a basis for the new structure. The main focus was to increase the strength of the tilt unit axle while preserving modular properties of the tilt unit.

The specifications of the new structure acted as a starting point for the new design. Important requirements include geometry, manufacturing techniques, simple and robust structure. Measurements and requirement for space during installation acted as boundary limits.

The parts were designed with 3D-software and a stress analysis for the structure was performed using computer simulation. The strength of the axle module was double-checked using technical calculation.

A prototype of the new tilt module was manufactured for normal use, but never tested in a high stress situation during the thesis.

KEYWORDS:

harvester, tilt, axle, module

# SISÄLTÖ

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>6</b>
<b>2 KALLISTINMODUULI</b>	<b>7</b>
<b>3 UUDEN KALLISTIMEN SUUNNITTELU</b>	<b>11</b>
3.1 Geometria	12
3.1.1 Kallistimen kääntöpiste	12
3.1.2 Sylinterin kiinnityspisteet	13
3.2 Akselimoduuli	14
3.2.1 Akseli	14
3.2.2 Kiinnitin	15
3.3 Rakenteelliset muutokset	17
3.3.1 Kallistimen kaari	17
3.3.2 Harvesteripään runko	19
3.4 Rasiustarkastelu	20
3.4.1 Akselimoduulin kestävyys	20
3.4.2 Kallistimen kaaren kestävyys	22
3.4.3 Sylinterin kiinnityspisteiden kestävyys	23
<b>4 MODULAARISUUS</b>	<b>26</b>
<b>5 HYDRAULIIKKA</b>	<b>28</b>
5.1 Sylinterit	28
5.2 Hydrauliletkut	28
<b>6 YHTEENVETO</b>	<b>30</b>
6.1 Arviointi	30
6.2 Prototyyppi	30
<b>LÄHTEET</b>	<b>31</b>

## LIITTEET

Liite 1. Ovako standardilajit

- Liite 2. Liukulaakeri (D&E Trading)  
 Liite 3. Sylinterin nurjahdus (Hydoring)  
 Liite 4. LAKO 85 esite

## KUVAT

Kuva 1. LAKO 85-harvesteripää vakiokallistimella (kallistinmoduuli ympyröity)	7
Kuva 2. Hydraulinen vääntömoottori	8
Kuva 3. Periaatekuva erikoiskäyttötilanteesta	9
Kuva 4. Vakiokallistimen soviteholkki (ympyröity)	11
Kuva 5. Uuden kallistimen kääntöpisteet	12
Kuva 6. Kallistimen liikekaari ja sylinterin pituus	13
Kuva 7. Akselimoduuli	14
Kuva 8. Akseli	15
Kuva 9. Kiinnitin	16
Kuva 10. Vakiokallistimen kaari (vasen) ja uuden kallistimen kaari (oikea)	18
Kuva 11. Ruuvikiristeinen pantaholkki	18
Kuva 12. Modifioitu päärunko	20
Kuva 13. Akselimoduulin rasituskuva (jännityskeskittymät punaisella)	22
Kuva 14. Vakiokallistimen kaaren (vasen) ja uuden kallistimen kaaren (oikea) rasitus (jännityskeskittymät punaisella)	23
Kuva 15. Sylinterin kiinnityslevyn rasitus	24
Kuva 16. Sylinterien hydrauliletkut	29

## TAULUKOT

Taulukko 1. Vaatimuslista	9
---------------------------	---

# 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Lako Forest Oy. Yritys valmistaa ja markkinoi metsäkonealalle koneelliseen hakkuu- ja karsintakäyttöön tarkoitettuja harvesteripäitä ja on alan tunnettu ammattilainen. Vuonna 1980 yhtiö kehitti ensimmäisen karsintalaitteensa, ja kaksi vuotta myöhemmin yhtiö kehitti maailman ensimmäisen vapaasti puuta kaatavan harvesteripään. (Lako Forest Ltd, 2014.)

Lako Forest on vuodesta 2008 keskittynyt vahvasti uuden tuotemalliston suunnitteluun ja kehitykseen. Tämän työn tuloksena on syntynyt uusi 5-sarja sekä vielä uudempi 2-sarja. Keskeinen ajatus uusissa malleissa on modulaarisuus, jolla pyritään tehostamaan ja yhtenäistämään tuotteiden valmistusta. Tämän lisäksi yhtiön kilpailuetua kasvattaa jatkuva tuotekehitys ja kyky vastata asiakkaiden yksilöllisiin tarpeisiin nopeasti ja kokonaisvaltaisesti.

Tämän insinööriyön tavoitteena on suunnitella uusi ja vahvempi kallistinmoduuli (tilttimoduuli) yhtiön tuotemalliston LAKO 85 (5-sarja) kokoluokan harvesteripäähän. Projekti suoritetaan normaalin tuotekehitysprosessin mukaisesti. Asiakastarpeen pohjalta syntyneestä ideasta suoritetaan karkea esitutkimus, josta siirrytään tuotteen suunnitteluun ja dokumentointiin. Suunnittelutyössä hyödynnetään paljon myös kokemusperäistä tietoa, jonka avulla prosessia voidaan yksinkertaistaa kattamaan vain välttämättömät vaiheet. Työssä on tarkoitus käyttää apuna 3D-sovellusta sekä osien suunnittelussa, että rakenteen kestävyuden tutkimisessa.

## 2 KALLISTINMODUULI

Puun kaatotilanteessa harvesteripää saadaan kallistimen (tiltti) avulla käännetyä puun kaatoasentoon, jolloin karsintaveitset ja vetorullat saadaan lukittua puun ympärille. Juurakon lähelle jäävä hydraulinen ketjusaha katkaisee tämän jälkeen puun rungon, jonka jälkeen kallistimella voidaan tarvittaessa avustaa puun kaatoa haluttuun suuntaan. Puun voidaan antaa kaatua myös vapaasti, jolloin sylinterien suuntaventtiili pidetään auki ja sylinterit ovat kellutustilassa. Kaadon jälkeen puu ja harvesteri ovat puintiasennossa, jolloin harvesteripään sivuilla olevien vetorullien avulla runko voidaan vetää karsintaterien läpi ja katkaista halutun mittaisiksi ketjusahan avulla. Harvesteripäällä voidaan suorittaa myös muita toimintoja, kuten rungon kuorinta sekä harvennushakkuu. Kallistimen toimintaperiaate pysyy kuitenkin samana.

Kallistinmoduuli koostuu alustakoneen nosturipuomiin liitettävästä kallistimen kaaresta sekä kaaren varsien välissä olevasta akselista, joka kulkee harvesteripään rungon läpi (kuva 1). Akselirakenne toimii samalla myös kiinnittimenä, jolla moduuli liitetään harvesteripään runkoon.



Kuva 1. LAKO 85-harvesteripää vakiokallistimella (kallistinmoduuli ympyröity)

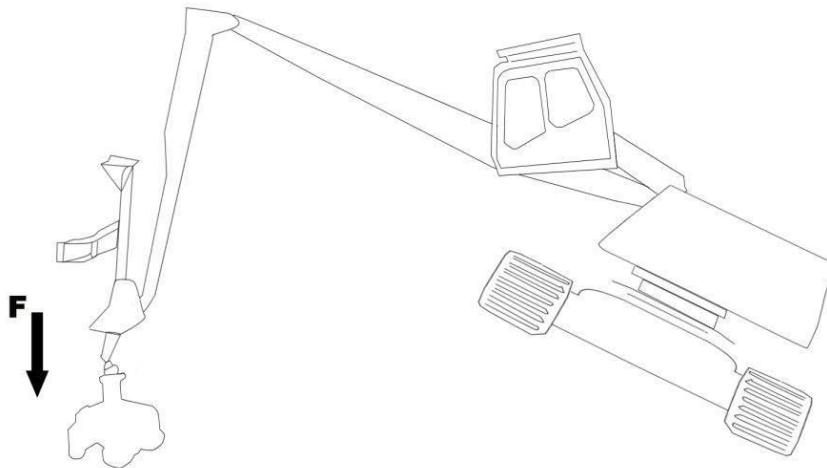
Vakiokallistimen akseli on hydraulinen vääntömoottori, joka kallistaa harvesteripäätä (kuva 2). Uudessa moduulissa vääntömoottori on tarkoitettu korvata vahvemmalla akselirakenteella. Kääntötoiminto toteutetaan kahdella sylinterillä, jotka sijoitetaan kallistimen kaaren varsien sisäpuolelle.



Kuva 2. Hydraulinen vääntömoottori

Vahvempaa kallistinta vaaditaan tilanteessa, jossa harvesterin alustakoneen telojen levitystä avustetaan painamalla koneen nosturipuomin päässä oleva harvesteripää maahan, nostamalla näin alustakoneen toinen tela ylös (kuva 3). Metsäympäristössä maaperä on usein pehmeää ja epätasaista, jolloin telojen levitys on erityisen vaikeaa ilman telan nostoa. Nosturipuomin käyttäminen viivartena aiheuttaa harvesteripään rakenteissa suurta rasitusta levitystoimenpiteen aikana. Kallistin on keskeinen rakenne rasittavan voiman siirtämisessä maahan, ja sen on luotettavasti kestävä sama toimenpide useita kertoja.





Kuva 3. Periaatekuva erikoiskäyttötilanteesta

Esitutkimuksessa perehdyttiin tarkemmin työn lähtökohtiin ja siihen tarpeeseen, jonka pohjalta uuden kallistimen suunnittelu oli välttämätöntä. Aluksi määritettiin uuden kallistinmoduulin toiminnalliset vaatimukset. Vaatimusten pohjalta luotiin vaatimuslista (tuotespesifikaatio), josta selviää myös työn rajoittavat tekijät (taulukko 1). Työn luonteen vuoksi tuotteen peruskonsepti muodostui nopeasti eikä erilaisten ratkaisuvaihtoehtojen punnitseminen ollut tarpeellista.

Taulukko 1. Vaatimuslista

KALLISTINMODUULI, Vaatimuslista	
KV = Kiinteät vaatimukset, VV = Vähimmäisvaatimukset	
KV, VV	Vaatus
	<b>Geometria</b>
KV	Sylinterien (2kpl) lisäys kallistimen kaaren sisälle
KV	Sylinterien iskunpituus hyödynnettävä
KV	Vakiokallistimen kaaren malli sovellettava uuteen rakenteeseen
KV	Harvesterin rungon muutostarve minimoitava
VV	Kallistimen kääntöpisteen parantaminen
VV	Kallistimen liikekaaren tavoitearvo 135°
	<b>Kinematikka</b>
KV	Kallistimen kääntötoiminto toteutettava hydraulisylintereillä
	<b>Voimat</b>

KV	Kallistinmoduulin on kestävä erikoiskäyttötilanteessa syntyvä 250 kN:n staattinen kuorma (suurin sallittu jännitys $\leq 300 \text{ N/mm}^2$ )
	<b>Turvallisuus</b>
KV	Kallistimen kaari oltava lukittavissa huollon aikana
	<b>Energia</b>
KV	Hydraulisylinterit, käyttöpaine 160bar
	<b>Materiaali</b>
KV	Kallistimen kaari: Weldox 700
	<b>Valmistus</b>
KV	Yksinkertainen rakenne
KV	Rakenteen kokoaminen hitsaamalla
KV	Moduulirakenne

### 3 UUDEN KALLISTIMEN SUUNNITTELU

Esitutkimuksessa selvinneiden vaatimusten perusteella luotiin muutamia konsepteja, joiden toimivuus ja toteutusmahdollisuus testattiin 3D-mallinnuksen avulla. Akselirakennetta suunniteltaessa tilanpuute sulki pois rullalaakereita hyödyntävät ratkaisut ja rakenteen kestävyysvaatimukset sulkivat pois päärunkoon liitettäviä sylinterikiinnikkeitä hyödyntävät vaihtoehdot. Lisäksi kiinteät sylinterin kiinnityspaikat olisivat vähentäneet oleellisesti uuden rakenteen modulaarisia ominaisuuksia. Tämän vuoksi rakenne päätettiin toteuttaa liukulaakeroilla akselimoduulilla, joka on tilatehokas ja johon sylinterin kiinnikkeet voidaan helposti kiinnittää.

Suunnittelussa keskityttiin ensisijaisesti vahvistamaan nimenomaan akselirakennetta, jotta vakio-osissa todettuja vauriota ei pääse syntymään. Vakiokallistimen vauriot johtuvat rasituksen aikaisista muodonmuutoksista akselissa ja kaarirakenteessa erikoiskäyttötilanteen aikana. Kaarirakenteessa ei vaurioita ole havaittu, mutta soviteholkin keskiössä olevat kiinnitysruuvit, joilla lukitaan kallistimen kaaren käsivarret akselin päihin, eivät kestä rasitusta ja katkeavat (kuva 4).



Kuva 4. Vakiokallistimen soviteholkki (ympyröity)

### 3.1 Geometria

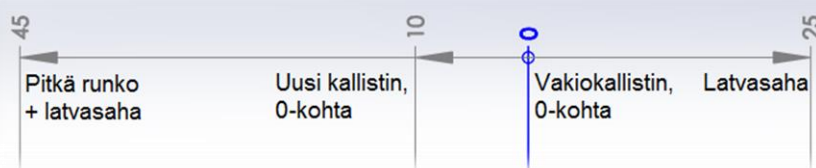
Harvesteripään tasapainopisteen sijainti on laitteen käytön kannalta hyvin tärkeässä roolissa. Kallistimen tehokas käyttö edellyttää hyvin suunniteltua kääntöpisteen sijaintia suhteessa tasapainopisteeseen, jotta laitteen kääntö kaato- ja puintiasentojen välillä on tehokasta.

Kallistimen kaareen ja akseliin liitettyjen sylinterien kiinnityspisteet vaativat myös tarkkaa suunnittelua, jotta kallistimen liikekaari saadaan riittävän suureksi ja sylinterin koko iskunpituus hyödynnettyä tehokkaasti.

Uudessa kallistinrakenteessa pyrittiin löytämään sellaiset pisteet, joiden geometriset suhteet toteuttavat optimaalisesti kallistimelta vaaditun liikeradan.

#### 3.1.1 Kallistimen kääntöpiste

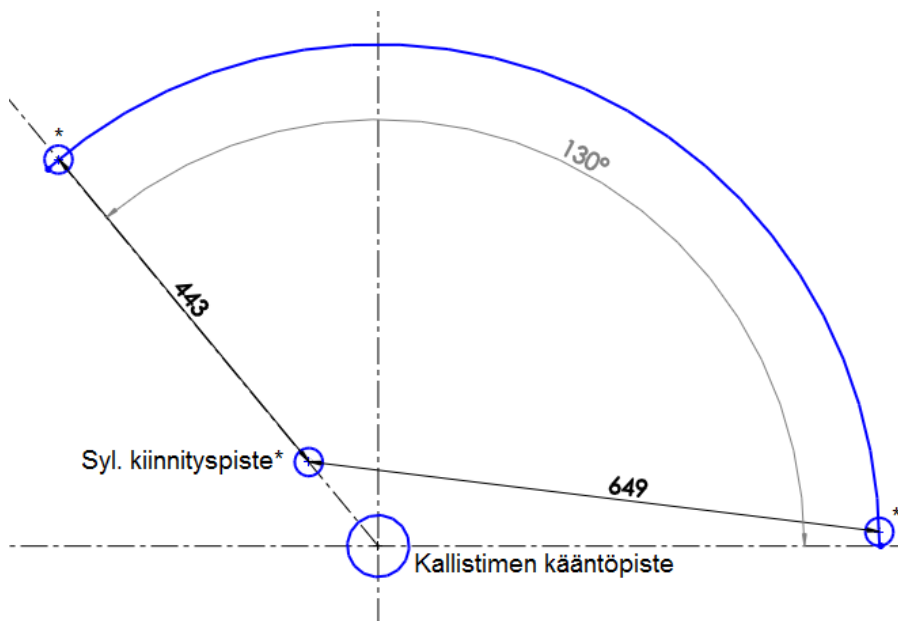
Harvesteripään laitekonfiguraation vaatimukset muuttuvat hakkuuympäristön sekä hakkuun kohteena olevan puun tyyppin mukaan. Eri laitekonfiguraatioilla harvesteripään tasapainopiste siirtyy, minkä vuoksi myös kääntöpiste täytyy olla siirrettävissä. Vakiokallistimen kääntöpisteelle harvesteripään rungon suhteen on olemassa vain kaksi sijaintia, sillä vääntömoottorin koko estää useampien kääntöpisteiden käytön. Uuden kallistimen osalta tutkittiin mahdollisuus parantaa nykyisiä kääntöpisteitä sekä tarvittaessa lisätä niiden määrää. Uudet pisteet toteutettiin lisäämällä kiinnitysreikiä harvesteripään rungon selkälevyyn ja akselimuodulin kiinnittimeen. Tämän johdosta uuden kallistimen 0-kohdan sekä latvasahalla varustetun pitkän rungon kääntöpisteen sijainti parani ja latvasahalla varustetulle lyhyelle rungolle luotiin kokonaan uusi kääntöpiste (kuva 5).



Kuva 5. Uuden kallistimen kääntöpisteet

### 3.1.2 Sylinterin kiinnityspisteet

Vahvemmassa kallistimessa oli tarkoitus käyttää samaa sylinterimallia kuin uudessa 2-sarjan harvesteripäässä. Haasteena oli hyödyntää kyseisen sylinterin iskunpituus mahdollisimman tehokkaasti. Optimaalinen liikekaari kyseisessä harvesterimallissa on vähintään 135 astetta, joka mahdollistaa puun helpon käsittelyn jokaisessa työvaiheessa. Kiinnityspisteet saatiin sijoitettua siten, että sylinterin iskunpituus hyödynnettiin lähes millilleen ja tehokkaaksi liikekaareksi saatiin 130 astetta (kuva 6). Käytetyn sylinterin minimipituus on 437 mm ja maksimipituus 652 mm, jolloin suurin iskunpituus on 215 mm. Sylinterin pohjaaniskun välttämiseksi iskunpituudesta hyödynnettiin vain 206 mm, jättäen pe- livaraa myös rakenteen mittavirheille.



Kuva 6. Kallistimen liikekaari ja sylinterin pituus

Suunnittelussa kiinnitettiin huomiota myös siihen, että kun kallistimen kaari on toiseen suuntaan ääriasennossa ja liikekaari on suurempi kuin 130 astetta, ylittää sylinteri alakuolokohdan. Alakuolokohdassa kallistimen kääntöpiste ja sylinterin kiinnityspisteet ovat samassa linjassa. Kallistin ei pysty palauttamaan har-

vesteripäätä kaatoasentoon, jos sylinteriä käytetään alakuolokohdan väärällä puolella. Sylinterin alakuolokohdan ylittyminen on kuitenkin mahdollista vain hetkellisesti puuta karsittaessa tai raahattaessa sylinterien ollessa kellutustilassa. Tällöin päärungossa olevat kumivaimentimet palauttavat sylinterin 130 asteen liikekaaren sisäpuolelle. Käytännössä todellinen liikekaari on siis vähän yli 130 astetta.

### 3.2 Akselimuoduuli

Uuden moduulin (kuva 7) tilantarvetta rajoittavat tekijät sulki pois useimmat rakennemallit. Tämän vuoksi uuden akselin perusrakenne hahmottui jo työn esitutkimuksessa eikä monien ratkaisuvaihtoehtojen vertailu ollut tarpeellista. Reunaehtojen sanelema rakenne jalostettiin toimivaksi kokonaisuudeksi, jossa vaatimuslistan keskeiset pääkohdat akselin osalta toteutuivat hyvin. Akselimuodulin kestävyys, modulaarisuus, yksinkertaisuus ja helppo valmistettavuus saatiin suunnittelun myötä hyväksyttävälle tasolle.

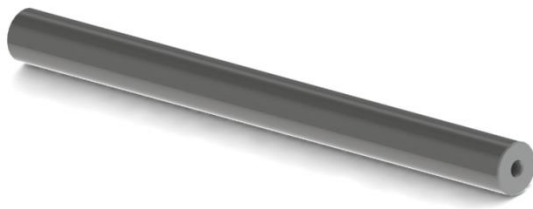


Kuva 7. Akselimuoduuli

#### 3.2.1 Akseli

Kestävyys takaamiseksi ja rasituksen aikaisten muodonmuutoksien minimoimiseksi umpinaisesta terästangosta valmistettu akseli (kuva 8) mitoitettiin

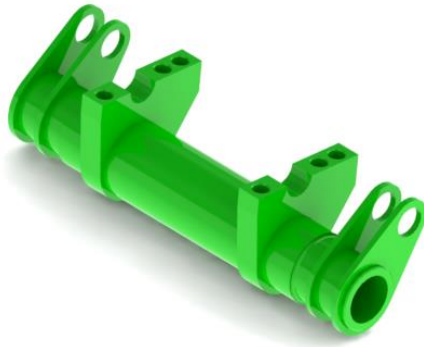
halkaisijaltaan mahdollisimman suureksi. Materiaalina käytettiin Ovako MoC410 -nuorrutusterästä, jota on käytetty myös vanhempien harvesteripäiden akselimateriaalina. Akseliin koneistettiin päätyviisteet asennuksen helpottamiseksi ja asennuksen aikaisten laakerivaurioiden välttämiseksi. Lisäksi akselin pätyihin lisättiin reiät lukituslevyjen kiinnitysruuveille. Lukituslevyt varmistavat kallistimen kaarirakenteen käsivarsien päissä olevien kiristysliitoksien paikallaan pysymisen.



Kuva 8. Akseli

### 3.2.2 Kiinnitin

Kiinnitin (kuva 9) koostuu teräsputkeen ympärähitsaamalla kiinnitetyistä sylinterien kiinnikelevyistä ja varsinaisista kiinnitinlevyistä, joilla moduuli liitetään harvesterin päärunkoon ruuveilla. Teräsputki on standardikokoista Ovako 280 -rakenneterästä. Kiinnittimen muut osat valmistetaan ultralujasta Weldox 700 -rakenneteräksestä, josta valmistetaan myös kallistimen kaari sekä harvesteripään runko. Materiaali soveltuu hyvin harvesteripään osiin helpon työstettävyytensä sekä hitsattavuutensa vuoksi. Kiinnittimen levyosat voidaan helposti poltteleikata levyarkista yrityksen omissa tiloissa.



Kuva 9. Kiinnitin

Akselimoduulin vaatiman tilan minimoimiseksi kiinnittimen läpi kulkevan akselin laakerointi päätettiin toteuttaa liukulaakerilla, joka on yleisesti käytetty laakerityyppi metsäkonealalla. Liukulaakeri kestää suuria kuormia ja soveltuu hyvin kallistimeen, jossa liukunopeudet ovat pieniä ja merkittävin rasituslaji pääasiassa staattista. Laakeriksi valittiin 2 kappaletta pronssisia liukulaakereita (liite 2) (D&E Trading). Liukulaakeria varten kiinnittimen putken päihin koneistetaan laakeripesä ja porataan paikka rasvanipalle. Kestävyyden arvioimiseksi lasketaan laakeriin syntyvä pintapaine:

$$\sigma = ?$$

$$F = \text{yhteen laakeriin kohdistuva voima} = 125000N$$

$$d = \text{laakerin sisähalkaisija} = 70mm$$

$$L = \text{laakerin pituus} = 80mm$$

$$\sigma = \frac{F}{d * L} = \frac{125000N}{70mm * 80mm} = 22,321 \dots \approx 22 N/mm^2$$

Tulosten perusteella laakerin pituus voisi olla huomattavasti lyhyempi, mutta mahdollisten epätasaisten kuormitustilanteiden vaikutusten minimoimiseksi pää-



tettiin käyttää ylimitoitettua laakeria. Tulevaisuudessa laakerikoko on tarvittaessa helppo vaihtaa vähentämällä laakeripesän koneistuksen syvyyttä.

Uuden rakenteen kiinnitysreikiin oli mahdollista lisätä vapaareikä-osuus, jolla lisättiin ruuvin venymäpituutta vähentäen samalla löystymisen riskiä. Muutoin liittämistapa harvesterin päärunkoon on lähes identtinen vakiokallistimen kanssa, joten toimenpiteitä kiinnityksen varmistamiseksi ei vaadittu.

### 3.3 Rakenteelliset muutokset

Koska sylinterit lisätään kallistimen kaaren sisäpuolelle, joudutaan kaarirakennetta leventämään ja akselia pidentämään suhteessa vakiokallistimeen. Maksimirasituksen aikana voiman vaikutussuora on uudessa leveämmässä rakenteessa kauempana tukipisteistä, minkä vuoksi kaarta jouduttiin vahvistamaan. Tämä tehtiin pääasiassa kaarirakenteen osien levypaksuuksia muuttamalla. Uuden akselimuodulin asennuksen mahdollistamiseksi suurennettiin myös harvesteripään rungon kyljessä olevaa reikää.

#### 3.3.1 Kallistimen kaari

Uusi rakenne pohjautuu pääpiirteissään vakiomalliin. Vakiomallia päätettiin käyttää uuden rakenteen pohjana, sillä sen valmistamisesta ja kokoonpanosta on jo kokemusta. Lisäksi liian suuret muutokset rakenteeseen vaikeuttaisivat uuden rakenteen sovittamista harvesterin päärunkoon. Tämä huonontaisi myös rakenteen modulaarisia ominaisuuksia.

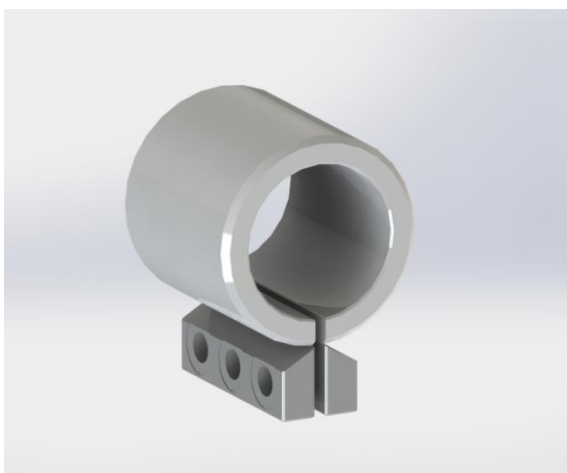
Levennettyä kaarirakennetta vahvistettiin lisäämällä sivulevyihin tukipalat sekä jatkamalla takalevyn rakennetta alaspäin. Näin tukirakenteet saadaan menemään ristiin kaaren varsissa. Tämä jäykistää rakennetta ja estää sylinterien osumisen runkoon rakenteen vääntymisen johdosta käytön aikana. (Kuva 10)



Kuva 10. Vakiokallistimen kaari (vasen) ja uuden kallistimen kaari (oikea)

Sylinterien kiinnitystä varten kallistimen kaaren sivulevyihin hitsataan vahvat holkit, joiden läpi sylinterin kiinnitystappi kulkee. Holkin lisäksi takalevyyn hitsataan laserleikatut tukilevyt varmistamaan kiinnitystappien tuenta.

Vakiokallistimessa kaaren akseliliitos toteutetaan soviteholkilla, joka kiinnitetään ruuveilla sekä kaareen, että hydraulisen vääntömoottorin akselin päihin. Uudessa rakenteessa liitos päätettiin toteuttaa kiristysliitoksella (kuva 11). Liitoksen ei tarvitse siirtää vääntömomenttia ja rasituksen ollessa lähinnä staattista, on ruuvikiristeinen pantaholkki halkaistulla navalla yksinkertainen ja kestävä liitostapa.

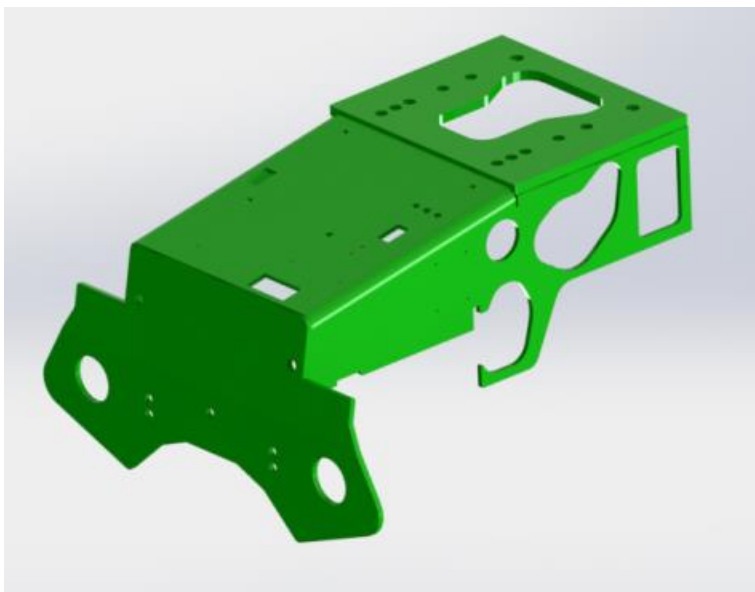


Kuva 11. Ruuvikiristeinen pantaholkki

### 3.3.2 Harvesteripään runko

Harvesteripään päärunkoon (kuva 12) jouduttiin tekemään pieniä muutoksia, jotta uuden akselimoduulin asentaminen ja käyttö on mahdollista. Merkittävin muutos koskee rungon kyljessä oleva reikää, jonka läpi akselimoduuli kulkee. Kiinnittimessä olevat kiinteät sylinterin kiinnityslevyt vaativat suurennetun reiän, jotta kiinnittimen pujottaminen rungon läpi on mahdollista. Toisen kyljen reikä on jo riittävän suuri, sillä sitä kautta asennetaan myös vakiokallistimen akseli (vääntömoottori). Reiän suurennus vaikuttaa päärungon kestävyys, mutta vaikutus on vähäinen ja huomattavissa vain suurilla rasituksilla pienenä jännityksen nousuna reikää ympäröivissä rakenteissa. Rasitus ei noussut missään kriittisessä epäjatkuvuuskohdassa huolestuttavasti, joten rungon oletetaan kestävä.

Rungon keulalevyä ja selkälevyä jouduttiin myös muokkaamaan uuden kallistimoduulin rakenteen vuoksi. Keulalevy toimii kallistimen kaaren stopparina harvesteripään ollessa kaatoasennossa. Näin ollen levennetyn kaarirakenteen myötä myös osa keulalevystä vaati leventämistä. Selkälevyn muutokset rajoittuvat kiinnitysreikien lisäämiseen, joiden avulla lisättiin kääntöpisteiden määrää. Nämä muutokset eivät kuitenkaan vaikuta rakenteen kestävyys.



Kuva 12. Modifioitu päärunko

### 3.4 Rasitustarkastelu

Esitutkimuksessa määriteltyä sallittua maksimijännitystä ( $\sigma_{\text{sall}} = 300 \text{ N/mm}^2$ ) käytettiin ohjearvona rakenteen osien rasitusta tutkittaessa. Akselimoduulin kiinnittimen putken osalta laskettiin sallitulla jännityksellä minimihalkaisija. Näin saatiin varmistus rasitussimulaation tuloksille. Kaarirakenteen osalta suoritettiin rasitusvertailu vakiomallin kaarirakenteeseen. Vertailun tuloksiin pohjautuen uuden rakenteen heikkoja kohtia vahvistettiin, kunnes kestävyys oli riittävällä tasolla. Sylinterien kiinnitysten kestävyys akselimoduulilla tarkistettiin pelkistämällä rasitustilanne kappaletasolle (kiinnityslevy).

#### 3.4.1 Akselimoduulin kestävyys

Akselille kohdistuva rasitus pelkistettiin staattiseksi taivutusrasitukseksi. Kun tiedetään taivutusmomentti ja sallittu jännitys, voidaan alustavasti selvittää minimihalkaisija kiinnittimen putkelle. Kallistimen kaarirakenne siirtää kokonaisrasituksen akselin kumpaankin päähän, joten voimakomponentti voidaan jakaa

kahdella ja vipuvarren pituutena käyttää voiman vaikutussuoran etäisyyttä tukipisteestä (kiinnittimen kiinnitinlevy). Lasketaan taivutusmomentti:

$$M_t = F * L$$

$$F = \text{voima akselilla} = 125000N$$

$$L = \text{voiman vipuvarsi} = 0,180m$$

$$M_t = F * L = 125000N * 0,180m = 22500Nm$$

Lasketaan riittävä halkaisija. Sisä- ja ulkohalkaisijan suhde perustuu esivalitun standardikokoisen teräsputken mittoihin. Kaavan mukaan (Koneen osien suunnittelu s.327):

$$D = \sqrt[3]{\frac{32M_t}{\pi\sigma_{sall}(1 - \alpha^4)}}$$

$$D = ?$$

$$M_t = 22500Nm = 22500000Nmm$$

$$\sigma_{sall} = \text{sallittu taivutusjännitys} = 300N/mm^2$$

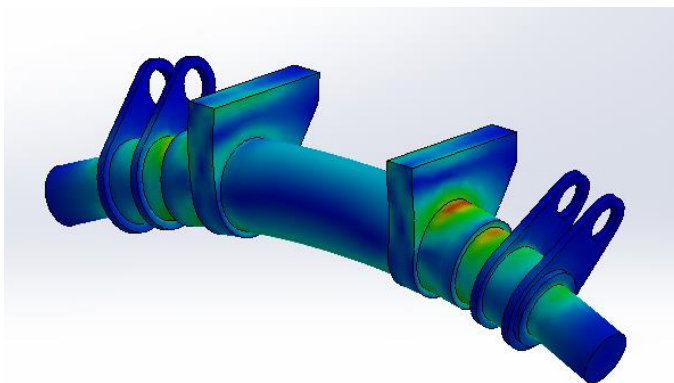
$$\alpha = \text{akselin sisä- ja ulkohalkaisijan suhde} = \frac{71,30mm}{112mm} = 0,636 \dots \approx 0,64$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{32 * 22500000Nmm}{\pi * 300N/mm^2(1 - 0,64^4)}} = 97,025 \dots \approx 97mm$$

Tavoiteltu kestävyys saavutettaisiin 97 mm:n ulkohalkaisijalla, mutta tulosten ollessa vain suuntaa antavia, kiinnitin päätettiin valmistaa esivalitusta 112 mm:n

halkaisijan putkesta. Suuremmalla putkikoolla voidaan vähentää hitsauksen aiheuttamaa rakenteen heikkenemisen vaikutusta kriittisessä rasitusasteessa, kasvattaa sylinterien kiinnityksen kestävyyttä ja jäykistää rakennetta. Vahvemman akselin pienempi taipuma vähentää myös liukulaakerin vaurioitumisen riskiä.

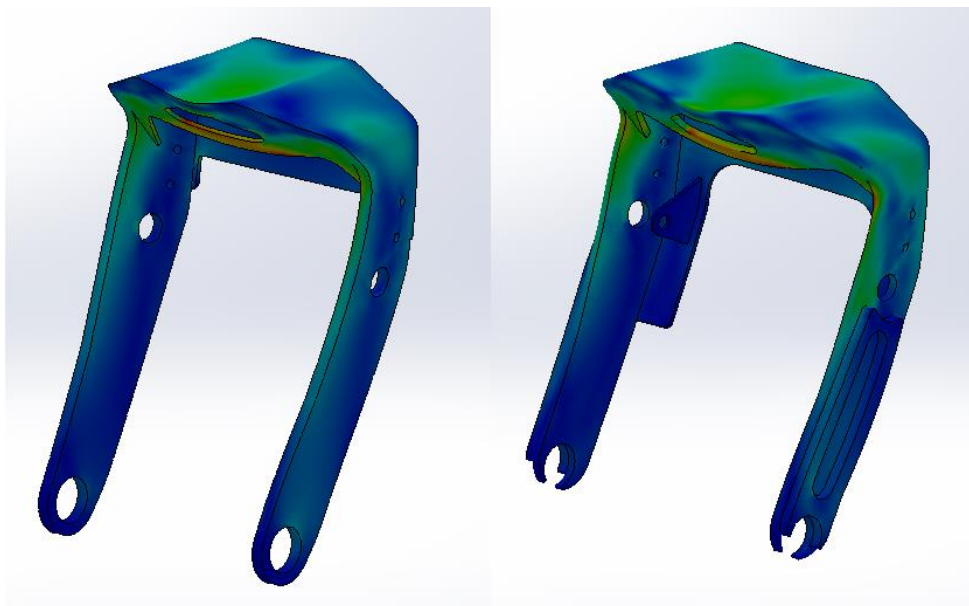
Vertailun vuoksi tutkittiin rasisimulaatiolla lopullisen akselimuodulirakenteen jännityskeskittymät kuormitustilanteen aikana. Rasittavan voiman ollessa 250 kN on suurin jännitys rakenteessa noin 295 N/mm<sup>2</sup> (kuva 13). Arvo ei ylitä suurinta sallittua jännitystä, joten rakenteen kestävyys on hyväksyttävällä tasolla.



Kuva 13. Akselimuodulin rasisimulaatio (jännityskeskittymät punaisella)

#### 3.4.2 Kallistimen kaaren kestävyys

Kallistimen kaaren kestävyden tarkastelun lähtökohtana oli vertailu vakiokallistimen ja uuden rakenteen välillä. Vakiomallinen kaarirakenne ei ole erikoiskäyttötilanteen aikana milloinkaan vaurioitunut, joten sen kestävyystasoa oli hyvä käyttää vertailukohtana määritettäessä uuden rakenteen kestävyysvaatimuksia. Kumpaakin rakennetta rasitettiin 250 kN:n voimalla samasta suunnasta erikoiskäyttötilanteen mukaisesti. Vakiokallistimen kaareissa jännitys oli noin 480 N/mm<sup>2</sup> ja uudessa kallistimen kaareissa noin 340 N/mm<sup>2</sup> (kuva 14).



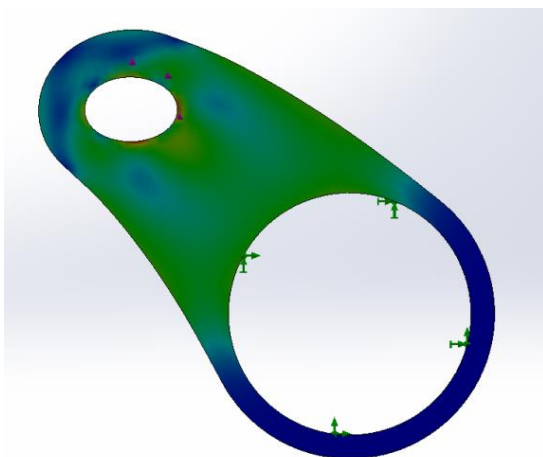
Kuva 14. Vakiokallistimen kaaren (vasen) ja uuden kallistimen kaaren (oikea) rasitus (jännityskeskittymät punaisella)

Uudessa rakenteessa sallittu jännitys ylittyi, mutta koska jännityskeskittymät eivät olleet hitsausseamien alueella ja varmuusluku materiaalin (Weldox 700) myötölujuuden suhteen on yli kaksi, päätettiin rakenne hyväksyä. Jännityskeskittymä ilmenee pääosin kallistimen kaaren etulevyssä, joten kasvattamalla etulevyn paksuutta saadaan aikaan pieni parannus kestävyudessa. Mikäli kestävyyttä halutaan edelleen parantaa, vaatisi se kallistimen kokonaisvaltaisempaa uudelleensuunnittelua ja muotoilua sekä harvesterin rungon rakenteen muokkaamista modulaarisuuden kustannuksella. Ongelmana on siis kallistimen kaaren yläpään muotoilu, joka toimii vakiokallistimessa moitteettomasti, mutta ei ole optimaalinen suuren kuorman vastaanottamiseen.

### 3.4.3 Sylinterin kiinnityspisteiden kestävyys

Kallistimen sylinterien käyttöpaine on 160 baaria. Kyseisellä käyttöpaineella kallistimessa käytetyn sylinterin tuottama maksimivoima plusliikkeellä on noin 50kN. Sylinterin kiinnityslevyt teräsputkella mitoitettiin riittävän suureksi kestämään maksimivoima ja mahdolliset sylinterin liikettä estävät sysäykset käytön aikana. Sylinterin kiinnityslevyä rasiettiin simulaatiossa sellaisen asennon mu-

kaan, jolloin sylinterin voiman vaikutussuora on kauimpana kiinnityslevyn kiinnityspisteestä eli voiman momentti on suurimmillaan. Sylinterin männänvarrenpään kiinnityslevyjä on kaksi per sylinteri, joten yhteen kiinnityslevyyn kohdistuu noin 25 kN:n voima. Maksimijännitys kiinnityslevyssä tällä kuormalla on noin 175 N/mm<sup>2</sup> (kuva 15). Tulosten perusteella voitiin todeta kiinnityslevyn kestävyys.



Kuva 15. Sylinterin kiinnityslevyn rasitus

Kallistimen kaaren sivulevyissä oleva sylinterin kiinnityspiste (kiinnitysholkki) mitoitettiin siten, että rasitus ei pääse kasvamaan yli sallitun rajan sylintereitä käytettäessä. Samankaltaisesta kiinnityksestä oli jo kokemusta, joten kestävyys voitiin todeta kokemukseen perustuen. Kallistimen kaaren takalevyyn lisättiin kuitenkin tukilevy sylinterin kiinnitystapille. Näin saatiin tuettua kiinnitystappi sylinterin korvan kummallakin puolella. Ilman tukilevyä kiinnityspisteen rasitusta voidaan tarkastella sylinterin kiinnitystappiin kohdistuvana leikkausjännityksenä. Vertailun vuoksi lasketaan kiinnitystapissa ilmenevä leikkausjännitys:

$$\tau = ?$$

$$F = \text{sylinterin tuottama voima} = 50000N$$

$$r = \text{sylinterin kiinnitystapin poikkileikkauksen säde} = 16mm$$



$$\tau = \frac{F}{\pi r^2} = \frac{50000N}{\pi(16mm)^2} = 62,201 \dots \approx 62N/mm^2$$

Jännityslajin ollessa leikkausjännitystä, on sallittua vertailujännitystä korjattava sopivalla kertoimella. Jännityslajin likiarvoinen vaikutus vertailujännitykseen (Koneen osien suunnittelu s.18):

$$\tau_{sall} = 0,8 \sigma_{sall} = 0,8 * 300N/mm^2 = 240N/mm^2$$

Kiinnitystapissa ilmenevä rasituksen aikainen leikkausjännitys on sallittuun jännitykseen verrattuna niin pieni, että sylinterin kiinnityksen kestävyys voidaan todeta olevan riittävä ilman tukilevyäkin. Rakenteen kestävyys haluttiin kuitenkin saada mahdollisimman monella osa-alueella luotettavaksi, joten tukilevy päätettiin sisällyttää lopulliseen rakenteeseen.

## 4 MODULAARISUUS

Modulaarinen suunnittelu jakaa tuotekokonaisuuden pienempiin osakokonaisuuksiin eli moduuleihin, jotka voidaan helposti irrottaa päärakenteesta. Tuotteen kokonaisrakenteen hahmottaminen helpottuu ja yksittäisten osien tuotekehitys tai uudelleensuunnittelu on helpompaa. Tuotteen ominaisuuksia voidaan muuttaa kokoamalla tuote tarpeeseen soveltuvista moduuleista. Rakenteen yksittäiset osat ovat yleensä jossain määrin riippuvaisia koko tuotteen rakenteesta, joten suunnittelun helpottuminen ei ole itsestäänselvyys. Tuotekehityksen periaatteiden soveltaminen on kuitenkin kätevämpää, kun kohteena on koko tuotteen sijasta yksittäinen osa tai moduuli.

LAKO harvesteripäiden 5 -sarjan kehityksen ydinajatuksena on alusta alkaen ollut modulaarisuus. Samalla runkorakenteella voidaan toteuttaa lähes mikä tahansa laitekonfiguraatio asiakkaan tarpeiden mukaan. Käytännössä harvesteripään ominaisuuksia voidaan helposti muuttaa hakkuun kohteena olevan puunkoon ja laadun mukaisiksi. Modulaarinen suunnittelu myös yksinkertaistaa ja tehostaa varaosien logistiikkaa, yhtenäistää harvesteripäiden valmistusmyötäisyyttä ja luo hyvät edellytykset järjestelmälliselle tuotekehitykselle.

Uuden kallistimen kehittäminen perustuu modulaariseen suunnitteluun. Koska vakiokallistin on itsenäinen osakokonaisuus, oli helpompaa aloittaa uuden osan suunnittelu samalta rajapinnalta suhteessa päärunkoon. Uuden kallistimen rakenteen voidaan myös ajatella koostuvan moduuleista, joiden keskinäinen riippuvuus on kiinteämpi. Monien kallistimen osien mittasuhteita voidaan vapaasti muuttaa tarvittaessa, minkä vuoksi uutta rakennetta voidaan käyttää pohjana esimerkiksi normaalikäyttöön soveltuvan kallistimen suunnittelussa.

Uudessa kallistinmoduulissa pyrittiin mahdollisuuksien mukaan käyttämään sellaisia osia, jotka ovat jo käytössä muissa harvesteripäissä tai joiden valmistaminen onnistuu helposti yrityksen tiloissa. Suunnittelun myötä onnistuttiin hyödyntämään seuraavia seikkoja:

- Kallistimen hydraulisylinterit samat kuin 2-sarjassa
- Sylinterien männänvarrenpään kiinnitystapit samat kuin 2-sarjassa
- Sylinteripään kiinnitystappia voi hyödyntää merkkusainetankin kiinnityksessä kallistimen kaareen
- Kallistimen kaari perustuu vakiokallistimen rakenteeseen, joten valmistaminen onnistuu yrityksen tiloissa ja kokoaminen on tuttua
- Kallistimen kaaren akseliliitos (pantaholkki) voidaan valmistaa yrityksen tiloissa
- Kiinnittimen kiinnitinlevyt ja sylinterien kiinnityslevyt voidaan valmistaa yrityksen tiloissa
- Kiinnittimen kiinnitysruuvit samat kuin vakiokallistimessa
- Kallistimen kaaren sisällä olevan voiteluöljytankin täyttöaukon suurennus
- Kallistimen kääntöpisteen sijainnin optimointi ja uusien kääntöpisteiden luominen

## 5 HYDRAULIIKKA

Harvesteripään hydraulikkaa käytetään venttiililohkon avulla, joka sijaitsee harvesteripäässä. Venttiililohkoa ohjataan sähköisesti tietokonepohjaisella ohjausjärjestelmällä. Samaa venttiililohkoa käytetään useissa yrityksen harvesteripäämalleissa, joten liitännät uusille sylintereille olivat jo lohossa valmiina. Tästä johtuen hydraulikan suunnittelu rajoittui pääasiassa letkutuksen suunnitteluun.

### 5.1 Sylinterit

Kallistimessa käytettävä hydraulisylinteri on Hydoringin valmistama kaksitoiminen erikoissylinteri HDS 63/36-215. Tekniset tiedot:

- $L_{min} = 437 \text{ mm}$  /  $L_{max} = 652 \text{ mm}$  (Iskunpituus = 215 mm)
- Käyttöpaine kallistimessa 16 Mpa (160 bar)
- Sylinterin sisähalkaisija 63 mm
- Männänvarren halkaisija 36 mm
- Hydraulisynterinin kummassakin päässä on nivellaakerointi

Tietojen perusteella sylinterille suoritettiin nurjahdustarkastelu valmistajan ohjeen mukaisesti (liite 3). Liitteessä olevan taulukon mukaan tarkasteltavan sylinterin nurjahduspituus annetuilla arvoilla on yli 0,8 m, joten nurjahdus ei ole mahdollista.

### 5.2 Hydrauliletkut

Kallistimen kaaren sisäpuolella olevien sylintereiden hydrauliletkut (4 kpl) on mahdollista viedä harvesteripään sisällä olevalle venttiililohkolle kahdella eri tavalla.

- Letkut voidaan vetää kallistimen kaaren sisäpuolta pitkin kaaren yläpäähän ja yläpäässä olevasta letkublokista lähtevien letkujen mukana venttiililohkolle.

Tämä ratkaisu suojaa letkut hyvin, mutta letkujen pituus kasvaa huomattavasti, mikä on epäedullista hydraulisen hyötysuhteen kannalta. Lisäksi materiaalikustannukset kasvavat ja letkujen vaihto on hankalaa.

- Toinen tapa on viedä letkut akselimoduulilla olevien sylinterin kiinnikelevyjen välin kautta harvesterin päärungon sisään. Tässä ratkaisussa kiinnikelevyjen välistä menevä letkuosuus suojataan muovisella suojaspiraalilla. Tässä ratkaisussa letkujen pituus säilyy kohtuullisena ja vaihto on helpompaa.

Prototyypissä letkut päätettiin viedä sylinterin kiinnikelevyjen välin kautta päärungon sisään ja siitä edelleen venttiililohkolle (kuva 16). Ratkaisu toimii luotettavasti prototyypin käyttökokemusten perusteella.



Kuva 16. Sylinterien hydrauliletkut

## 6 YHTEENVETO

### 6.1 Arviointi

Työn aloitusvaiheessa asetettujen tavoitteiden perusteella onnistuttiin suunnittelemaan teknisesti toimiva vahvarakenteinen kallistinmoduuli, jossa asetetut tavoitteet toteutuvat hyvin. Insinööriyön tuloksena Lako Forestin 5 -sarjan tuotemalliston ominaisuuksia saatiin laajennettua ja näin paremmin vastaamaan asiakkaiden tarpeita.

Alkuperäisen tuotteen modulaariset ominaisuudet saatiin säilytettyä hyvin rajaamalla muutostarve uuteen kallistinmoduuliin. Suunnittelun myötä harvesteripään perusrakenteeseen ei tarvitse tehdä sellaisia muutoksia, jotka olisivat mahdottomia tai tuotteen laadun kannalta epäedullisia. Tarvittaessa vahvennettu kallistinta käyttävään harvesteripäähän voidaan myös helposti vaihtaa vakiokallistin.

### 6.2 Prototyyppi

Uudesta kallistimesta valmistettiin prototyyppi, joka on ollut normaalikäytössä vuodesta 2012 ja toiminut hyvin. Tämän opinnäytetyön tekoaikana ei erikoiskäyttötilannetta laitteella testattu.

## LÄHTEET

Airila, M., Ekman, K., Hautala, P., Kivioja, S., Kleimola, M., Martikka, H., Miittinen, J., Niemi, E., Ranta, A., Rinkinen, J., Salonen, P., Verho, A., Vilenius, M. & Välimaa, V. 2010. Koneen osien suunnittelu. 4.-5. painos. Helsinki, WSOYpro Oy

Välimaa, V., Kankkunen, M., Lagerroos, O., Lehtinen, M. 1994. Tuotekehitys: asiakastarpeesta tuotteeksi. Helsinki, Painatuskeskus

Lako Forest Oy Ltd, 2014. Yritysesittely. Viitattu 9.11.2014  
<http://www.lakoforest.fi/>

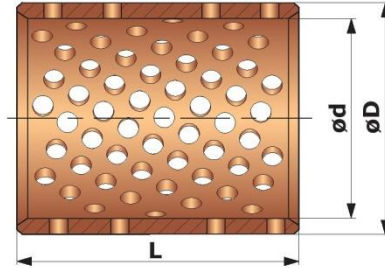
STANDARDILAJIT Nimelliskoostumus									
EN 10027-1 mukainen nimike	Ovakon tuotenimike	C %	Si %	Mn %	S % max.	Cr %	Mo %	Ni %	Muu seosaine
<b>Hiiletysteräkset</b>									
20NiCrMo2-2		0.21	0.28	0.80	0.035	0.50	0.20	0.60	
18CrNi8-6	225	0.18	0.30	0.85	0.030	1.90	0.55		
13NiCrMo14-6	245	0.13	0.25	0.50	0.025	1.50	0.08	3.50	
22NiCrMo11-5	253	0.22	0.28	0.50	0.030	1.30	0.24	2.80	
18NiCrMo14	255	0.17	0.28	0.60	0.005	1.50	0.20	3.50	
16CrCrMoNiV9-5-2	277	0.16	0.15	1.30	0.002	2.20	0.50	0.50	V
16MnCr55		0.17	0.20	1.20	0.040	1.00			
20MnCr55		0.20	0.30	1.30	0.040	1.20			
18CrNiMo7-6		0.18	0.30	0.70	0.035	1.70	0.3	1.55	
<b>Rakenneteräkset</b>									
19MnV56	280	0.19	0.38	1.50	0.035	0.20	0.10		V
38MnV56	482	0.38	0.43	1.30	0.030	0.10	0.10		V
S355J2	Imatra 520	0.17	0.25	1.20	0.030				V
S355J2C+C	Imatra 550	0.14	0.35	1.20	0.040				V
S450N	SB450	0.18	0.35	1.40	0.035				V
S500N	SB500	0.18	0.40	1.50	0.035				V
S600N	SB600	0.23	0.40	1.50	0.035				V
S355J05	Hydax 15	0.16	0.25	1.20	0.120				V
S355J052	Hydax 25	0.22	0.25	1.20	0.150				
<b>Nuorutusteräkset</b>									
C45R	Imatra 4	0.45	0.25	0.70	0.040				
25CrMo4	MoC 210	0.25	0.30	0.75	0.040	1.00	0.20		
42CrMo4	MoC 410	0.43	0.30	0.70	0.035	1.10	0.25		
34CrNiMo6	MoCN 315	0.34	0.30	0.70	0.035	1.50	0.20		
30CrNiMo8		0.30	0.30	0.50	0.035	2.00	0.40	1.50	
24CrMo13-5	420G	0.24	0.30	0.50	0.025	3.30	0.50	2.00	
49MoCrNi10-4-2	495	0.49	0.30	0.80	0.020	1.10	0.95		
50CrMo4	528	0.53	0.30	0.80	0.050	1.10	0.20	0.50	Nb
6Cr16	Imacro M	0.06	0.30	1.00	0.035	4.00			B
20MnB4	SB21M10B	0.21	0.30	1.00	0.035	0.20			B
24MnB4	SB24M13B	0.24	0.30	1.30	0.035	0.20			B
27MnB4	SB27M12B	0.27	0.30	1.20	0.035	0.20			B
27MnCrB5-2	SB27M12CB	0.27	0.30	1.20	0.035	0.50			B
30MnB5	SB30M12CB	0.30	0.30	1.30	0.030	0.50			V
51CrV4		0.52	0.30	1.00	0.025	1.10			V
52CrMoV4		0.53	0.30	1.00	0.025	1.10	0.20		
61SiCr7		0.61	1.80	0.90	0.025	0.30			
56Si7		0.56	1.80	0.80	0.025				
<b>Nitrausteräkset</b>									
8CrMo16	Imacro NIT	0.08	0.30	1.00	0.035	4.00	0.5		V
20CrMoV5-7	Imanite M	0.20	0.30	0.65	0.035	1.30	0.75		
18MoCr6-8	225	0.18	0.30	0.90	0.030	1.90	0.55		
<b>Kuulaakeriteräkset</b>									
67CrSi4	677	0.67	1.50	1.50	0.002	1.10	0.25		
100Cr6	803	0.98	0.30	0.30	0.015	1.50	0.04		
100CrMo7	824	0.97	0.30	0.30	0.015	1.80	0.20		
100CrMnMo7	825	0.99	0.30	0.70	0.015	1.80	0.28		
100CrMn6	837	0.99	0.60	1.10	0.008	1.50	0.05		

Useimmat hiiletys-, nuorutus-, tyytety- ja rakenneteräkset voidaan toimittaa M- käsiteltynä laastavuuden parantamiseksi. Kaikki kuulaakeri- ja useimmat hiiletys-, nuorutus- ja tyytetyteräkset voidaan toimittaa korkeammassa puhtausluokassa (BQ, PBQ ja IQ).



## Data Sheet Slide Bearing • WB802

### Dimension programme WB802



Code	Designation	d	D	L
220060	15/ 17x 15 WB802	15	17	15
220065	15/ 17x 25 WB802	15	17	25
220070	16/ 18x 15 WB802	16	18	15
220075	16/ 18x 20 WB802	16	18	20
220080	16/ 18x 25 WB802	16	18	25
220085	18/ 21x 15 WB802	18	21	15
220090	18/ 21x 20 WB802	18	21	20
220095	18/ 21x 25 WB802	18	21	25
220100	20/ 23x 15 WB802	20	23	15
220105	20/ 23x 20 WB802	20	23	20
220110	20/ 23x 25 WB802	20	23	25
220115	20/ 23x 30 WB802	20	23	30
220120	22/ 25x 15 WB802	22	25	15
220125	22/ 25x 20 WB802	22	25	20
220130	22/ 25x 25 WB802	22	25	25
220135	22/ 25x 30 WB802	22	25	30
220137	25/ 28x 15 WB802	25	28	15
220140	25/ 28x 20 WB802	25	28	20
220145	25/ 28x 25 WB802	25	28	25
220150	25/ 28x 30 WB802	25	28	30
220160	25/ 28x 50 WB802	25	28	50
220165	28/ 31x 15 WB802	28	31	15
220170	28/ 31x 25 WB802	28	31	25
220175	28/ 31x 30 WB802	28	31	30
220180	30/ 34x 20 WB802	30	34	20
220183	30/ 34x 25 WB802	30	34	25
220190	30/ 34x 30 WB802	30	34	30
220195	30/ 34x 40 WB802	30	34	40
220200	32/ 36x 20 WB802	32	36	20
220205	32/ 36x 30 WB802	32	36	30
220210	32/ 36x 40 WB802	32	36	40
220220	35/ 39x 20 WB802	35	39	20
220235	35/ 39x 30 WB802	35	39	30
220240	35/ 39x 40 WB802	35	39	40
220245	35/ 39x 50 WB802	35	39	50
220260	40/ 44x 20 WB802	40	44	20
220262	40/ 44x 25 WB802	40	44	25
220265	40/ 44x 30 WB802	40	44	30
220275	40/ 44x 40 WB802	40	44	40
220285	40/ 44x 50 WB802	40	44	50
220295	45/ 50x 20 WB802	45	50	20
220300	45/ 50x 30 WB802	45	50	30
220302	45/ 50x 40 WB802	45	50	40
220310	45/ 50x 50 WB802	45	50	50
220315	45/ 50x 60 WB802	45	50	60
220320	50/ 55x 25 WB802	50	55	25
220325	50/ 55x 30 WB802	50	55	30
220335	50/ 55x 40 WB802	50	55	40
220337	50/ 55x 50 WB802	50	55	50
220340	50/ 55x 60 WB802	50	55	60
220345	55/ 60x 40 WB802	55	60	40
220350	55/ 60x 60 WB802	55	60	60
220358	60/ 65x 25 WB802	60	65	25
220360	60/ 65x 30 WB802	60	65	30
220364	60/ 65x 35 WB802	60	65	35
220365	60/ 65x 40 WB802	60	65	40
220375	60/ 65x 45 WB802	60	65	45

Code	Designation	d	D	L
220377	60/ 65x 50 WB802	60	65	50
220380	60/ 65x 60 WB802	60	65	60
220390	60/ 65x 70 WB802	60	65	70
220405	65/ 70x 40 WB802	65	70	40
220410	65/ 70x 60 WB802	65	70	60
220420	70/ 75x 40 WB802	70	75	40
220425	70/ 75x 45 WB802	70	75	45
220427	70/ 75x 50 WB802	70	75	50
220430	70/ 75x 60 WB802	70	75	60
220435	70/ 75x 80 WB802	70	75	80
220445	75/ 80x 40 WB802	75	80	40
220450	75/ 80x 80 WB802	75	80	80
220454	80/ 85x 30 WB802	80	85	30
220455	80/ 85x 40 WB802	80	85	40
220460	80/ 85x 60 WB802	80	85	60
220465	80/ 85x 80 WB802	80	85	80
220475	85/ 90x 40 WB802	85	90	40
220480	85/ 90x 80 WB802	85	90	80
220495	90/ 95x 40 WB802	90	95	40
220497	90/ 95x 50 WB802	90	95	50
220500	90/ 95x 60 WB802	90	95	60
220505	90/ 95x 90 WB802	90	95	90
220508	90/ 95x 70 WB802	90	95	70
220514	100/ 105x 40 WB802	100	105	40
220515	100/ 105x 50 WB802	100	105	50
220520	100/ 105x 60 WB802	100	105	60
220522	100/ 105x 70 WB802	100	105	70
220525	100/ 105x 95 WB802	100	105	95
220535	110/ 115x 50 WB802	110	115	50
220540	110/ 115x 95 WB802	110	115	95
220542	120/ 125x 25 WB802	120	125	25
220550	120/ 125x 50 WB802	120	125	50
220555	120/ 125x 95 WB802	120	125	95
220565	125/ 130x 100 WB802	125	130	100
220570	130/ 135x 60 WB802	130	135	60
220575	130/ 135x 100 WB802	130	135	100
220578	140/ 145x 50 WB802	140	145	50
220580	140/ 145x 60 WB802	140	145	60
220585	140/ 145x 100 WB802	140	145	100
220603	150/ 155x 45 WB802	150	155	45
220605	150/ 155x 60 WB802	150	155	60
220610	150/ 155x 100 WB802	150	155	100
220615	160/ 165x 60 WB802	160	165	60
220620	160/ 165x 100 WB802	160	165	100
220635	170/ 175x 60 WB802	170	175	60
220640	170/ 175x 100 WB802	170	175	100
220641	175/ 180x 50 WB802	175	180	50
220643	180/ 185x 45 WB802	180	185	45
220645	180/ 185x 60 WB802	180	185	60
220655	180/ 185x 100 WB802	180	185	100
220657	185/ 190x 100 WB802	185	190	100
220660	190/ 195x 60 WB802	190	195	60
220665	190/ 195x 100 WB802	190	195	100
220670	200/ 205x 60 WB802	200	205	60
220675	200/ 205x 100 WB802	200	205	100
220694	230/ 235x 70 WB802	230	235	70
2207151	250/ 255x 100 WB802	250	255	100
220730	300/ 305x 90 WB802	300	305	90

Other dimensions and designs can be supplied on request.  
All measures in mm.

**Sylinterin vakavuus:****The column strength of cylinder:**

Työntävän sylinterin männänvarsi pitää tarkastella nurjahduksen suhteen. Nurjahduksen lisäksi on harkittava sylinterin vakavuutta. Pitkää sylinteri ei saa taipua sivusuunnassa. Se aiheuttaisi varren ja männän ohjaimien rikkoutumisen ja sylinterin ennen aikaisen tuhoutumisen.

Sylinteriä taivuttavaa sivuttaiskuormitusta aiheuttavat:

- sylinteriin kohdistuvat ulkoiset voimat
- sylinterin ja painevälilaineen paino
- kiihtyvyyss- ja hidastuvuusvoimat
- asento- ja asennusvirheet
- laitteen rungon muodonmuutokset

Pitkäiskuiselle sylinterille saadaan riittävä vakavuus rajoittamalla iskua eli kasvattamalla männän ja varren ohjaimien pienintä välimatkaa.

**Yleinen käytäntö, jota HYDORING OY:kin suosittaa, on, että jokaista yhden metrin iskunpituuden ylittävää, alkavaa iskunpituuden metriä kohti, lisätään rajoitinta 100 mm:llä.**

Käytäntö on suuntaa antava ja on huomattava, että esimerkiksi pystyasentoinen tai vetävä sylinteri ei ole samalla tavoin kriittinen kuin makaava ja työntävä sylinteri. Huomaa, että rajoittimen käyttö lisää sylinterin pituutta.

The selection of a cylinder for thrust conditions requires a buckling analysis. Besides buckling you have to consider the column strength of the cylinder. Not even a long-stroke cylinder may bend sideways. That would cause the damage of the piston and rod guides and the premature destruction of the cylinder.

The reasons for bending side-loads are:

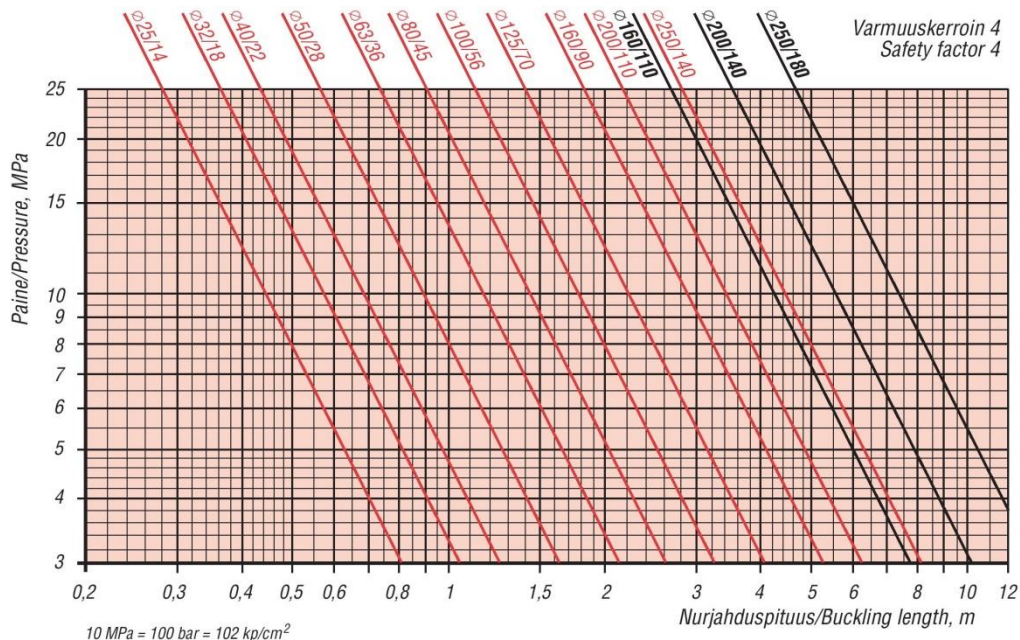
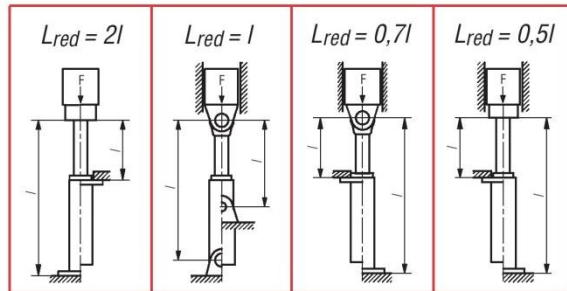
- external forces
- The weights of cylinder and fluid
- acceleration and deceleration forces
- misalignment of cylinder
- transformations of device frame

The sufficient column strength for a long-stroke cylinder is achieved by increasing the minimum distance between piston and rod guides with stopper. **General practice, which also HYDORING OY recommends, is, that each beginning metre of stroke length of more than one metre requires an addition of stopper length of 100 mm.** This is only a rule of thumb and you have to remark, that for instance an upright or pulling cylinder is not critical in the same way as laying and pushing one. Notice, that the stopper makes the cylinder longer.

**Nurjahdus:****Buckling:**

1. Määrittele sylinterikoko, työpaine sekä sylinterin ja varren kiinnitystapa.
2. Etsi oikeanpuoleisesta kaaviosta valitsemaasi kiinnitystapaa vastaava sylinterin redusoitu pituus  $L_{red}$ .
3. Tarkasta diagrammista, että  $L_{red}$  on pienempi kuin sylinterin nurjahduspituus työpaineella.

1. Determine cylinder size, working pressure and the type of cylinder mounting and rod end connection.
2. Consult the chart on the right and find the reduced length  $L_{red}$  of the cylinder that corresponds to the conditions used.
3. Study the diagram to see, that  $L_{red}$  is shorter than the buckling length of the cylinder at the working pressure.





# LAKO<sup>®</sup> 85



LAKO 85 is the lightest and most capable harvesting head in its class of large harvesters. It is available with 3 or 4 moving delimiting knives and powerful piston feed motors. A suitable base machine is a tracked machine or also a large wheeled harvester. Optional top saw for high quality timber and a robust 3/4 butt saw unit.

#### FEEDING SYSTEM

Tree handling capacity  
Feeding speed  
Feeding force

#### Synchronised 3 roller drive

( mm ) 50-750  
( m/s ) 0-6  
( kN ) 23-45

#### DIMENSIONS AND WEIGHT

Weight of the head  
Length of the head  
Width head open  
Height tilt down/tilt up

#### Standard version

( kg ) 1675  
( mm ) 1600  
( mm ) 1850  
( mm ) 2200 / 1700

#### FELLING AND CUTTING

Pitch of saw chain  
Chain speed  
Saw bar size  
Cross cutting diameter

#### Hydraulic chain saw

( inch ) 0.404 (3/4)  
( m/s ) 42 (35)  
( cm ) 80-100 (101)  
( mm ) 850 (850)

#### HYDRAULIC SYSTEM

Required hydraulic flow  
Operating pressure  
Hydraulic power need

#### Constant pressure or LS

( L/min ) 220-350  
( bar ) 250-310  
( kW ) 80-170

#### DELIMITING

Delimiting diameter

#### Proportionally controlled

( mm ) 50-600

#### COMPUTER SYSTEM

CAN BUS system, voltage

( V ) 24



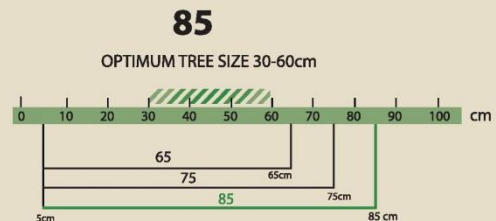
24-42 tn



24-42 tn



7-15m  
200-350 kNm



#### LAKO FOREST OY LTD

Merimaskuntie 752, 21160 MERIMASKU (NAANTALI), FINLAND

Tel: +358 2 433 6080, Fax: +358 2 436 9165

lako@lakoforest.fi, www.lakoforest.fi