

YKSIOTEHARVESTERIPÄÄN MUUTTAMINEN YHDISTELMÄKOURAKSI

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikka
Tuotantopainotteisen mekatroniikan koulutus-
ohjelma
Opinnäytetyö
Kevät 2006
Juha Suutarinen

Lahden ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

SUUTARINEN, JUHA: Yksioteharvesteripään muuttaminen yhdistelmäkouraksi

Tuotantopainotteisen mekatroniikan opinnäytetyö, 25 sivua, 2 liitesivua

Kevät 2006

TIIVISTELMÄ

Tämä opinnäytetyö tehtiin AFM-Forest Oy:lle kevään 2006 aikana. Tavoitteena oli kehittää AFM 60 -yksioteharvesteripäästä kahmareilla varustettu yhdistelmäkoura, jolla voidaan kaataa, karsia, pätkiä sekä kuormata puutavaraa. Yhdistelmäkouran toiminnalle ja fyysisille mitoille asetettiin vaatimukset, jotka kouran tuli täyttää. Opinnäytetyö käsitti eri vaihtoehtojen tutkimisen, muutoksien suunnittelun sekä osakuvien piirtämisen parhaasta toteutusvaihtoehdosta. Tehtävänä oli myös tutkia, kuinka kahmarin käytöstä saadaan sujuvaa.

Suunniteltavan yhdistelmäkouran on tarkoitus toimia osana puuta jalostavaa koneketjua, jossa sen tehtävänä on suorittaa puun karsimis- ja pätkimisvaiheet sekä puutavaran nippuunkasausvaihe. Nykyään työvaiheet tehdään kahdella erillisellä koneella, mutta asiakkaan tavoitteena on lisätä kustannustehokkuutta ja suorittaa työvaiheet yhdellä koneella.

Opinnäytetyössä tutkitaan ja vertaillaan yhdistelmäkouran rakenteellisia toteutusvaihtoehtoja sekä valitaan tarkoitukseen parhaiten sopiva malli. Suunnittelu- vaiheessa muokataan tarvittavat komponentit yhdistelmäkouran vaatimuksia vastaaviksi ja suunnitellaan kuormaukseen vaadittavat komponentit. Projektin hydrauliiikkasuunnittelu käsittää kahmareita liikuttavan hydrauliikkasynterinin mitoituksen. Työn tuloksena syntyneiden piirustusten pohjalta yhdistelmäkoura on mahdollista ottaa tuotantoon. Opinnäytetyön liitteenä on esitetty periaatekuvia yhdistelmäkouran rakenteista.

Suunnittelun lopputuloksena syntynyt yhdistelmäkoura vastaa hyvin asetettuja tavoitteita ja vaatimuksia. Yksinkertaisen rakenteen ansiosta koneen käyttövarmuus ja huollettavuus säilyi entisenlaisena ja mallikohtaisten komponenttien lukumäärä pysyi melko vähäisenä. Runkorakenteen pysyminen entisenlaisena mahdollistaa käytössä olevien AFM 60 yksioteharvesteripäiden päivittämisen yhdistelmäkouraksi asiakkaiden niin toivoessa. Tämä lisää osaltaan tuotteen markkinointia ja kilpailukykyä.

Asiasanat: yhdistelmäkoura, harvesteri, mekaniikkasuunnittelu, hydrauliiikka

Lahti University of Applied Sciences
Faculty of Technology

SUUTARINEN, JUHA: Conversion of Single grip harvesting head into combi head

Bachelor`s Thesis in Mechatronics, 25 pages, 2 appendices

Spring 2006

ABSTRACT

This study was made for AFM-Forest Ltd during the spring of 2006. AFM-Forest Ltd manufactures single grip harvesting heads for all kinds of base machines to the worldwide markets. The aim of this study was to develop a combi head which is based on an AFM 60 single grip harvesting head. The combi head must be capable of operating as a timber processor and as a grapple. There were also certain physical requirements that the combi head had to meet. The study consisted of research and development work of different types of combi heads, and also making drawings for the type of head that was found most feasible.

The combi head which is the result of this study was planned to operate as a part of a machine group. The function of the head is to process timber and to carry out loading. Nowadays the operations are made with two separate machines, but customer want to make the process more cost-effective and accomplish the operation with one combi head.

The mechanical design was made on AutoCad and SolidWorks programs. Some hydraulic designing was also included. The principle drawings of the combi head are included as an appendix.

The result of the study meets the requirements that were placed at the beginning of the work. Due to the simple construction, the reliability and serviceability of the combi head are good and the amount of individual components is small. The fact that the frame of the combi head is similar to the frame of the AFM 60 harvester head makes it possible to update the existing AFM 60 heads to a combi head. This fact increases the competitiveness and the markets of the product.

Keywords: combi head, harvester, mechanical design, hydraulics

KÄYTETYT MERKINNÄT

A	Pinta-ala [cm ²]
d	Ympyrän halkaisija [cm]
E	Kimmokerroin [N/m ²]
F	Voima [N]
F _n	Nurjahdusvoima [N]
I	Vääntöneliömomentti [m ⁴]
L	Redusoitu pituus [m]
M	Momentti [Nm]
n	Varmuuskerroin
p	Paine [bar]
r	Momentin varsi [m]

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
1.1 AFM-Forest Oy	1
1.2 Opinnäytetyön tavoitteet.....	1
1.3 Aikataulu.....	2
2 PROJEKTIN KUVAUS	2
2.1 Tehtävän kuvaus	2
2.2 Yhdistelmäkouran etuja	3
2.3. Projektin lähtökohdat.....	4
3 ESISUUNNITTELU.....	8
3.1 Taustatiedon kerääminen	8
3.2 Vaihtoehtojen vertailu	8
3.3 Vaihtoehtojen sopivuus omaan sovellukseen	12
3.3.1 Erilliset kahmarit	12
3.3.2 Rullarunkoihin integroidut kahmarit	13
3.3.3 Karsintaveitsiin integroidut kahmarit.....	15
3.4 Vaihtoehdon valinta.....	15
3.5 Ohjauksen tutkiminen.....	16
4 SUUNNITTELU.....	17
4.1 Kuvien piirtäminen	17
4.1.1 Rullarungot ja kahmarit	18
4.1.2 Karsintaveitset	19
4.1.3 Vakaajatanko	20
4.2 Hydrauliiikkasynterinin mitoitus	20
5 YHTEENVETO.....	23
LÄHTEET	24
LIITTEET	25

1 JOHDANTO

1.1 AFM-Forest Oy

AFM-Forest Oy on Jyväskylässä toimiva metsäkoneiden harvesteripäitä suunnitteleva ja valmistava yritys. Yritys on perustettu vuonna 1993, ja sen palveluksessa on noin 10 työntekijää. Tuotteista yli 90 % menee vientiin, ja yrityksellä on maailmanlaajuinen jälleenmyynti- ja huoltoverkosto. (AFM-Forest Oy 2006.)

Yrityksellä on vankka osaaminen alallaan, ja sen tuotteet on suunniteltu kestävämmän vaativissa olosuhteissa. Yrityksen valmistamia harvesteripäitä on käytössä niin arktisissa metsissä kuin trooppisilla viljelmilläkin. Harvesteripäät voidaan asentaa erityyppisiin alustakoneisiin ja niillä voidaan käsitellä sekä havu- että lehtipuita. Yrityksen erikoisosaamista ovat kaivinkoneisiin asennettavat harvesteripäät sekä eukalyptuspuun kuorimiseen kehitetyt kourat. Tuotteet räätälöidään tarvittaessa asiakkaan tarpeiden mukaisiksi. Yritys tarjoaa asiakkailleen myös teknisen tuen palvelut sekä varaosapalvelut. (AFM-Forest Oy 2006.)

Yritys suunnittelee tuotteensa itse, ja myös tuotteiden loppukokoonpano sekä testaus tapahtuvat Jyväskylässä sijaitsevassa toimipisteessä. Kaikki harvesteripäiden komponentit ostetaan alihankintana muista yrityksistä. Suuri osa tuotteiden markkinoinnista ja myynnistä on jälleenmyyjien vastuulla.

1.2 Opinnäytetyön tavoitteet

Opinnäytetyöntöyön tavoitteena on kehittää AFM 60 -yksioteharvesteripäästä kahmareilla varustettu yhdistelmäkoura. Kouralla on pystyttävä kaatamaan, prosessoimaan, kasaamaan nippuun sekä kuormaamaan puuta. Puut on pystyttävä poimimaan maasta tai pinosta sekä yksitellen että usean rungon nipuissa. Yhdistelmäkouran runkorakenteen toivotaan pysyvän pääosiltaan samanlaisena kuin AFM 60 -harvesteripään runko ja mallikohtaisien komponenttien lukumäärä pyritään pitämään vähäisenä. Työ kattaa eri toteutusvaihtoehtojen tutkimisen sekä yhdistelmäkouran suunnittelun. Lisäksi tutkitaan, saadaanko kahmarin käytöstä sujuvampaa muuttamalla hydraulista ohjausta. Työn tuloksena syntyvien osa- ja kokoonpanopiirustusten pohjalta yhdistelmäkoura on mahdollista ottaa tuotantoon.

1.3 Aikataulu

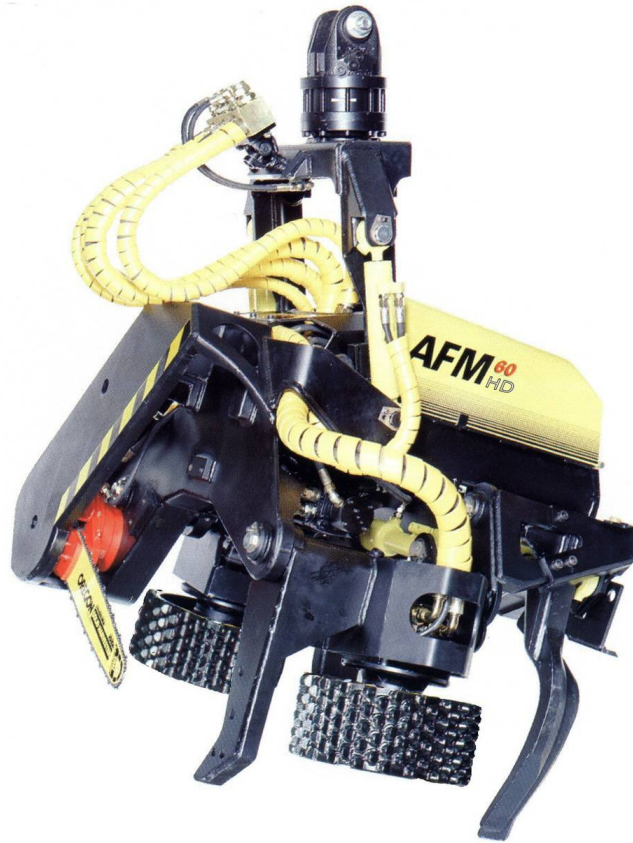
Opinnäytetyö tehtiin kevään 2006 aikana. Projekti aloitettiin tammikuussa 2006, jolloin määriteltiin työn tavoitteet ja rajattiin aihe sekä suunniteltiin työn aikataulu. Suunnitteluprojektin tuli olla valmis huhtikuun puoliväliin mennessä. Esisuunnittelu valmistui helmikuussa, ja päätös toteutettavasta vaihtoehdosta tehtiin helmikuun lopussa. Komponenttien yksityiskohtainen suunnittelu tapahtui maalisi- ja huhtikuun aikana. Valmis yhdistelmäkoura on tarkoitus toimittaa asiakkaalle kesän 2006 aikana.

2 PROJEKTIN KUVAUS

2.1 Tehtävän kuvaus

Tehtäväni on kehittää ja suunnitella AFM 60 -yksioteharvesteripäästä kahmareilla varustettu yhdistelmäkoura, jolla puutavara saadaan kaadettua, karsittua, pätkittyä ja kasattua nippuun. Projekti käsittää eri vaihtoehtojen tutkimisen ja vertailun sekä tarvittavien muutosten yksityiskohtaisen suunnittelun. Parhaasta vaihtoehdosta tuotetaan osa- ja kokoonpanopiirustukset, joiden pohjalta yhdistelmäkoura on mahdollista ottaa tuotantoon. Lisäksi tehtävänä on tutkia, onko kahmarin käyttöä mahdollista helpottaa hydraulisella ohjauksella tai muilla keinoin.

Yhdistelmäkouran runkorakenteen toivotaan pysyvän pääosiltaan samanlaisena kuin AFM 60:n runko. Muutokset saavat lisätä kouran massaa noin 200 kg, jolloin yhdistelmäkouran kokonaispainoksi saa tulla noin 1650 kg. Kahmarin tarttumapinta-alan tulee olla noin 0,40 m². Yhdistelmäkouralla on pystyttävä poimimaan maasta ja pinosta puunrunkoja sekä prosessoimaan ne. Kouran on sovelluttava halkaisijaltaan 50 – 500 mm paksuille puille. Kuviossa 1 on esitetty projektin lähtökohtana toimiva AFM 60 -yksioteharvesteripää.



KUVIO 1. AFM 60 -yksioteharvesteripää (AFM-Forest Oy 2006)

2.2 Yhdistelmäkouran etuja

Yhdistelmäkouralla puun kaato, prosessointi, nippuun kasaus sekä kuormaus sujuvat tehokkaasti. Yhdistelmäkouraan on yhdistetty yksioteharvesterinpään ja puutavarakouran ominaisuuksia, ja sillä voidaan alustakoneen tyypistä riippuen hoitaa puun korjuu pystystä tienvarteen. Myös kuormaus onnistuu samalla kouralla.

Tarve yhdistelmäkouran kehittämiseksi on lähtöisin yrityksen asiakkailta. Työtapojen ja menetelmien kehittyminen sekä koveneva kilpailu on luonut tarpeen taloudellisempaan puunkorjuuseen kykenevälle laitteelle. Tehokkaimmillaan yhdistelmäkone korvaa kaksi konetta, hakkuukoneen ja kuormatraktorin.

Perinteisessä pohjoismaisessa puunkorjuuketjussa toimii hakkuukone sekä kuormatraktori. Puu kaadetaan, karsitaan ja sahataan hakkuukoneella määrämittaansa jo hakkuupaikalla. Hakkuupaikalta puut kuljetetaan kuormatraktorilla tienvarsivarrastolle. Yhdistelmäkoneella saadaan tehtyä molempien koneiden työt. Tyypillisesti yhdistelmäkoneella hakatut puut kasataan ensin pinoihin samalla tavalla kuin hakkuukoneellakin. Puutavaran teon jälkeen puut kuormataan yhdistelmäkouralla koneen kuormatilaan ja kuljetetaan tienvarteen. Yhdistelmäkoneen tyypistä riippuen koneella on myös mahdollista valmistaa puutavara suoraan kuormatilaan. Tällöin puun katkaisusahausta tehdään niin, että karsittu puu tipahtaa suoraan kuormatilaan. Kyseisellä menetelmällä erillinen kuormausvaihe jää kokonaan pois, jolloin työn tuottavuutta on mahdollista parantaa. (Uusitalo 2003, 83-85)

2.3. Projektin lähtökohdat

AFM-Forest Oy:n yhdistelmäkouran kehitystarve perustuu Japanissa käytössä olevaan puunkorjuumenetelmään. Maaperän koostumuksen sekä maaston jyrkkyyden takia kohdealueella ei voida suorittaa hakkuuta raskailla koneilla maastovaurioiden välttämiseksi ja koneiden liikkuminen metsässä on pyritty minimoimaan. Menetelmässä puut kaadetaan rinteiltä erillisellä koneella, josta ne kuljetetaan kokorunkoina tienvarteen prosessointia varten.

Asiakkaan koneketjut koostuvat tällä hetkellä neljästä koneesta, joilla puutavaran valmistus tehdään. Puiden kaataminen tapahtuu 16 tonnia painavalla kaivurilla, johon on asennettu 15 metriä pitkä teleskooppipuomi sekä 400 kg painava kaatopää. Pitkän puomin ansiosta koneella saadaan kaadettua puita etäältä, jolloin itse kaivinkoneen liikkuminen vähenee. Kaivinkone on varustettu leveillä teloilla, jotta maastoon kohdistuva pintapaine olisi mahdollisimman pieni. Kaadetut puut kuljetetaan metsästä vaijerijuontomenetelmällä tienvarteen ja kasataan kasoiksi puun prosessointipaikalle. Työvaihe tehdään kevyeen puskutraktoriin asennetun vaijerijuontovinssin avulla, ja puiden kasaus tapahtuu puskutraktorilla työntäen. Puiden karsinta ja määrämittoihin pätkiminen tapahtuu AFM 60 -harvesteripäällä, joka on asennettu 16 tonnia painavaan kaivinkoneeseen. Viimeisenä laitteena koneketjussa on 16 tonnia painava kaivinkone, johon on asennettu puutavarakoura. Tällä koneella tapahtuu puutavaran kasaus nippuihin sekä tarvittaessa kuormaus

puunkuljetusautoihin. Kuvio 2 esittää asiakkaan puutavaran prosessointi- ja nippuunkasausvaihetta.



KUVIO 2. Puunkorjuuta Japanissa (AFM-Forest Oy 2006)

Asiakkaan tavoitteena on tehdä puunjalostusprosessi taloudellisemmin yhdistämällä puun prosessointi ja kuormausvaiheet. Työvaiheet on tarkoitettu suorittamaan yhdellä kaivinkoneeseen asennetulla yhdistelmäkuralla. Konekannan vähentyessä päästään eroon yhden koneen aiheuttamista kuljetus- ja käyttökustannuksista, jolloin työn tuottavuus paranee. Opinnäytetyön tuloksena syntynyt yhdistelmäkoura on tarkoitettu asentamaan 16 tonnia painavaan kaivinkoneeseen, ja se korvaa käyttöön otettuaan sekä harvesteripään että puutavarakouran.

Yhdistelmäkouran hankinnan kannattavuutta tarkasteltiin karkean investointilaskelman avulla. Laskelmassa verrataan asiakkaan nykyisen kaluston kaltaisen konekannan hankintaa vaihtoehtoon, jossa asiakas ostaa kaivinkoneeseen asennetun yhdistelmäkouran. Laskelman lähtökohtana on, että koneiden käyttöaika on 5 vuotta ja koneen käyttöaste on 10 tuntia vuorokaudessa. Työtä tehdään 200 päivänä vuodessa. Työstä noin 50 % on puutavaran lastausta.

Hakkuukone tuottaa puuta keskimäärin 20 m^3 tunnissa. Vuositasolla tämä tarkoittaa noin $40\,000 \text{ m}^3$:n kapasiteettia. Lastauksen ja nippuun kasauksen hoitavan kuormauskoneen vuosittaiset kulut kyseisellä kapasiteetilla ovat noin 80 000 €. Kulut sisältävät koneen käyttökustannukset, ylläpitokustannukset sekä kuljetuksista ja palkoista koostuvat kulut.

Yhdistelmäkouran töistä noin 50 % koostuu kuormauksesta. Loput työstä on hakkuukoneen työtä. Jotta yhdistelmäkouralla päästään samaan kapasiteettiin kuin hakkuukoneella ja lastaajalla, on sillä tehtävä 50 % enemmän töitä. Yhdistelmäkouran kulut ovat verrattavissa tavallisen hakkuukoneen kuluihin, jotka ovat hie-man kuormauskoneen kuluja suuremmat. Yhdistelmäkouraa käyttämällä säästetään osa toisen koneen käyttö-, ylläpito- ja kuljetuskustannuksista, jolloin voidaan karkeasti laskea, että syntyvä säästö on 50 % kuormauskoneen kuluista. Viiden vuoden käyttöajalla säästöä syntyy 200 000 €. Lisäksi säästöä syntyy koneen hankinnassa. Yhdistelmäkoneen ja nykyisen kaltaisen kaluston arvon menetystä on vertailtu taulukossa 1.

TAULUKKO 1. Kalustomenot eri kalustokokoonpanoilla

Yhdistelmäkoneen hankinta	
Hankintakustannus	
Kaivinkone	150 000 €
Yhdistelmäkoura	85 000 €
Yhteensä	235 000 €
Pitoaika	5 vuotta
Jäännösarvo	
Kaivinkone	60 000 €
Yhdistelmäkoura	15 000 €
Yhteensä	75 000 €
Arvon menetys	160 000 €
Nykyisen kaltaisen kaluston hankinta	
Hankintakustannukset	
Hakkuukone	
Kaivinkone	150 000 €
Harvesteripää	70 000 €
Yhteensä	220 000 €
Lastauskone	
Kaivinkone	150 000 €
Puutavarakoura	2 x 20 000€
Yhteensä	190 000 €
Hankintakustannukset yhteensä	410 000 €
Pitoaika	5 vuotta
Jäännösarvo	
Kaivinkoneet (2kpl)	120 000 €
Harvesteripää	15 000 €
Puutavarakoura	0 €
Yhteensä	135 000 €
Arvon menetys	275 000 €
Kalustomenoissa säästetään	115 000 €

Puutavarakouran käyttöikä 2,5 vuotta

Taulukosta nähdään, että konekannan arvon menetyksen myötä yhdistelmäkoneen tuottama säästö on 115 000 € viiden vuoden käyttöajalla. Kaiken kaikkiaan yhdistelmäkouran hankinnalla syntyy säästöä 315 000 € viidessä vuodessa, kun otetaan huomioon koneiden arvon menetys sekä kuluista syntynyt säästö.

Laskelmien perusteella voidaan päätellä, että yhdistelmäkouran hankinta on kannattavaa ja se tuo asiakkaalle säästöä.

3 ESISUUNNITTELU

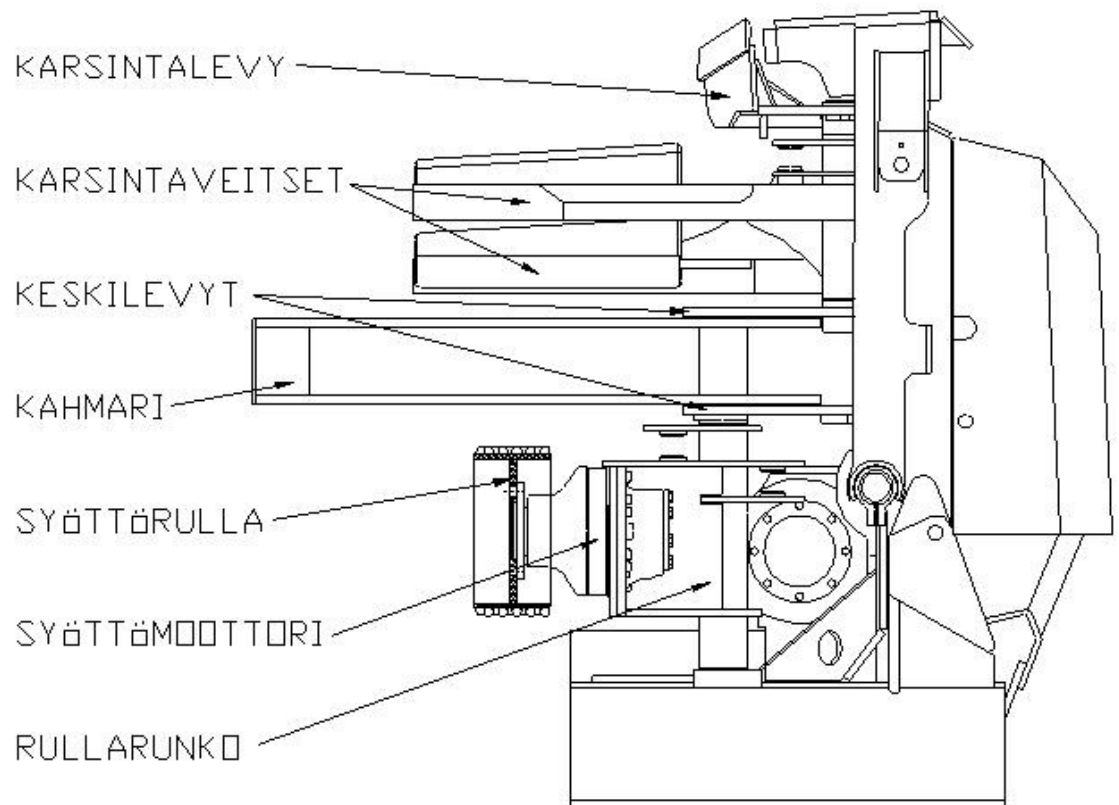
3.1 Taustatiedon kerääminen

Opinnäytetyön tekeminen alkoi projektin eri osa-alueiden kartoittamisesta sekä yhdistelmäkouran vaatimusten määrittämisestä. Keskustelin yrityksessä opinnäytetyön ohjaajan kanssa yhdistelmäkouran mittoihin ja toimintaan liittyvistä vaatimuksista, jotka täytyy huomioida suunnitteluvaiheessa. Tutkin eri toteutusvaihtoehtoja tutustumalla markkinoilla oleviin yhdistelmäkouriin sekä niiden rakenneratkaisuihin. Perehdyin myös aiheeseen liittyvään kirjallisuuteen sekä tutustuin asiakkaan puunkorjuumenetelmään.

3.2 Vaihtoehtojen vertailu

Markkinoilla olevista yhdistelmäkouramalleista erottui kolme eri rakennevaihtoehtomallia, jotka päätettiin ottaa lähemmän tarkastelun kohteeksi.

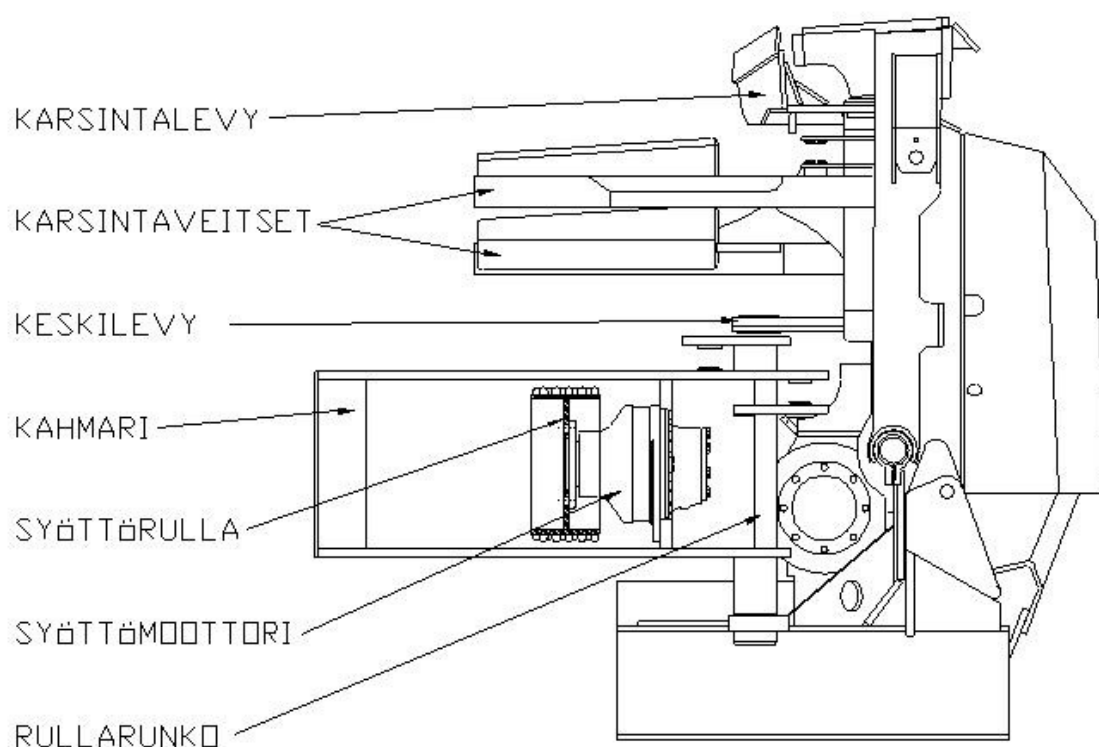
Ensimmäisessä rakennemallissa kahmarit on rakennettu erilliseksi kokonaisuudeksi syöttörullien ja karsintaveitsien väliin. Kahmareilla on oma akselointinsa, ja niiden liikuttelu tapahtuu erillisellä hydraulikkasyylinterillä. Kyseisen rakennemallin periaatekuva on esitetty kuviossa 3.



KUVIO 3. Periaatekuva erillisillä kahmareilla toteutettavasta yhdistelmäkourasta

Erillisen kahmarin haittapuolena on ylimääräisen vakaajatangon ja hydraulikkasyylinterin tarve, ja näin ollen kahmarille on oltava myös erillinen suuntaventtiili sekä hydraulikkaletkut. Lisäksi erillinen kahmari vaatii oman akselointinsa ja laakerointinsa. Kaikki nämä kasvattavat yhdistelmäkouran massaa. Toiminnan ja käytön kannalta erillinen kahmari on kuitenkin toimiva. Puun karsinta ja syöttäminen sujuu normaalin harvesterin tavoin, koska veitset ja syöttölaitteet vastaavat harvesteripään komponentteja. Lisäksi kahmarit pysyvät poissa tieltä prosessoinnin aikana, eikä syöttöhäiriöitä synny. Kuormaaminen erillisillä kahmareilla sujuu myös kätevästi, eikä puu takertele esimerkiksi syöttörulliin.

Toinen toteutusvaihtoehto on integroida kahmarit rullarunkoihin. Ideana rullarunkoon integroimisessa on, että syöttörullat jäävät ikään kuin kahmareiden sisäpuolelle. Rullat ulkonevat kahmareista sen verran, että puun syöttäminen on mahdollista. Kuormattaessa puu liikuu kahmareita pitkin syöttörullien väliin. Toteutus ei vaadi kahmareille erillistä sylinteriä eikä vakaajatankoa, vaan liikuttelu tapahtuu rullarunkojen avulla. Periaatekuva rullarunkoihin integroiduilla kahmareilla varustetusta yhdistelmäkurasta on esitetty kuviossa 4.

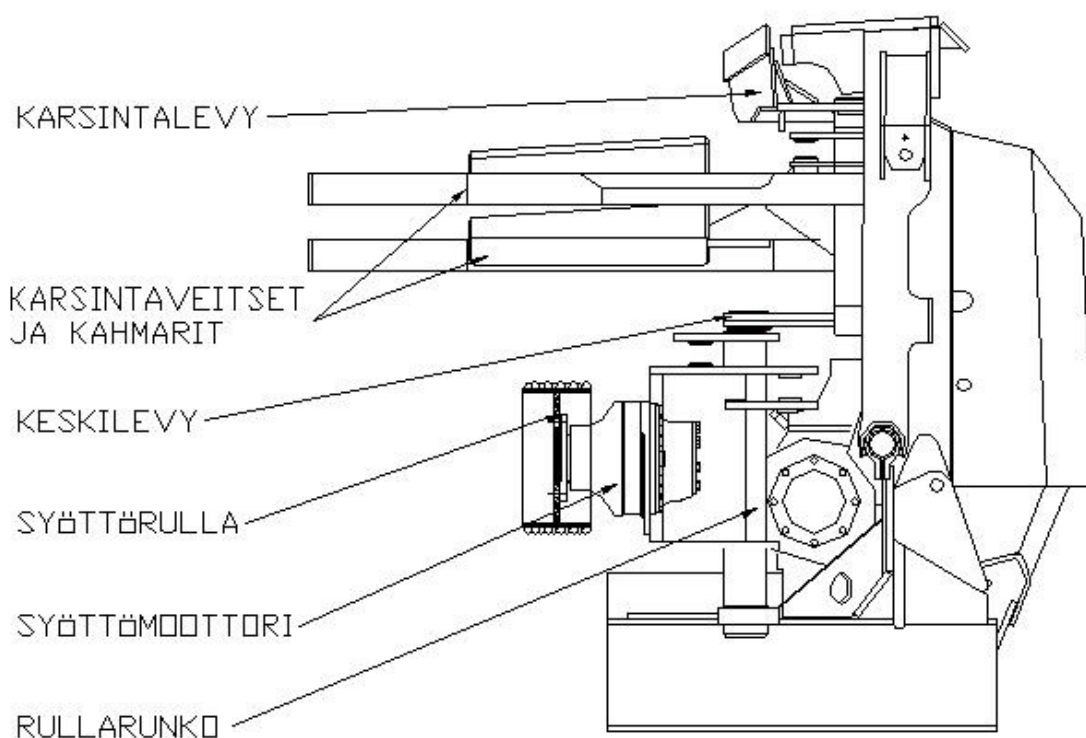


KUVIO 4. Periaatekuva rullarunkoihin integroiduista kahmareista

Vaihtoehto on toteutuksena yksinkertaisempi kuin erillisillä kahmareilla varustettu vaihtoehto. Lisäksi kahmarikomponenttien tuoma painonlisäys on maltillista. Haittapuolena voi olla puun takertelu rulliin kuormauksen aikana, sekä rullien mahdollinen lipsuminen syötön aikana. Kahmareiden muotoilulla voidaan kuitenkin vähentää lipsumisen ja takertelun riskiä.

Kehittyneempi versio rullarunkojen ja kahmareiden yhdistämisestä on malli, jossa rullarungot on sijoitettu kahmareiden väliin niin, että rullarungoilla on oma akselointinsa ja erilliset sylinterit liikuttavat niitä kahmareiden välissä. Näin rullat saadaan kahmauksen ajaksi piiloon kahmareiden väliin, jolloin ne eivät haittaa puun liukumista. Piilossa ollessaan rullat eivät myöskään aiheuta pintavaurioita runkoihin. Prosessointivaiheessa rullat liikutetaan kahmareiden sisäpuolelta puuta vasten ja kahmarit jäävät irti puusta, jolloin puun syöttäminen tapahtuu mahdollisimman tehokkaasti.

Kolmas tutkittava vaihtoehto oli kahmareiden yhdistäminen karsintaveitsiin. Vaihtoehto otettiin tutkinnan kohteeksi, vaikka kyseistä toteutusta ei tiettävästi ole käytössä markkinoilla olevissa yhdistelmäkurissa. Toteutuksen ideana on, että karsintaveitsiin lisätään jatkopalat, joilla puun poimiminen on mahdollista. Kahmareiden liikuttelu tapahtuu veitsisylinterin avulla. Kuviossa 5 on esitetty karsintaveitsiin integroitujen kahmareiden periaatekuva.



KUVIO 5. Karsintaveitsiin integroidut kahmarit

Karsintaveitsiin integroidut kahmarit olisivat kaikkein yksinkertaisin tapa toteuttaa yhdistelmäkouura yksioteharvesteripään pohjalta. Konstruktio lisäisi kouran massaa hyvin vähän, ja muutoksen kohteeksi joutuvia komponentteja olisi vain muutamia.

3.3 Vaihtoehtojen sopivuus omaan sovellukseen

3.3.1 Erilliset kahmarit

Ensimmäinen tutkittava toteutusmalli oli erillisillä kahmareilla varustettu malli. Toteutuksen lähtökohtana oli istuttaa kahmarit rullarunkojen ja karsintaveitsien väliin. Kahmareiden vaatima tila olisi siis otettava veitsiltä ja rullarungoilta niiden paikkaa muuttamalla. Toteutus vaatisi toisen keskilevyn kahmareita varten. Nykyistä keskilevyä olisi nostettava ylöspäin, jotta veitsien alapää ja kahmareiden yläpää saataisiin laakeroitua. Alemmas tulisi sovittaa toinen keskilevy, johon laakeroitaisiin kahmareiden alapää sekä rullarunkojen yläpää.

Karsintaveitsien alalaakerointipistettä olisi mahdollista nostaa ylöspäin niin, että toimenpide ei aiheuttaisi ongelmia veitsien toimintaan eikä sylinterin paikkaa tai veitsen muotoa tarvitsisi muuttaa. Ainoastaan veitsen akselointiputkea ja akselia olisi lyhennettävä. Sen sijaan pituusmittalaitteeseen joutuisi tekemään muutoksia. Mittalaite on asennettu AFM 60 -mallissa keskilevyyn, jolloin keskilevyä nostettaessa myös mittalaite nousee ylöspäin. Tämän takia ratkaisu vaatisi täysin erityyppisen mittalaitteen suunnittelun yhdistelmäkouuraan. Rullarunkojen paikkaa olisi myös mahdollista siirtää. Alaspäin siirtämisen rajoittava tekijä on sahankotelon levy. Kyseisillä muutoksilla saataisiin keskilevyjen etäisyydeksi toisistaan 157 mm. Kyseiseen tilaan tulisi sovittaa kahmarit ja niiden vaatima akselointi sekä kahmareita liikuttava hydraulikkasyylinteri ja vakaajatanko.

Suurin ongelma tässä sovelluksessa on rullarunkoja liikuttavan sylinterin ja vakaajatangon sijoittaminen. Rullarungon laskemisen vuoksi rullarunkoja liikuttava hydraulisylinteri laskeutuisi liian alas ja sen liikerata kohtaisi ylärullan kanssa. Vakaajatanko mahtuisi kulkemaan ylävetorullan yläpuolelta, mutta sylinterille tila ei riitä. Myöskään sylinterin sijoittaminen rullan alapuolelle ei tule kyseeseen sahankotelon vuoksi. Jotta toteutuksesta saataisiin toimiva, olisi runkoon tehtävä mittavia muutoksia.

3.3.2 Rullarunkoihin integroidut kahmarit

Toinen tutkittava toteutusvaihtoehto oli malli, jossa kahmarit on integroitu rullarunkoihin. Toteutuksessa kahmarit rakentuvat rullarunkojen paikalle ja syöttörullat sijoittuvat kahmareiden sisäpuolelle. Jotta kahmarit saadaan aukeamaan tarpeeksi, on rullien aukeamaa kasvatettava. Vaihtoehto on toteutuksena yksinkertaisempi kuin erillisillä kahmareilla varustettu vaihtoehto, eikä itse runkoon tarvitse tehdä juurikaan muutoksia. Muutokset kohdistuvat kahmari-rullarunko kombinaatioon, sekä karsintaveitsien aukeaman kasvattamiseen liittyvien komponenttien muokkaamiseen.

Kahmarit voidaan rakentaa kahdella eri tavalla. Ensimmäinen tapa olisi tehdä kahmarit paksusta, esimerkiksi 40 mm vahvasta teräksestä. Tässä tapauksessa kahmareiden päitä ei tarvitsisi yhdistää erillisellä kärkilevyllä, koska rakenne olisi tarpeeksi jäykkä ilman levyäkin. Näin ollen kahmarit muodostuisivat neljästä erillisestä piikistä. Paksun aineen etuna olisi se, että kahmareista ei tarvitsisi tehdä kohtuuttoman pitkiä, jotta ne yltaisivät rullien ympärille. Haittapuolena taas olisi suuri paino sekä kuormauksessa mahdollisesti ilmenevät ongelmat. Erilliset piikit saattavat ajautua puunrunkojen eri puolille, jolloin puut jäävät roikkumaan vain osan piikkien varaan.

Toinen vaihtoehto olisi tehdä kahmarit ohuemmasta raaka-aineesta, esimerkiksi 16 mm paksusta teräslevystä. Tällä toteutustavalla kahmareista tulisi kevyemmät. Päät olisi kuitenkin yhdistettävä toisiinsa taipumisen estämiseksi. Näin ollen kahmareiden tulisi olla erimittaiset, jotta päätylevyt eivät ottaisi yhteen. Kahmareiden olisi myös yletyttävä rullien ympärille, jolloin niistä olisi tehtävä pidemmät kuin paksusta aineesta tehtäessä. Pituuden kasvattaminen lisäisi osaltaan kahmarin hyötypinta-alaa, jolloin saataisiin siirrettyä suurempi määrä puuta kerralla.

Kahmareiden vaatima tila saataisiin rullan kokoa pienentämällä ja paikkaa laskeamalla. Näin rullien yläpuolelle saataisiin tilaa kahmareille ja myös rullan ja sahankotelon väliin jäisi riittävä tila kahmareille. Syöttörullien kokoa olisi pienennettävä, jotta ne mahtuisivat kahmarilevyjen väliin.

Rullarunkoihin integroitujen kahmareiden haittapuolena voi olla rullien lipsuminen puuta syötettäessä, sekä puun takertelu syöttörulliin kahmauksen aikana. Kahmareiden muotoilulla voidaan kuitenkin vaikuttaa suuresti kouran toimivuuteen. Syöttörullien lipsumista vähentää osaltaan hydraulisten syöttömoottorien sarjaan kytkeminen. Sarjakytkenän ansiosta syöttörullat pyörivät tasatahtiin, vaikka yksittäisen rullan pito puuhun heikkenisikin hetkeksi.

Puun takertelu ja rullien lipsuminen olisi mahdollista eliminoida tekemällä syöttörullista liikkuvat. Ratkaisu vaatisi molemmille rullarungoille akseloinnin ja hydraulisylinterin, joiden avulla syöttörullat saataisiin käännettyä kuormaamisen ajaksi piiloon kahmareiden väliin ja karsinnan ajaksi esiin riittävän etäälle kahmarin pinnasta. Ylimääräisten sylinterien sijoittaminen kahmareiden väliin olisi sen sijaan haasteellista. Myös liikuteltavien rullien vaatima akselointi on ongelmallista tilan ahtauden takia. Yhtenä vaihtoehtona akseloinnin toteuttamiselle voisi olla akseloida liikkuvat rullarungot kahmareiden akselin ympärille. Rullarungot on myös mahdollista laakeroida omaan akseliinsa. Ylimääräisten komponenttien sijoittaminen ahtaaseen rakenteeseen on ongelmallista.

Kahmarit olisi mahdollista integroida rullarunkoihin niin, ettei runkorakenteeseen tarvitsisi tehdä radikaaleja muutoksia. Näin ollen yhdistelmäkouran komponentteja voitaisiin myydä lisäoptiona tavalliseen AFM 60 -harvesteripäähän.

3.3.3 Karsintaveitsiin integroidut kahmarit.

Myös vaihtoehtoa, jossa kahmarit on integroitu karsintaveitsiin, mietittiin. Toteutuksessa veitsien ja kahmareiden akselille olisi lisättävä vakaajatanko, jotta kahmarit saataisiin liikkumaan symmetrisesti. Vakaajatangon lisääminen saattaisi haitata karsintaveitsien toimintaa. Vapaasti liikkuvat karsintaveitset myötäilevät puunrunkoa karsinnan aikana, jolloin karsintatulos on hyvä käyrälläkin puulla. Vakaajatangolla varustetut karsintaveitset ovat symmetriansa takia jäykät, jolloin käyrän puun karsinnassa voi esiintyä ongelmia. Ongelmana toteutuksessa on myös kahmareiden pituus. Koska veitsien akselointipiste sijoittuu rungossa melko ylös ja eteen, olisi kahmareista tehtävä pitkät. Pitkät kahmarit taas kiinni ollessaan kasvattaisivat kouran leveyden valtavaksi, jolloin kuljetuksessa tulisi ongelmia. Kahmareiden sijoittaminen kouran etuosaan, kauas tilitipisteestä, saattaisi aiheuttaa ongelmia kuormauksessa, koska kourasta tulisi etupainoinen kuormaustilanteessa.

3.4 Vaihtoehdon valinta

Parhaaksi vaihtoehdoksi yhdistelmäkouran toteuttamiseksi todettiin ratkaisu, jossa kahmarit rakennetaan kiinteästi rullarunkoihin 16 mm paksusta teräslevystä. Vaihtoehto on rakenteensa puolesta yksinkertainen, ja sen aiheuttama painonlisäys on sallituissa rajoissa. Yhtenä vaihtoehdon vahvuutena nähtiin sen soveltuminen AFM 60 -harvesteripään lisävarusteeksi. Yhdistelmäkouran runko on täysin sama kuin AFM 60 -harvesteripäässä, eikä kouran hydraulikkaan tarvitse tehdä muutoksia. Näin ollen kahmarikomponentteja voidaan markkinoida asiakkaille optiona yksioteharvesteripäähän. Myös tuotannon kannalta rakennevaihtoehto on toimiva, koska mallikohtaisia komponentteja on vähän. Näin ollen yhdistelmäkouran komponenttien varastointikulut saadaan minimoitua ja myös kouran läpimenoaika tuotannossa on lyhyempi.

Päätöksenteossa painavana tekijänä oli myös muiden rakennevaihtoehtojen toteutuksen vaikeus. Erillisillä kahmareilla varustettu vaihtoehto olisi vaatinut mittavia muutoksia kouran runkorakenteeseen, jolloin se ei enää olisi vastannut asetettuja vaatimuksia. Lisäksi erillisten kahmareiden vaatimat komponentit, kuten sylinteri,

venttiili ja laakerointiosat, olisivat kasvattaneet kouran massaa turhaan. Samasta syystä myös vaihtoehto, jossa liikkuvat rullarungot rakentuvat kahmareiden väliin, hylättiin. Myös tilanpuute kahmareiden välissä olisi vaikeuttanut hydraulisylinterien ja -letkujen sijoittamista. Karsintaveitsiin integroitujen kahmareiden ongelmana oli kouran suuri leveys veitsien ollessa kiinni-asennossa. Myös toteutuksen toimivuus käytännön työssä arvelutti.

3.5 Ohjauksen tutkiminen

Yhtenä opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia, kuinka kahmarin käytöstä saadaan sujuvaa ja tehokasta sekä voidaanko käyttöä helpottaa hydraulisella ohjauksella. Tutkiminen käsitti lähinnä veitsien ja tiltin toimintaan liittyviä asioita.

Kouran osaa, josta se kiinnitetään alustakoneeseen, kutsutaan tiltiksi. Tiltin avulla kouran asentoa voidaan muuttaa vaakatasosta pystyyn. Puuta kaadettaessa koura käännetään pystyasentoon, jolloin kouralla voidaan tarttua puuhun ja tehdä kaatosahaus. Karsintaa varten puu kaadetaan vaakatasoon vapauttamalla tiltti.

Kuormaamisen aikana yhdistelmäkoura on vaaka-asennossa. Tiltin ohjauksen tutkinnassa pohdittiin, voidaanko ohjauksella helpottaa kahmarin käyttöä. Normaalisti koura kelluu vapaasti tiltin varassa karsinnan aikana. Vaihtoehtona vapaasti kellumiseen pohdittiin tiltin lukitsemista tiettyyn asentoon kuormauksen ajaksi. Lukitsemisesta ei todettu kuitenkaan olevan merkittävää hyötyä, joten parhaaksi vaihtoehdoksi ohjaukselle todettiin kelluminen normaaliin tapaan. Perinteiseen puutavarakouraan verrattuna yhdistelmäkouralla kuormaaminen voi olla jopa sujuvampaa. Yhdistelmäkouran tiltin ansiosta puunippu saadaan käännettyä pystyasentoon, jolloin pinon päät saadaan tasattua kahmarin puristusta löysäämällä.

Veitsien toimintaa tutkittaessa pohdittiin parasta veitsien asentoa kahmauksen aikana. Useissa markkinoilla olevissa yhdistelmäkouramalleissa karsintaveitset ovat kahmarin käytön aikana kiinni runkoa vasten. Kiinni-asennon etuna on, että karsintaveitset eivät ole tiellä kuormaamisen aikana. Projektissa tutkittiin kyseisen toteutuksen mahdollisuutta myös suunniteltavaan yhdistelmäkouraan. Toteutus vaatisi karsintaveitsien liikekulman kasvattamisen sekä veitsen profiiliin muutoksia. Yhdellä hydraulikkasynterillä vaadittavaa liikekulmaa ei saada toteutettua,

joten ratkaisu vaatisi molemmille karsintaveitsille oman sylinterin. Toteutus vaatisi myös pituusmittalaitteeseen muutoksia. Jotta yhdistelmäkouran karsintaveitset saataisiin täysin kiinni kahmarin käytön ajaksi, olisi rakenteeseen tehtävä runsaasti muutoksia. Tästä syystä ajatuksesta luovuttiin ja karsintaveitset päätettiin jättää pääpiirteittäin entisenlaisiksi. Kuormaamisen uskotaan sujuvan tehokkaasti myös silloin kun veitset ovat auki asennossa. Karsintaveitsien aukeamiskulmaa kasvatettiin, jolloin puut eivät takerru niihin kuormatessa. Lisäksi veitsiin lisättiin jatkopalat, joilla saadaan lisää kannatteluapua puuta kuormatessa.

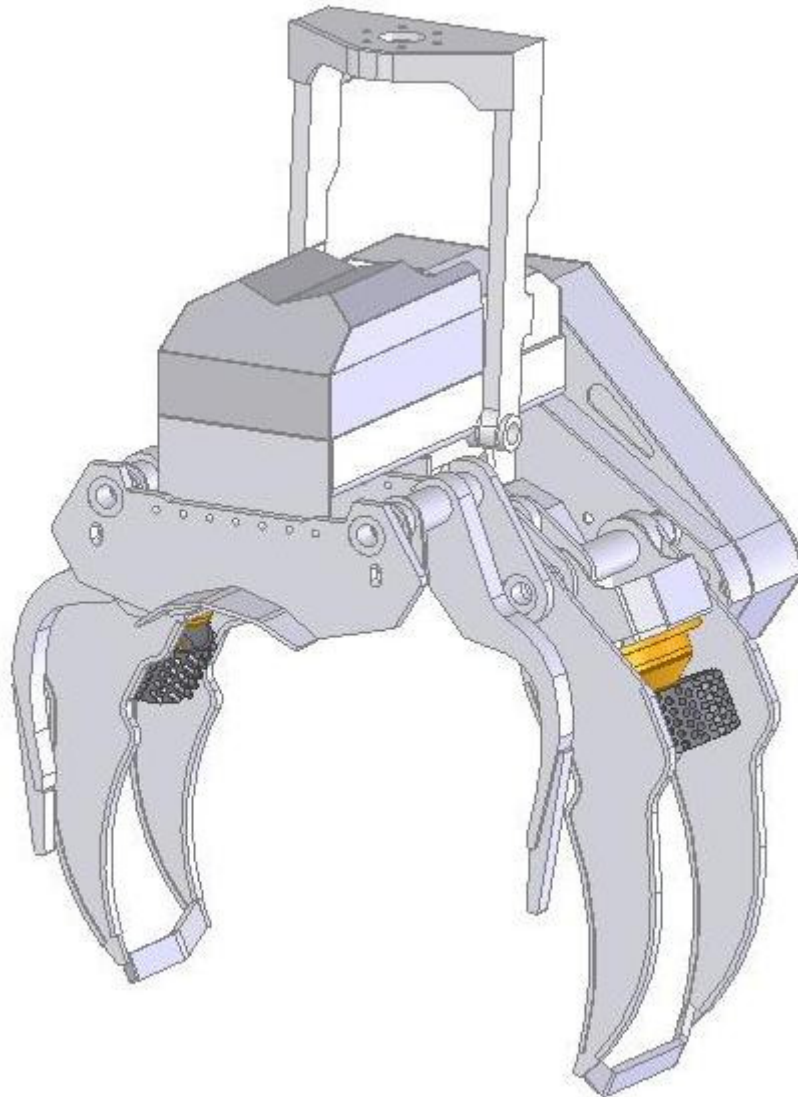
4 SUUNNITTELU

4.1 Kuvien piirtäminen

Yhdistelmäkouran suunnittelussa on käytetty työkaluina AutoCad-ohjelmistoa sekä AFM-Forest Oy:n yhteistyökumppanin Solidworks 3D -mallinnusohjelmaa. Liiketarkastelut tehtiin pääasiassa Solidworks ohjelman avulla. Valmiit osa- ja kokoonpanokuvat piirrettiin AutoCad-ohjelmalla yrityksen tulevaa tuotekehitystä varten.

Yhdistelmäkouran toteutus pohjautuu AFM 60 -harvesteripäähän, jossa on käytetty vahvempia HD-runkolevyjä. Yhdistelmäkoura saatiin toteutettua niin, ettei harvesteripään runkoon tehty juurikaan muutoksia. Ainoastaan rullarunkoja liikuttavien sylinterin ja vakaajatangon muuttunut liikerata ja paikka edellyttivät pieniä muutoksia myös itse runkoon. Runkomuutokset ovat kuitenkin sellaisia, etteivät ne aiheuta haittaa yksioteharvesteripään toiminnalle tai kestävyydelle, joten samaa runkoa voidaan käyttää molemmissa kouramalleissa.

Kaikki suunnittelun tuloksena syntyneet kuvat ovat AFM-Forest Oy:n omaisuutta, eikä niitä ole julkaistu tässä opinnäytetyössä. Yhdistelmäkouran keskeisimmät rakenteet voi nähdä liitteissä 1 ja 2 esitetyistä 3D-malleista. Kuviossa 6 on esitetty 3D-malli valmiista yhdistelmäkourasta.



KUVIO 6. 3D-malli AFM 60 Combi -yhdistelmäkourasta

4.1.1 Rullarungot ja kahmarit

Työn keskeisin kokonaisuus oli rullarunkojen ja kahmareiden suunnittelu. Kokonaisuuden suunnittelussa ja liiketarkastelussa käytettiin apuna Solidworks 3D -mallinnusohjelmaa. Kahmarin profiilin muotoilussa käytettiin myös apuna Auto-Cad-ohjelmaa.

AFM 60-mallin rullarunkoihin verrattuna yhdistelmäkouran kahmareiden aukeamaa oli kasvatettava. Aukeaman kasvattaminen edellytti hydraulisynterin ja vakaajatangon geometrian muuttamista. Kahmareiden akseliputkeen kiinnittä-

vien vakaajatangon- sekä sylinterinkorvakkeiden pituutta ja paikkaa oli muutettava, jotta vaadittava liike saatiin toteutettua. AFM 60-mallin tavoin yhdistelmäkouran kahmareiden liike ja puristusvoima tuotetaan yhdellä hydraulikkasynterillä.

Jotta kahmarit oli mahdollista saada mahtumaan AFM 60 -rullarunkojen tilalle, oli syöttörullien halkaisijaa pienennettävä ja niiden paikkaa muutettava. Syöttömootoreiden paikkaa laskettiin alaspäin, jotta niiden yläpuolelle saatiin tila kahmareille. Syöttörullien halkaisijaa pienennettiin 100 mm, jolloin ne saatiin sovitettua kahmareiden väliin.

Itse kahmarit toteutettiin 16 mm paksusta teräslevystä. Kahmareiden reunoihin lisättiin 12 mm paksusta ja 21 mm leveästä teräksestä valmistetut reunavahvikkeet, jotka jäykentävät kahmarin rakennetta ja vähentävät taipumista. Rakennetta jäykentämään lisättiin myös kahmareiden kärkiin 20 mm teräksestä valmistetut kärkipalat. Kahmarin muotoilussa kiinnitettiin huomiota rakenteen keveyteen ja muotoilun avulla pyrittiin varmistamaan, että puu liukuu sujuvasti kahmaria pitkin rullien väliin.

4.1.2 Karsintaveitset

Karsintaveitset perustuvat AFM 60:n veitsiin. Karsintaveitsien rakenteeseen tehtiin pieniä muutoksia, mutta pääosa veitsien komponenteista on samoja kuin AFM 60 kourassa. Veitsien aukeamaa jouduttiin lisäämään, jotta karsintaveitset eivät ole tiellä puun kahmauksessa. Aukeaman lisäyksen seurauksena veitsiä liikuttava hydraulikkasynteri täytyi mitoittaa uudestaan. Karsintalevyyn ja keskilevyyn jouduttiin tekemään loveukset veitsille sekä veitsien aukeaman rajoittavat topparit jouduttiin suunnittelemaan uudestaan. Karsintalevynä ja keskilevynä käytetään AFM 60HD-mallin vahvempia levyjä. Karsintaveitsiin lisättiin myös erilliset kahmaripalat, joilla saatiin veitsien ulottuvuutta lisättyä. Kahmaripalojen avulla on mahdollista helpottaa kahmareiden käyttöä kuormauksessa.

4.1.3 Vakaajatanko

Vakaajatangon tarkoitus on liikuttaa rullia ja kahmareita symmetrisesti koko niiden liikealueellaan. Vakaajatanko mitoitettiin AutoCad-ohjelman avulla etsimällä sille optimaalinen pituus ja kiinnityskorvallisten asento. Kahmareiden suuren liikekulman takia niiden liikettä ei ole mahdollista saada symmetriseksi koko liikealueellaan. Erityisen tärkeää syöttörullien symmetrinen asento on silloin, kun syötetään pientä puuta. Suurta puuta syötettäessä ei haittaa, vaikka syöttörullat olisivatkin hieman epäsymmetrisessä asennossa. Vähiten epäsymmetrialla on merkitystä kahmarin ollessa täysin auki. Niinpä vakaajatangon mitoituksen lähtökohdaksi otettiin tarkka rullien symmetria niiden lähestyessä kiinni-asentoa. Kahmarin auki-asennon symmetriaa ei huomioitu vakaajatangon mitoituksessa ollenkaan, vaan toiseksi ääripääksi otettiin asento, jossa syöttörullat ovat suorassa. Tälle liikealueelle vakaajatanko mitoitettiin mahdollisimman sopivaksi. Vakaajatangon toisen pään paikka asetettiin niin, että kiinnitys onnistuu samalla kiinnitystapilla hydrauliiikkasynterinin kanssa. Näin ollen muuttujiksi vakaajatangon mitoituksessa jäi toisen kiinnityskorvakkeen asento ja pituus sekä vakaajatangon pituus. Edellä mainituin ehdoin vakaajatanko saatiin mitoitettua niin, että vaadittu symmetria toteutuu.

4.2 Hydrauliikkasynterinin mitoitus

Yritys ei käytä tuotteissaan standardisynterineitä, vaan suunnittelee kaikki synterinsä itse ja ostaa valmistuksen alihankintana. Projektissa mitoitettiin kaksi hydrauliikkasynteriniä. Karsintaveitsien hydrauliikkasynterinin mitoitus käsitti iskupituuden lisäämisen sekä siihen liittyvien komponenttien suunnittelun. Pelkkä synteriputken ja männänvarren pituuden muokkaus ei riittänyt, koska synteriin jouduttiin tekemään pitkä isku suhteessa sen kokonaispituuteen. Tämän takia myös synterinin männänvarrenohjain, mäntä sekä laakeripesät jouduttiin suunnittelemaan uudestaan. Vaadittavan iskupituuden saavuttamiseksi männän ja männänvarren tiivisteiksi sekä ohjainrenkaiksi valittiin lyhyimmät ja vähiten tilaa vievät, jotka valmistajilta löytyivät.

Kahmareita ja rullarunkoa liikuttava sylinteri täytyi mitoittaa kokonaisuudessaan uudestaan. Kahmareiden pitkän momenttivarren takia sylinteriltä vaadittava voima on suurempi kuin yksiotharvesteripään rullien puristusvoima. Näin ollen jokomännän pinta-alaa oli suurennettava tai sylinterin käyttöpainetta lisättävä. Sylinterin käyttöpaineen kasvattamista nykyisestä 190 bar:sta ei kuitenkaan pidetty järkevänä sylinterin tiivisteiden kestävyuden kannalta, joten ainoaksi vaihtoehdoksi jäi sylinterin männän halkaisijan kasvattaminen. Sylinterin mitoituksessa käytettiin lähtöarvona kahmarin kärkipuristusvoimaa, joka vastaavan kokoisissa puutavarakourissa on noin 20 kN. Sylinterin pituutta ja iskupituutta oli muutettava kahmarin suuremman liikekulman vuoksi. Myös kahmarin sylinteriin jouduttiin tekemään pitkä iskupituus suhteessa sen kokonaispituuteen, joten kaikista sylinterin komponenteista oli tehtävä mahdollisimman kompakteja. Ohessa on laskettu kahmareita liikuttavan hydraulisynterlin männän halkaisija sekä männänvarren halkaisija.

Hydrauliikkasynterlin mitoitus:

Kahmareilta vaadittava kärkipuristusvoima 20 kN

Sylinteriltä vaadittava voima:

Kahmareiden aiheuttama momentti akselille

$$M = Fr = 20 \text{ kN} \times 1,115 \text{ m} = 22,3 \text{ kNm}$$

$$\text{Sylinteriltä vaadittava voima } F = \frac{M}{r} = \frac{22,3 \text{ kNm}}{0,152 \text{ m}} = 146,7 \text{ kN}$$

Käytettävä synterlin paine 190 bar

Sylinteriltä vaadittava voima noudattaa kaavaa $F = 10 pA$

Lasketaan tarvittava synterlin männänhalkaisija:

$$A = \frac{F}{10p} = \frac{146700 \text{ N}}{10 \times 190 \text{ bar}} = 77,21 \text{ cm}^2$$

Ympyrän halkaisija ja pinta-ala noudattavat kaavaa $A = \frac{\pi \times d^2}{4}$

Sylinterin männän halkaisijaksi saadaan

$$d = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 77,21 \text{ cm}^2}{\pi}} = 9,91 \text{ cm} \approx 100 \text{ mm}$$

Sylinterin männänvarren halkaisija:

Sylinterin nurjahtamisen aikaansaava nurjahdusvoima voidaan ratkaista kaavasta

$$F_n = \frac{\pi^2 \times E \times I}{n \times L^2}, \text{ missä } I = \frac{\pi d^4}{64}$$

(Kauranne, Kajaste & Vilenius 2002, 149; Valtanen 2002, 571.)

Varmuuskertoimena n käytetään arvoa 4. Kyseisen sylinterin tapauksessa redusoitu pituus L on suurin mahdollinen sylinterin kiinnityspisteiden välinen etäisyys, joten $L = 1,122 \text{ m}$. Teräksen kimmokerroin $E = 210 \text{ GPa}$

Ratkaistaan kaavasta vaadittava männänvarren halkaisija:

$$d = \sqrt[4]{\frac{F \times n \times L^2 \times 64}{\pi^3 \times E}} = \sqrt[4]{\frac{146700 \text{ N} \times 4 \times (1,122 \text{ m})^2 \times 64}{\pi^3 \times 210 \times 10^9 \text{ N/m}^2}} = 0,0519 \text{ m} \approx 52 \text{ mm}$$

Laskelmien perusteella sylinterin männän halkaisijaksi valitaan 100 mm ja männänvarren halkaisijaksi 52 mm.

5 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella AFM-Forest Oy:lle yksioteharvesteripäähän pohjautuva yhdistelmäkoura. Koneelta vaaditut ominaisuudet täyttyivät niin fyysisten mittojen, toiminnan kuin rakenteenkin osalta. Rakenteen yksinkertaisuuden ansiosta koneen huoltaminen, toimintavarmuus ja lisävarustaminen pysyivät vastaavina kuin yksioteharvesteripäässä. Lopullisesti koneen käyttöominaisuudet ja toimivuus nähdään, kun valmis koura viedään käytännön työhön kesän 2006 aikana.

Projektin myötä uutena asiana opin paljon erilaisista käytössä olevista puunkorjuumenetelmistä sekä työtavoista. Pääsin soveltamaan myös opinnoistani saamiani tietoja käytännön suunnittelutyössä. Keskeisimpänä osa-alueena oli yhdistelmäkouran mekaniikan suunnittelu käyttäen apuna AutoCad- sekä SolidWorks-ohjelmistoja. Molemmat ohjelmistot olivat ennestään tuttuja opintojen kautta, mutta vain AutoCad-ohjelmaa olen käyttänyt työelämän suunnitteluprojekteissa aikaisemmin. SolidWorks-ohjelman käyttötaidot karttuivat käytännön projektin myötä, ja opin ohjelman käytöstä monia hyödyllisiä toimintoja. Myös oppimiani hydraulikkasuunnittelutaitoja pääsin hyödyntämään projektin aikana.

Projektin haasteellisuudesta ja tiukasta aikataulusta huolimatta projekti valmistui ajoissa. Mielenkiintoisen projektista teki sen monipuolisuus ja työn tuloksien näkyminen projektin aikana. Kun yhden kokonaisuuden sai valmiiksi, pystyi keskittymään täysipainoisesti seuraavaan suunniteltavaan kohteeseen. Projekti eteni johdonmukaisesti alusta loppuun, ja sen tekeminen oli hyvin intensiivistä koko ajan.

LÄHTEET

AFM-Forest Oy [online]. 2006 [viitattu 2.4.2006]. Saatavissa: <http://www.afm-forest.fi>

Kauranne, H., Kajaste, J. & Vilenius, M. 2002. Hydraulitekniiikan perusteet. WSOY, Porvoo.

Uusitalo, J. 2003. Metsäteknologian perusteet. Metsälehti Kustannus, Helsinki

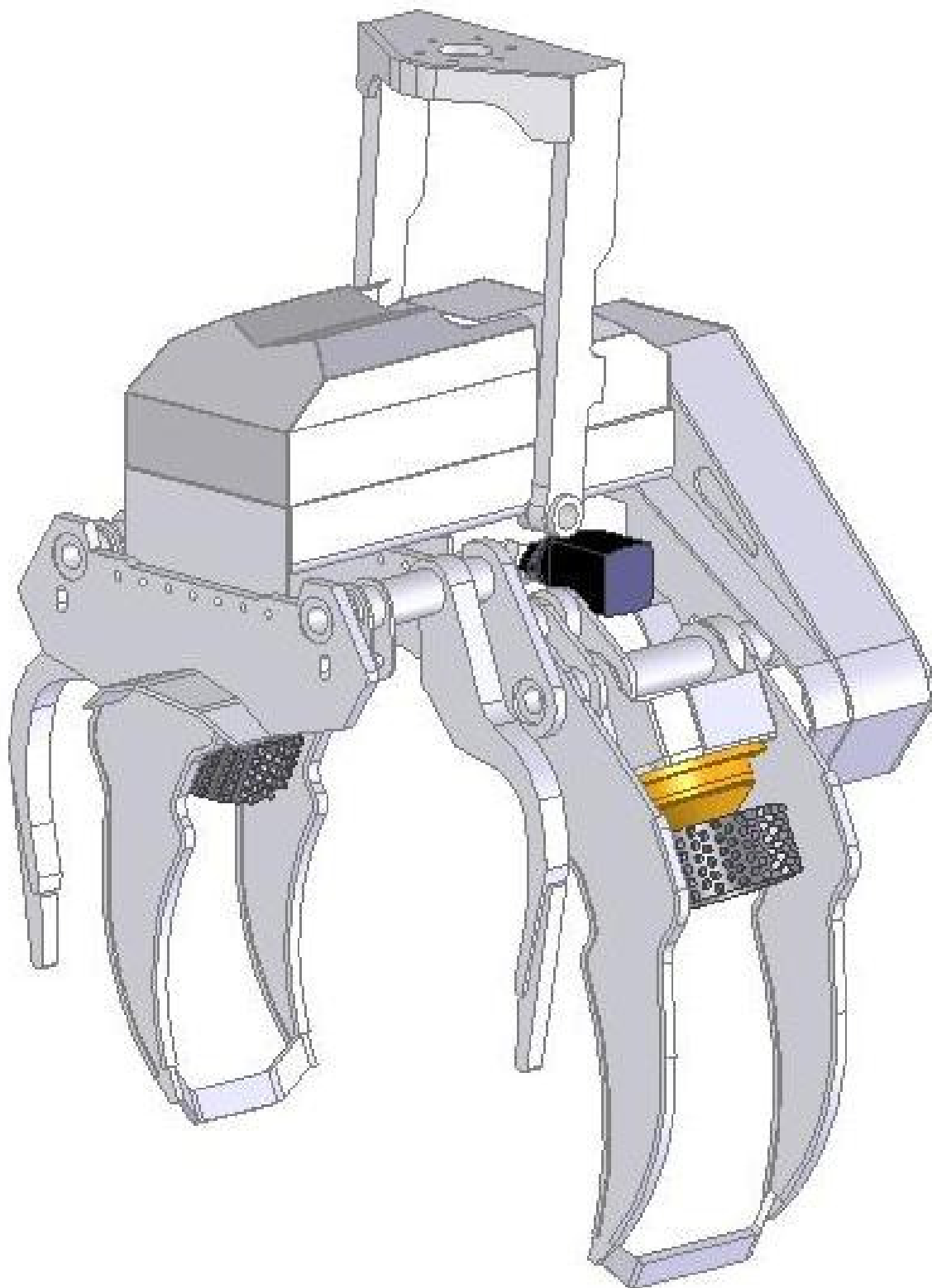
Valtanen, E. 2002. Tekniikan taulukkokirja. 12. painos. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä.

LIITTEET

LIITE 1
3-D malli yhdistelmäkourasta

LIITE 2
3-D malli yhdistelmäkourasta

LIITE 1. 3D-malli yhdistelmäkurasta



LIITE 2. 3D-malli yhdistelmäkurasta

