

Risto Huusko

Energiapuun keruukoura

Insinööri
Kajaanin ammattikorkeakoulu
Tekniikan ja liikenteen ala
Kone ja tuotantotekniikka
12.04.2007



**Kajaanin
ammattikorkeakoulu**

OPINNÄYTETYÖ TIIVISTELMÄ

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	Koulutusohjelma Kone ja tuotantotekniikka
Tekijä(t) Risto Huusko	
Työn nimi Energiapuun keruukoura	
Vaihtoehtoiset ammattiopinnot elektroniikkatuotanto	Ohjaaja(t) Niilo Härkönen
	Toimeksiantaja Risto Huusko
Aika 05.01 - 12.04.2007	Sivumäärä ja liitteet 28
<p>Insinööriyöni aihe lähti omasta ajatuksesta suunnitella energiapuun keruuseen tehokkaampi laite. Tämän tyyppiselle laitteelle on nyt ja tulevaisuudessa tarvetta, koska bioenergian käyttö lisääntyy voimakkaasti. Markkinoilla ei mielestäni ole vielä sellaista hyvää ja toimivaa laitetta. Näistä ajatuksista lähti suunnittelu energiapuun keruukouralle.</p> <p>Laitteella kerätään energiapuuta harvennettavista metsistä. Suunnittelun lähtökohtana on ollut koneen sopivuus markkinoilla oleviin maatilakuormaimiin. Tämä tulee huomioida varsinkin laitteen painon suhteen, ettei siitä ei tule liian painava.</p> <p>Laitteen leikkuutekniikka poikkeaa muista markkinoilla olevista laitteista. Puun leikkuu tapahtuu pyörivällä kovalaterällä, jolla halutaan tehokasta katkaisua voimaa. Laitteella voidaan katkaista useita puita kerralla, sekä lastata puut perävaunuun.</p> <p>Energiapuun keruukouran suunnittelu rajattiin siten, että työkuvat ja yksityiskohtainen materiaali jätettiin pois, jotta työn laajuus ei tulisi liian suureksi. Työnä suunnittelu oli erittäin mielenkiintoinen, jossa riitti haasteita. Mielestäni tämä suunnittelu antoi hyvän pohjan jatkosuunnitelmille ryhtyä valmistamaan energiapuu keruukourasta prototyyppiä.</p>	
Kieli	Suomi
Asiasanat	
Säilytyspaikka	<input type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun Kaktus-tietokanta <input type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun kirjasto

School School of Engineering	Degree Programme Mechanical and Production Engineering
Author(s) Risto Huusko	
Title Equipment to Collect Energy Wood	
Optional Professional Studies Electronic Production	Instructor(s) Niilo Härkönen
	Commissioned by Risto Huusko
Date 19 March 2007	Total Number of Pages and Appendices
<p>The purpose of this Bachelor`s thesis was to make preliminary plans for efficient and durable equipment to collect energy wood. The equipment is made for working in young forests. Both abroad and in Finland more and more renewable energy sources are used. There is a lot energy wood in Finland if it just could be collected in a cost-effective way.</p> <p>The equipment works with a totally new technique because with this equipment it is possible to cut down several trees at the same time. It is also possible to collect the logs near a road or load them directly to a trailer. The logs can be cut shorter into a bundle to make their handling easier. The equipment works with a hydraulically turning wheel. The maximum diameter for cutting the trees is 20-25 centimeters. The equipment is attached to a crane which is on a tractor.</p> <p>Designing the equipment included the reports, research and designing the equipment.</p> <p>If the equipment proves to be a feasible idea, a prototype will be made. Then it is possible to test the equipment in practice and see how it works. If these experiments are successful, the equipment will be produced for sale.</p>	
Language of Thesis	
Keywords	
Deposited at	<input type="checkbox"/> Kaktus Database at Kajaani University of Applied Sciences <input type="checkbox"/> Library of Kajaani University of Applied Sciences

ALKUSANAT

Tahdon kiittää työn ohjaajaa Niilo Härköstä, joka pitkäaikaisella kokemuksellaan ja asiantuntemuksellaan on edesauttanut ratkaisujen löytämisessä ja työn mitoittamisessa. Samoin haluan kiittää muita henkilöitä, jotka ovat antaneet tietoja ja muita näkökantoja, jotka ovat avanneet hyviä ideoita energiapuun keruukouran kehittämiseen. Haluan kiittää myös vaimoani Minnaa sekä lapsiani Petraa ja Kimmoa, jotka ovat kärsivällisesti jaksaneet tukea nämä kuluneet vuodet opintojani suorittaessa.

1 JOHDANTO	1
2 SUOMEN PUUVARAT JA NIIDEN KÄYTTÖ.....	3
2.1 Bioenergian käyttö Suomessa.....	4
2.2 Metsäenergian käyttöä lisätään.....	5
3 TYÖLLISYYSVAIKUTUKSET	7
4 SUPERKOVAT TERÄT	8
4.1 Timanttien käyttö.....	9
4.2 Timanttien synty	9
4.2.1 Luonnontimantteja 10 prosenttia	10
4.2.2 Timanttipinnoitteet.....	11
4.3 Suurin käyttäjäryhmä	11
5 MARKKINOILLA OLEVIA ENERGIAPUUN KERUULAITTEITA.....	12
6 ENERGIAPUUN KERUUKOURAN SUUNNITTELU	13
6.1 Energiapuun keruukouran tekninen suunnittelu.....	14
6.2 Puunrungon katkaisu.....	14
6.3 Kuormaimen kouran hallinta	15
6.4 Puun katkaisuun vaikuttavat tekijät.....	15
7 HYDRAULIMOOTTORIN VALINTA.....	17
7.1 Hydraulimoottori.....	18
7.2 Hydraulilohko.....	19
8 ENERGIAKERUUKOURAN LEIKKUUTERÄ	21
9 TYÖN TOTEUTUS.....	22
9.1 Puun leikkuuseen vaikuttavat nopeudet	24
9.2 Kriittinen pyörimisnopeus.....	24
9.3 Kehänopeus.....	24
9.4 Suositeltavat leikkuunopeudet	25
9.5 Syöttönopeus	25
9.6 Laskennan tuloksien arviointi	26

10 YHTEENVETO..... 27

LÄHTEET..... 28

1 JOHDANTO

Vielä 1970-luvulla puunkaato metsästä suoritettiin suurimmalta osin metsurityönä. Tämän edellä mainitun vuosikymmenen lopulla alkoi tapahtua nopeaa kehitystä koneellisessa korjuussa. Monitoimikoneet tulivat käyttöön ensin päätehakkuussa, mutta ne olivat toiminnassa kömpelöitä. Tästä kuitenkin lähti käyntiin nopea kehitys, jossa joka vuosi tuli markkinoille uusia entistä parempia ja tehokkaampia malleja. Koneiden kehitystä tapahtui kaikilla osalualueilla, esimerkiksi hydraulikassa, materiaaleissa, ergonomiassa ja sähköjärjestelmissä. 1990-luvulla ja sen jälkeen tietotekniikka on suorastaan mullistanut myös metsäkoneitten toiminnot. Tämän kehityksen ansiosta monitoimikoneista on tullut ketterämpiä ja liikeradoiltaan ulottuvampia. Ne ovat syrjäyttäneet metsurit myös harvennushakkuussa. Vuonna 2004 metsäverotus muuttui Suomessa pinta-alaverotuksesta myyntivoittoverotukseen, jolloin hakkuu muuttui suuremmassa määrin harvennushakkuuksi. Näiden muutosten myötä tarvitaan yhä enemmän tähän sopivaa kalustoa.

Markkinoille on tullut kysynnän seurauksena ketterämpiä ja pienikokoisempia koneita. Näitä koneita kutsutaan harvestereiksi. Ne ovat ympäristöystävällisempiä ja edullisempia kuin päätehakkuukoneet. Viime vuosina varsinkin harvennushakkuukoneet ja tekniikat metsän harvennuksessa ovat kehittyneet voimakkaasti. Harvestereiden ketteryys laajoihin liikeratoihin mahdollistaa harvemmat ajouravälit. Ajourista varsinaisia puuta ajettavia uria on joka kolmas. Kolmesta ajourasta keskimäinen on kuljetusura ja reunoilla olevat ns. haamu-uria. Näillä toimenpiteillä saadaan toteutettua erittäin hyvä hakkuujälki. On tärkeää, että metsään jäävä runkoluku on riittävä puuston kasvun ja laadun kannalta. Ennen kun metsäkoneet olivat suuria ja kömpelöitä, ei ollut varsinaiseen harvennukseen sopivia koneita. Ongelmana oli, että jäljelle jäävästä puustosta tuli liian harva ja ajourien pinta-ala oli jopa neljännes.

Nuoria harvennushakkuumetsiä on tullut lisää ojitusten, peltojen metsitysten ja päätehakkuiden vuoksi. Näissä kasvaa valtavat määrät energiakäyttöön sopivaa puuta. Lisäksi voimakas energian hintojen nousu on tuonut bioenergian markkinoilla erittäin kilpailukykyiseksi.

Näitä edellä mainittuja asioita pohtiessani alkoi muodostua visio laitteesta, jolla olisi käyttöä energiapuun hyödyntämisessä. Tutkiessani markkinoilla olevia laitteita ei mielestäni hyvää laitetta ole vielä kehitetty. Tulevaisuus näyttää, millainen ratkaisu toimii käytännössä parhaiten.

Keksintöni idea syntyi näiden haasteiden ja tarpeiden pohjalta. Idean miettiminen ja erilaisten vaihtoehtojen vertailu on tapahtunut noin kahden vuoden aikana. Lähtökohtana oli, että laitteen tehokkuus olisi parempi kuin kilpailijoiden vastaavaan tarkoitukseen valmistamat laitteet. Energiapuu tulee voida kerätä riittävän tehokkaasti, että työn suorittaja pääsee kohtalaiseen ansioon. Laitteen hankkiminen on myös oltava hinnaltaan kannattavaa. Laitteen kokoluokka on mitoitettu sen vuoksi maataloustraktoriin sopivaksi. Traktoreita on jo muutenkin sellaisilla yrittäjillä, jotka voivat halutessaan saada lisätuloja metsästä liittämällä siihen keksimäni laitteen.

Maaseudulla on muutenkin tarpeen saada uusia toimeentulomahdollisuuksia, koska varsinainen maanviljely ja karjanhoito tapahtuu entistä harvemmillä tiloilla. Nämä harvat mutta suuret maatilat käyttävät myös entistä enemmän lämmitykseen haketta. Hakepuun hankkimiseen moottorisahahakkuuna ei ole aikaa, joten tilat tarvitsevat tehokasta laitetta työn suorittamiseen.

Näiden haasteiden ja tarpeiden pohjalta näyttää siltä, että energiapuun keruukouralle olisi todellista tarvetta. Tässä työssä teen esiselvityksen ja pohjatyön energiapuun keruukouran valmistamiseksi. Insinööritö ei sisällä työkuvia laitteesta ja yksityiskohtaisia tietoja laitteesta.

2 SUOMEN PUUVARAT JA NIIDEN KÄYTTÖ

Biopolttoaineiden hyödyntäminen on kuluvalla 2000-luvulla tullut ajankohtaiseksi. Uusiutuvien luonnonvarojen hyödyntämistä tulevaisuudessa pyritään lisäämään huomattavasti. Tämä ei ole yksinomaan Suomen asia, vaan koskee koko maailmaa. Uusiutuvien luonnonvarojen tutkimukseen ollaan lisäämässä tutkimus- ja kehittämisrahoja, joilla saataisiin kehitettyä tehokkaampia ja kilpailukykyisempiä toimintaratkaisuja ja malleja. Suomessa olisi syytä miettiä myös polttoaineiden verotusmalleja, joilla voitaisiin tukea uusiutuvien polttoaineiden käytön kilpailukykyä verrattuna uusiutumattomiin polttoaineisiin.

Suomen metsien puuvarat ovat lisääntyneet 1970-luvun alusta yli neljänneksellä ja ovat nyt 1958 milj.m³. Metsien vuotuinen runkopuun kasvu, joka myös on viime vuosikymmeninä lisääntynyt selvästi, on nykyisin 76 milj.m³:n tasolla. Metsien kokonaispoistuma (hakkuupoistuma + luonnon poistuma) nousi 66 milj.m³:n tasoon vuonna 1997. Metsävarojen lisääntymiseen ovat keskeisesti vaikuttaneet viime vuosikymmeninä tehdyt metsänparannustoimenpiteet, metsien hoito ja oikein kohdennetut hakkuut. Metsien puumäärää on osaltaan lisännyt myös metsien kasvun ja vuosittaisen kokonaispoistuman välinen ero. Myös jatkossa näyttävät metsiemme kehittämismahdollisuudet hyviltä, kunhan metsien hoidon taso säilytetään korkeana.

Metsien hakkuut ylittävä kasvu mahdollistaa metsien talouskäytön ja luonnonsuojelun yhteensovittamisen Suomessa. Metsäteollisuus tarkastelee kotimaisen puun käyttöä ja käyttömahdollisuuksia todellisen saatavuuden pohjalta. Metsien suojeleminen ja luonnonmukaiset metsien käsittelytavat pudottavat tuntuvasti teollisuuden käytettävissä olevaa puumäärää. Samaan suuntaan vaikuttavat raakapuun vienti ja lisääntyvä energiankäyttö. Kun lisäksi otetaan huomioon metsiin jäävä luonnonpoistuma ja hakkuutähteet, on laskennallinen teollisuuden käytettävissä olevan määrä noin 60 milj. m³, ja todellisen tilakohtaisen kestävän puun saatavuuden huomioon ottaen noin 55 milj. m³. Metsäteollisuuden arvion mukaan metsävaramme ovat jokseenkin täydessä käytössä.

Metsäteollisuus on käyttänyt puuraaka-ainetta 1990-luvun puolivälin jälkeen 50-70 milj. m³ vuosittain. Puuraaka-aineen lähteitä ovat kotimainen raakapuu, kotimainen sivutuotepuu ja tuontipuu. Kotimaisen raakapuun hakkuukertymä nousi viime vuonna jo lähes 59 milj. m³:iin. Mekaanisen metsäteollisuuden tuotannossa syntyy sivutuotteita, joita käytetään mäsateollisuuden raaka-aineeksi noin 10-12 milj. m³ vuodessa. Osa sivutuotteista ja puun kuori käytetään energian tuottamiseen. Kotimaisen puun lisäksi teollisuus käyttää raaka-aineenaan tuontipuuta 8-10 milj. m³ vuodessa. Tuontipuusta on noin 60 % lyhytkuituista, pääosin koi-vua, jota Suomessa ei ole teollisuuden tarvitsemia määriä. Tuontipuusta pääosa, noin 80 % tulee Venäjältä. Teollisuuden puun kokonaiskäyttö on noin 70 milj. m³. Kotimaisen raaka-puun osuus on tästä 59 milj. m³ ja tuontipuun 10 milj. m³. Kiinteistöjen polttopuuna käytettiin 5 milj. m³.

Metsäteollisuuden raaka-ainekäyttö tulee olla puun ensisijainen käyttökohde. Tästä huolimatta on myös energiantuotantoon tarjolla huomattava määrä hukkarunkopuuta, latvusmassaa ja pieniläpimittaista kokopuuta, jolle ei ole näköpiirissä kysyntää teollisuuden tuotannon kasvunkaan kautta. Puupolttoaineiden tuotannon kannalta suurimman potentiaalin muodostavat uudistushakkuualueiden hakkuutähteet ja ensiharvennuksista korjattavissa oleva energia-puu.[1,s. 29,31.]

2.1 Bioenergian käyttö Suomessa

Viime vuonna maassamme otettiin käyttöön energiapuuta talteen noin 3 milj. m³. Energian tuotannossa puhutaan tällöin 6 miljoonasta terawattitunnista. Päästökauppa takaa sen, että metsästä saatavalle energialle riittää tulevaisuudessa kysyntää. Juuri nyt päästöoikeuksien hin-ta on halpa, mutta tilanne muuttuu viimeistään 2008, kun toinen vaihe Kioton sopimuksesta käynnistyy. Metsästä saatavalla energialla voidaan korvata ulkomaista kivihiiltä ja öljyä ja hel-pottaa energian tuotannon aiheuttamia päästömaksuja. Tässä mielessä puuenergian käytön lisäämiselle ei ole kattoa näkyvissä.

2.2 Metsäenergian käyttöä lisätään

Puuenergian käytön lisäämisessä on kova vauhti päällä. UPM on rakentanut jo seitsemän biovoimalaa Suomeen ja uusia harkitaan. Suomalaisten kokemusten innostamina biovoimaloita ollaan rakentamassa muuallakin Euroopassa olevien tehtaiden yhteyteen.

Metsän korjuukelpoiset energiaraaka-aineet jakautuvat kolmeen päähaaraan. Jokainen energialähde vaatii omat toimintamallinsa ja työketjunsä. Hakkuutähteet, oksat, latvat ja raivauksen yhteydessä saatava puu ovat saaneet jo erilaisia korjuuketjuja. Lähtökohtana on se, että puut korjataan tien varteen odottamaan jatkokäsittelyä.

Metsäkoneita ollaan parhaillaan kehittämässä, että korjuutyön kannattavuutta voitaisiin parantaa. Ensiharvennushakkuuseen saa Kemera-tukea, mikä parantaa metsänomistajalle tulevaa taloudellista hyötyä, jonkin verran ja lisää kiinnostusta metsän kunnostukseen.

Kannoista ja metsätähteistä metsänomistajalle maksetaan jo nyt korvausta. Maksukyky perustuu siihen, että näiden energiaraaka-aineiden korjuu saadaan järjestettyä kannattavasti. Pienpuun korjuussa kantohinnan maksaminen on kyseenalaista, koska hakkuulle saadaan yhteiskunnan tukea, että se voidaan ylipäättään suorittaa kannattavasti. Tulevaisuudessa kantohinnan maksaminen voi hyvinkin olla mahdollista, kun saadaan kehitettyä tehokkaampia korjuumenetelmiä.

Suomen tuottamasta bioenergiasta lähes kaikki on nykyisin puusta lähtöisin. Bioenergiasta 80 prosenttia tuotetaan metsäteollisuudessa, jossa sivutuotteetkin ovat täyskäytössä. Suomi on sitoutunut nostamaan biopolttoaineiden tuottoa ja käyttöä. Metsähakkeen käytön tavoite on viisi miljoonaa kuutiometriä vuonna 2010 ja edelleen kymmenen miljoonaa kiintometriä vuonna 2025. Kokonaisuudessaan metsähaketta voitaisiin Suomessa korjata arviolta 15 milj. m³ vuodessa. Tästä kahdeksan miljoonaa olisi päätehakkuualojen hakkuutähdettä, viisi miljoonaa harvennusten pienpuuta ja kaksi miljoonaa kanto- ja juuripuuta. Metsähakkeen käytön kasvu tulee jatkumaan voimakkaana seuraavan vuosikymmenen ajan, sillä puuperäisiin raaka-aineisiin perustuvia investointeja on rakenteilla. Lisäksi noin viiden vuoden kuluessa käynnistyvät ensimmäiset teollisuusmittakaavan nestemäisen polttoaineen jalostuslaitokset. Energiapuun korjuun työllisyysvaikutusten arvioinnissa yleinen käytäntö on ollut, että huomioidaan energiapuun hakkuun kaikki työvaiheet, ja näin tehdään tässäkin tutkimuksessa. [2,s. 24,25.]

3 TYÖLLISYYSVAIKUTUKSET

Työllisyysvaikutusten laskennassa on käytetty toimitusorganisaatioilta ja urakoitsijoita saatuja tietoja. Työllisyysvaikutuksia on arvioitu ensisijaisesti vuoden tuotantomäärien ja työntekijöiden tekemien työpäivien perusteella. Lisäksi arvioinnissa on käytetty koneiden ja laitteiden tuotoslukuja. Taimikonhoidossa ja harvennushakkuissa energiapuun hakkuun työpanosten ja kustannusten erittelemisen ei ole yksiselitteistä. Manuaalisessa hakkuussa energiapuun hakkuun ajankäyttö voidaan jakaa normaalin hoitotyöhön kuuluviin työvaiheisiin (siirtyminen ja kaato) ja energiapuun talteenoton aiheuttamiin työvaiheisiin (kasaus ja katkonta). Keskimö-lön (1994) tutkimuksessa siirtymiseen ja kaatoon kului aikaa noin puolet koko tehoajasta. Energiapuun hakkuussa aikaa kului siis kaksinkertaisesti normaaliin taimikonhoitotyöhön verrattuna. Energiapuun hakkuun tuottavuus maataloustraktoriperustaisella hakkuukoneella, jossa ei ole joukkokäsittelymahdollisuutta, vastaa tutkimusten mukaan suunnilleen moottorisahalla tehdyn hakkuun tuottavuutta (Ryynänen 1999). Perhossa yrittäjä hakkasi maataloustraktoriperustaisella hakkuukoneella kuitupuuta ja energiapuuta. Kun kaikki energiapuun hakkuun kaikki työvaiheet tuotos on ollut noin 2-3 m³ / käyttötunti. Jos arvioinnin perustana käytetään sitä, kuinka paljon energiapuun hakkuun on lisääntynyt leimikossa käytettyä työaikaa, saadaan energiapuun tuotokseksi noin 5 m³ /käyttötunti.

Metsänomistajien omatoimisesti tekemän hakkuun tuottavuudeksi on oletettu 70 % metsurihakkuun tuottavuudesta. Maataloustraktorilla tehdyn metsäkuljetusten tuottavuudeksi on arvioitu 3,2 m³ /käyttötunti (Ryynänen 1999). [3, s. 27.]

Metsähakkeen käytöllä on merkittävä työllisyysvaikutus varsinkin maaseudulla. Metsästä saatavalla tuloilla voidaan lisätä maaseudun elinvoimaisuutta ja sitä kautta elämisen mahdollisuuksia myös syrjäkylillä. Metsän oikea-aikainen harventaminen ja metsänparannustyöt ovat erittäin tärkeää hoitaa, jotta myös tulevaisuudessa olisi hyvälaatuista puuta teollisuuden tarpeisiin.

4 SUPERKOVAT TERÄT

Tässä luvussa perehdytään kovametallien keksimiseen valmistamiseen ja yleensäkin siihen minkä vuoksi ne ovat kestävyydeltään erittäin hyviä. Yleistietona kerrotaan myös, missä kovametalliteriä yleensä käytetään ja mitä eroa on timantilla ja kovametallilla. Omassa energia-kourakeksinnössäni puunkatkaisu on olennainen osa, ja sen vuoksi leikkuuterän materiaalilla on keskeinen rooli.

Kovametallia käytetään kulutuskestävyyttä vaativissa kohteissa. Terän hyvät työstöominaisuudet säilyvät pitempään kuin muusta materiaalista valmistetuilla terillä.

Superkoviksi teräaineiksi kutsutaan timantteja ja boorinitridejä. Niitä käytetään sekä terin lastuttaessa että hionnassa. Ennen timanttisynteesin kehittämistä konepajoissa käytettiin pelkkiä luonnontimantteja. Nyt työkaluja pinnoitetaan timanteilla Suomessakin.

Harvinaiset timantit ovat kiehtoneet ihmismieltä siitä alkaen, kun niitä alettiin löytää intialaisten jokien suistomailta. Niitä arvostettiin koruina, mutta niiden fysikaalisista ominaisuuksista päästiin perille vasta vähitellen. Kovuudestaan timantti on saanut kreikkalaisen nimensä adamas – voittamaton.

Luonnontimanttien rinnalle ovat tulleet synteettiset timantit. Kovia ovat myös eräät boorinitridit, jotka ovat aina synteettisiä. Lastuavassa työstössä timantteja ja boorinitridejä on alettu kutsua superkoviksi teräaineiksi. Lastuavien terien timanttipinnoitteet ja timantin kaltaiset pinnoitteet ovat uutta tekniikkaa, joka on tulossa laboratorioista rutiinikäyttöön. Uudessa lähteissä superkoviin teräaineisiin luetaan timanttien ja boorinitridien ohella myös timantilla pinnoitetut kovametalli-, piinitridikeraami- ja piikarbidikeraamiterät. .

Kiehtovuudestaan huolimatta superkoviin teräaineiden käyttö rajoittuu kuitenkin erikoistapauksiin. Joka paikan teräaineita ne eivät siis ole. Terillä lastuavissa menetelmissä teräaine, boorinitridi tai timantti, sintrataan massiiviseksi teräpalaksi tai 0,5...0,8 mm:n kerrokseksi kovametallialustalle. Timantit ja boorinitridit ovat myös hionnan superkovat teräaineet, joita laikalla hionnan ohella käytetään hoonaamiseen, hiertämiseen ja kiillottamiseen

Superkovat terät ovat tavanomaisia teriä huomattavasti kalliimpia. Hintaeroa tasoittavat superkovien terien moninkertaiset kestoajat kovametalli- ja keraamiteriin verrattuna. Superkovien teräaineiden käytön rajoitukset johtuvat korkean hinnan ohella niiden kemiallisista fyysisistä ominaisuuksista. Nyrkkisääntönä on, että timanteilla lastutaan ei-rautametalleja ja boorinitrideillä kovia rautametalleja. Nyrkkisääntöön on tietysti poikkeuksia.

4.1 Timanttien käyttö

Timantteja käytetään konepajoissa kovametallityökalujen hiontaan ja teroitukseen, hiomalaikkojen teroittamiseen ja muotoiluun, metallien kiillottamiseen sekä kivien, puun ja betonin sahaamiseen. Ensimmäinen metallisitoinen timanttihiomalaikka tuli markkinoille vuonna 1940. Sille oli kysyntää, koska käyttöön vakiintuvia kovametalleja oli voitava hioa. Synteettisten timanttien käyttömäärä on sittemmin noussut paljon luonnontimantteja suuremmaksi.

4.2 Timanttien synty

Keksijät ovat satoja vuosia ponnistelleet löytääkseen menetelmiä kalliiden timanttien keinotekoiseksi valmistamiseksi. Ranskalainen tiedemies Antoine-Laurent Lavoisier pääsi vuonna 1770 perille, että timantti on hiilen kidemuoto. Hiiltä taas tavataan mitä moninaisimmissa muodoissa ja yhdisteinä. Asiasta tehtiin oikea johtopäätös, että timantteja pitäisi olla mahdollista valmistaa muuttamalla teknisesti hiilen kiderakennetta. Arveltiin myös aivan oikein tarvittavan sekä lämpöä että painetta.

Teollisuuden timanttitarve kasvoi nopeasti, ja kylmän sodan kausi lisäsi osaltaan Yhdysvaltojen teollisuuden huolta niiden saatavuudesta. Paineet timanttien keinotekoiseen valmistamiseen kasvoivat nopeasti. Timanttisynteesin kehittämistehtävä lankesi General Electricille. Se varasi tutkimukseen huomattavat raharesurssit ja muodosti etevistä kemisteistä ja mekaanisen puolen osaajista tutkimusryhmän.

Kahden vuoden aikana rakennettiin suuri hydraulinen puristin, jolla tavoiteltiin timanttien syntysijoilla, syvällä maankuoren sisällä vallitsevia olosuhteita, 6900 Mpa:n painetta ja jopa 3500⁰C:n lämpötilaa. Ruotsalaisen Asean osuus puristintekniikassa oli merkittävä. Asea val-

misti ensimmäisen synteettisen timantin jo vuonna 1953. Kokeissa huomattiin tarvittavan myös katalysaattori, jona käytettiin sulaa rautaa, nikkeliä tai kobolttia. Vuoden 1954 aikana timanttien valmistus onnistui toistuvasti, joten menetelmä voitiin ottaa tuotantokäyttöön. GE julkisti sen helmikuussa 1955.

4.2.1 Luonnontimantteja 10 prosenttia

Timanttien käyttökelpoisuuteen konepajoissa vaikuttaa neljä asiaa: murtolujuus, lämmönvai-
kutuksen alainen murtolujuus, mikrotason murtumakäyttäytyminen sekä kidemuoto. Näihin
voidaan timanttisynteeseissä vaikuttaa säätämällä lämpötilaa ja painetta, katalyytin laatua ja
kasvatusaikaa. Ilmeni, että keinoitekoisesti valmistetut timantit saattavat olla ominaisuuksil-
taan jopa parempia kuin luonnontimantit. Konepajateollisuus on merkittävä timanttien käyt-
täjä.

Timantteja käytetään konepajasovelluksissa sekä yksikiteisinä (MCD, monokristalli) että mo-
nikiteisinä (PCD, polykristalli) työkaluina. Kemiallisesti muuten kestävä timantti reagoi rau-
dan kanssa, kun timantin hiili siirtyy teräksen pinnalle syntyviin karbideihin. Mitä alhaisempi
teräksen hiilipitoisuus on, sitä epäedullisempää on sen hiominen timanteilla.

Varomattomasta käytöstä seuraava korkea lämpö saattaa muuttaa timantin takaisin hiileksi,
mikä tapahtuu tilanteesta riippuen 900...1400 °C lämpötilassa. Varmuusrajaksi annetaan ta-
vallisesti 600...700 °C. Timantin korkea lämmönjohtavuus siirtää lastuamislämmön nopeasti
sideaineeseen, joka saattaa palaa. Tämän estämiseksi timanttirakeet voidaan pinnoittaa läm-
pöjarruna toimivalla nikkelillä, koboltilla tai seosmetalleilla. Luonnontimantteja käytetään
yksikiteisenä ei-rautametallisten peilipintojen sorvaamiseen ja murskatuista timanteista hio-
miseen. Oma sovellusalueensa on hiomalaikkojen oikaisu ja muotoilu timanttityökaluin.

4.2.2 Timanttipinnoitteet

Timanttipinnoitteet ovat muiden timanttien tapaan ongelmallisia rautametallien työstössä, joten niiden pääasiallinen käyttökohde ovat ei- metallit. Timanttipinnoitettujen terien kestoajat ovat kokeiden perusteella huomattavasti kovametalli- ja cermet- teriä pitemmät ja ylittävät myös jonkin verran monikidetimanttiterien kestoajat.

Tavallisin tapa valmistaa timanttityökalu on juottaa synteettisiä tai teollisuustimanttisiruja kovametallialustan pintaan. Kovametallialusta puolestaan juotetaan varsinaiseen työkaluun tarkoitusta varten tarkasti valmistettuun pesään.

4.3 Suurin käyttäjäryhmä

Timanttityökaluja käytetään eniten sorvaukseen ja jysintään. Meillä jysintä on selvästi suurin ryhmä. Merkittävä käyttäjä on muottiteollisuus, ja kipinätyöstökoneiden grafiittielektrodi- en työstössä timantti on ylivoimainen. Timantilla vakuuissa CVD- tai PVD-pinnoitettuja kovametallijyrsimiä (siis ei juotettuja) on saatavissa halkaisija-alueella 0,2...12 mm. Kestoajat ovat noin kymmenen kertaa pitemmät kuin yhdenkään kovametallin. Toinen alue on alumiinin työstö; timantteja käytetään aivan puhtaalle alumiinille tai kun piitä on yli 12 %, väli-alueella voidaan kannattavasti käyttää myös kovametallia. Edelleen sideaineellisia muoveja kannattaa koneistaa timanttiterin, samoin lasikuitua, pleksilasia, kuparia, messinkiä ja kumma kyllä titaania. Jälki on jysittäessä usein täysin purseeton, markkinointipäällikkö Leif Richnau Maanterä Oy: stä selvittää. [4, s.1,2,3,4,5.]

5 MARKKINOILLA OLEVIA ENERGIAPUUN KERUULAITTEITA

Tämänhetkiset energiapuun keruulaitteet katkaisevat puun giljotiinimenetelmällä ja muutammat mallit sahaamalla ketjuterällä. Laitteilla voidaan puut niputtaa tai lastata ne perävaunuun, mutta niitä ei voida katkaista nippuna lyhemmiksi. Lisäksi markkinoilla on yhdistelmäkouria pienirunkoisiin harvennushakkuisiin ja nämä laitteet liitetään pääsääntöisesti metsätraktorissa olevaan kuormaimeen. Seuraava poiminta markkinoilla olevista laitteista.

- Nisula -tuotemerkillä markkinoitavat laitteet pienpuun korjuuseen toimivat hydraulisesti työntävällä terällä. Laitteita on kaksi pienempää mallia ja ammattikäyttöön suurempi malli. Pienempi on traktorikuormaimeen liitettävä, ja suurempi malli on suureen traktoriin tai metsäkoneeseen liitettävä malli. Esitteen mukaan maksimi katkaisuteho on n. 150 mm. Pienemmän mallin painoksi ilmoitetaan 108 kg.

Valmistaja: Nisula Forest Oy

- Logman Abab Klippen 250-tuotemerkillä pienpuun keruulaite. Laitteella voidaan kerätä energiapuuta halkaisijaltaan aina 250 mm:iin asti. Lastaus ja purkumahdollisuudesta ei esitteessä kerrota.

Valmistaja: LOGMAN

- Profi-tuotemerkillä energiapuunkorjuulaite. Laitteella voidaan kerätä energiapuuta halkaisijaltaan yli 250 mm:iin asti. Laite kytketään metsätraktoriin. Kuormausmahdollisuutta ei ole.

Markkinointi ja myynti: Profi-Forest Oy

- Naarva-Koura energiakourat. Keräävät kourat kaikille alustakoneille. Katkaisutehot halkaisijaltaan 230-320 mm. Laitteen painot 225-560 kg.

Valmistaja: Pentin Paja Oy

- Mecanil-energiakoura tuotemerkillä markkinoitava laitteella voidaan puunrunгон katkaisu halkaisijaltaan 250 mm:iin asti. Katkaisee ketjusahalla ja laitteella voidaan lastata puuta.

Valmistaja: Mecanil Oy Ab.

Hinnat laitteilla vaihtelevat kuudesta tuhannesta kymmeneen tuhansiin euroihin. Hinnataan ja kokoluokaltaan vaihtoehdot sijoittuvat laajalle alueelle.

6 ENERGIAPUUN KERUUKOURAN SUUNNITTELU

Suunnittelu on lähtenyt alkuun jo reilu vuosi sitten, jolloin aloin miettiä energiapuun hankintaan tehokasta ja toimivaa ratkaisua. Tällä hetkellä markkinoilla ei ole vielä sellaista hyvää konetta, jolla olisi tehokasta ja taloudellisesti kannattavaa kerätä energiapuuta metsästä. Sellaiselle koneelle olisi tarvetta, koska bioenergian käyttö lisääntyy jatkuvasti. Yleisesti energian hinnan nousu myös edistää etsimään ja tutkimaan eri energiavaihtoehtoja kestävän kehityksen kannalta. Monet yritykset esimerkiksi maatilat ja kasvihuoneviljelijät, ovat siirtyneet käyttämään puuhaketta lämmitykseen. Lämmitysjärjestelmiä on kehitetty ja niitä onkin tarjolla monessa koko luokassa. Näiden toiminta edellyttää hyvälaatuista ja kuivaa puuhaketta. Markkinoilla ei valitettavasti ole tarjolla riittävästi tällaista puuhaketta. Käyttäjien kokemusten mukaan toimitetut puuhakkeet ovat olleet laadullisesti huonoja. Suurin haitta on puuhakkeen liiallinen kosteus. Kosteus aiheuttaa hakekattiloissa toimintahäiriöitä ja haketta myös kuluu huomattavasti enemmän kuin kuivaa haketta. Toimintahäiriötä on varsinkin silloin, kun pakkasta on 10 astetta tai sitä enemmän. Pakkasella märkä hake jäätyy, minkä vuoksi se ei valu siilossa syöttöruuville ja lämpökattilassa tuli sammuu. Märkä puuhake ei myöskään pala kattilan palopäässä, vaan sammuu ja laitteisto tekee automaattihälytyksen.

Hakkeen käyttäjät ovat todenneet, että energiapuu on hankittava omatoimisesti ja kuivattava itse, mikäli haluaa lämmittää ilman ongelmia. Tämä aiheuttaa tarpeen koneelle, joka olisi tehokas energiapuun hankintaan. Keskustelujen perusteella myös metsäyhtiöt ovat hyvin kiinnostuneita uusista ratkaisuista tälläkin saralla.

Minulla on kokemusta harvennushakkuusta pitkältä jaksolta, joten tiedän, millaisen hakkuujäljen tulee olla ja kuinka energiapuun kuljetuslogistiikan pitää toimia. Näitä taustoja hyödynnän tässä energiapuun keruukouran suunnittelussa.

6.1 Energiapuun keruukouran tekninen suunnittelu

Suunnittelun lähtökohtana on ollut koneen kokoluokan sopivuus markkinoilla oleviin maatalakuormaimiin. Tämä tulee varsinkin huomioida koneen painon suhteen, ettei siitä ei tule liian painava. Seuraava seikkana on otettava huomioon traktorista saatava hydraulipumpun tuotto ja paine. Suunniteltaessa sopivaa konetta näihin ns. isäntälinjan tarpeisiin tulee koneen hankintahinnan pysyä sillä tasolla, että koneen hankkiminen on kannattavaa.

Energiapuun keruukouran tulee olla sovitettavissa erimerkkisiin puutavarakuormaimiin. Suunnittelussa on huomioitava, että sovituskappaleet mahdollistavat tämän helposti ja nopeasti. Käyttäjäystävällisyys on myös tärkeä seikka, mikä tulee huomioida niin käytön kannalta kuin huollon ja korjaamisen helppoutena. Pyrkimyksenä on saada energiapuun keruukouralle mahdollisimman pitkät huoltovälit. Tämä tulee koskemaan tietenkin koko konetta, mutta kriittisin paikka on puunkatkaisu. Leikkuuterän leikkaustekniikalle ja terän laadulle tulee kovat vaatimukset.

6.2 Puunrunгон katkaisu

Leikkaus tulee tapahtumaan pyörivällä kovametallipalaterällä. Terän pyöriytykseen saadaan voima hydraulimoottorilla, joka on mäntätyyppinen. Terä kiinnitetään laakeripakettiin, johon myös hydraulimoottori liitetään. Sahausterälle ei tule vaihteistoja eikä mitään erillisiä pyörimisnopeuden välitysrakenteita. Sahausliikeradan sivuittaisliike saadaan mekanismilla, ja sitä liikuttaa kaksitoiminen hydraulisylinteri. Leikkuuliikkeen aloituskäskyn antaa koneen kuljettaja ja liikkeen palautuskäsky hoidetaan rajakatkaisijan avulla. Rajakatkaisija asennetaan helpottamaan ja varmistamaan, että leikkuulaite palautuu aloitusasentoon. Lisäksi laitteeseen joudutaan valmistamaan suojaukset, jotta laite täyttää työturvallisuusvaatimukset.

6.3 Kuormaimen kouran hallinta

Kouran asennon muuttaminen leikkuusta kuormaukseen tapahtuu ns. tilitin avulla. Voima tälle kallistukselle tulee kaksitoimisella hydraulisyylinterillä. Kun siirrytään kuormausasennosta leikkuuasentoon, tapahtuu liike hydraulisyylinterissä öljynpaineen avulla. Vastaavasti toiseen suuntaan liike tapahtuu sylinterin toimiessa päinvastoin. Runkoja kaataessa tämä sylinteri voidaan asettaa ns. uivaan asentoon, jolloin puun runko pääsee kaatumaan painovoiman avulla. Puunrunkoa on voitava ohjata kaadon aikana, että se saadaan kaatumaan ennalta ajateltuun suuntaan. Hydraulisyylinterin liikkeiden ohjaus hoidetaan on/off-tyyppisillä katkaisijoilla. Katkaisijoiden ja sylinteriventtiilien väliset käskyt siirretään kaapelia pitkin. Kumpaankin hydraulisyylinteriin asennetaan virtauksen säätöventtiilit, jotta sylintereiden liikenopeudet voidaan säätää tarpeen mukaan. Säättämismahdollisuutta tarvitaan, kun toimintaolosuhteet muuttuvat, esimerkiksi katkaistavien puun paksuus, kuljettajan ammattitaito tai lämpötila.

6.4 Puun katkaisuun vaikuttavat tekijät

Tärkeimpiä puunkatkaisuun vaikuttavia tekijöitä on katkaisutekniikka. Muita olennaisia osatekijöitä ovat leikkausnopeus, terän tarkoituksenmukaisuus työn suorittamisessa sekä terän kunto. Pienirunkoisen puun keruu monta runkoa katkaisemalla yhtäaikaisesti nopeuttaa merkittävästi työn suorittamista. Laitteen käytettävyys on myös erittäin tärkeä nopeuteen vaikuttava tekijä. On selvää, että mitä nopeammin eri työvaiheet sujuvat, niin kokonais käsittely kapasiteetti muodostuu yhteenlasketusta tuloksesta. Hyvä lopputulos tehdystä työstä muodostuu osaavan kuljettajan ja edellä mainittujen osatekijöiden perusteella. (Taulukko 1).

Taulukko 1. Kouran tarvike luettelo

Komponentti	Tyyppi nimi/laatu	Määrä
Hydraulilohko	Parker P70	1 kpl
Hydraulimoottori	Parker F1 mäntämoottori	1 kpl
Sähkölaitteet katkaisijat	On/off-tyyppiset	2 kpl
Sähkölaitteet johdot	Säänkestäviä, suojattuja	15 m
Hydrauliletkut	1/2 tuuman teräskudos	40 m
Hydrauliliittimet	Puristinmalli	10 kpl
Öljynvirtaussäädin	Mekaanisesti säädettävä	2 kpl
Hydrauliletkujen kiinnikkeet	Metalli/kumi	20 kpl
Leikkuuterä	Kovametallipala	1 kpl
Laakerit + pesä	Rullalaakeri ylä/ala	2 kpl
Laakerihelat	Messinkiholkki	7 kpl
Rasvanipat	R8	7 kpl
Teräkseli	Teräkseli	1 kpl
Holkki	Teräsholkki	5 kpl
Runkorakenteet	Teräprofiiliputki 50*70	6 m
Runkorakenteet	Teräslatta 5*80	1 m
Runkorakenteet	Teräslatta 8*120	0,4 m

7 HYDRAULIMOOTTORIN VALINTA

Hydraulimoottorit eivät ole moottoreiden tapaan voimakoneita, vaan ne tarvitsevat käyttömoottorin ja hydraulipumpun.

Hydrauliikkaa käytetään paljon, koska sillä laitteet saadaan toimimaan hyvin ilman vaurioituvia mekaanisia voimansiirtolaitteita. Usein puhutaan hydrostaattisista moottoreista, mutta hydraulimoottorinimitystäkin käytetään.

Hitaasti pyöriviä moottoreita käytetään mm. vetomoottoreina sekä harjojen ja murskainten moottoreina. Nopeasti pyöriviä moottoreita on joissakin leikkureissa ja kuljettimissa.

Rakenteen mukaan moottorit jaetaan hammaspyörä-, mäntä-, siipi- ja roottorimoottoreihin.

Mäntämoottoreita on kahta tyyppiä: säteis- ja aksiaalimäntämoottoreita. Niitä käytetään yksittäisinä vetomoottoreina tai napamoottoreina vetävissä pyörissä. Mäntämoottorin hyvänä puolena on myös parempi hyötysuhde kuin muilla hydraulimoottoreilla. Mäntämoottorissa ei siis tapahdu öljyn ohivuotovirtausta, vaan kaikki öljynvirtaus saadaan hyödynnettyä työenergiaksi.

Näiden edellä mainittujen seikkojen perusteella on energiapuun keruukouran terän pyöritykseen päätetty valita hydraulimäntämoottori. Tutkiessani asiaa, myös muissa hakkuukoneissa terän pyöritys on toteutettu hydraulimäntämoottorin avulla. [5, s. 1,2,3.]

Kajaanilaiselta hydrauliikkamyyjältä sain tietoa siitä mitä tulisi ottaa huomioon valittaessa moottoria terän pyöritykseen. Kun on ratkaistu, minkä tyyppistä moottoria käytetään on vielä mitoitettava minkä kokoinen se on. Valintaan vaikuttavat siis hyvin monet tekijät. (Taulukko 2).

Taulukko 2. Hydraulimoottorin valintaan olennaisia arvoja.

Teho	Yli 60 l
Vääntö momentti	Yli 120 Nm
Hinta	Alle 1000 €
Kierrosluku	N. 2000 kierr. min.
Paino	Alle 10 kg
Käyttöpaine	N. 200 bar.
Saatavuus	Hyvä
Laatu	Luotettava / kestävä

7.1 Hydraulimoottori

Hydraulimoottorit ovat periaatteessa vastakohtia hydraulipumpuille. Ne muuttavat hydraulisen energian takaisin mekaaniseksi energiaksi. Rakenteeltaan hydraulimoottorit muistuttavat suuresti pumppuja, ja joskus on mahdollista käyttää hydraulipumppua moottorina ja päinvastoin. Asia on kuitenkin parasta varmistaa pumpun tai moottorin valmistajalta. Hydraulimoottorit toimivat kuten pumput syrjäytysperiaatteella. Moottoreita ohjataan avoimessa hydraulijärjestelmässä 4-tieventtiilillä tai käytetään suljettua hydraulijärjestelmää. Molemmissa tapauksissa moottori saadaan pyörimään molempiin suuntiin. Hydraulimoottoreille on ominaista, että niistä saadaan suuria momenteja ja tehoja kokoon nähden. Käynnistysmomentit ovat 80...99 % nimellismomentista. Moottorit sopivat hyvin vaativiin olosuhteisiin, koska hydraulijärjestelmä on tiivis ja moottorissa syntyvä lämpö siirtyy väliaineen mukana säiliöön. Usein hydraulimoottoreissa on erillinen vuotoliitântä, joka yhdistetään säiliöön.

Moottorit ovat joko hidaskäyntisiä 0...500 r/min (suuri momentti) tai nopeakäyntisiä 1000...4000r/min (pieni momentti). [6, s. 80]

7.2 Hydraulilohko

Hydraulilohko kootaan kolmesta yhdistettävästä yksiköstä, jotka ovat malli merkinnältään Parker P70 sähköllä esiohjattu lohko. Vertailtaessa eri vaihtoehtoja edellä mainittu vaihtoehto soveltuu parhaiten tähän energiakeruukouraan.

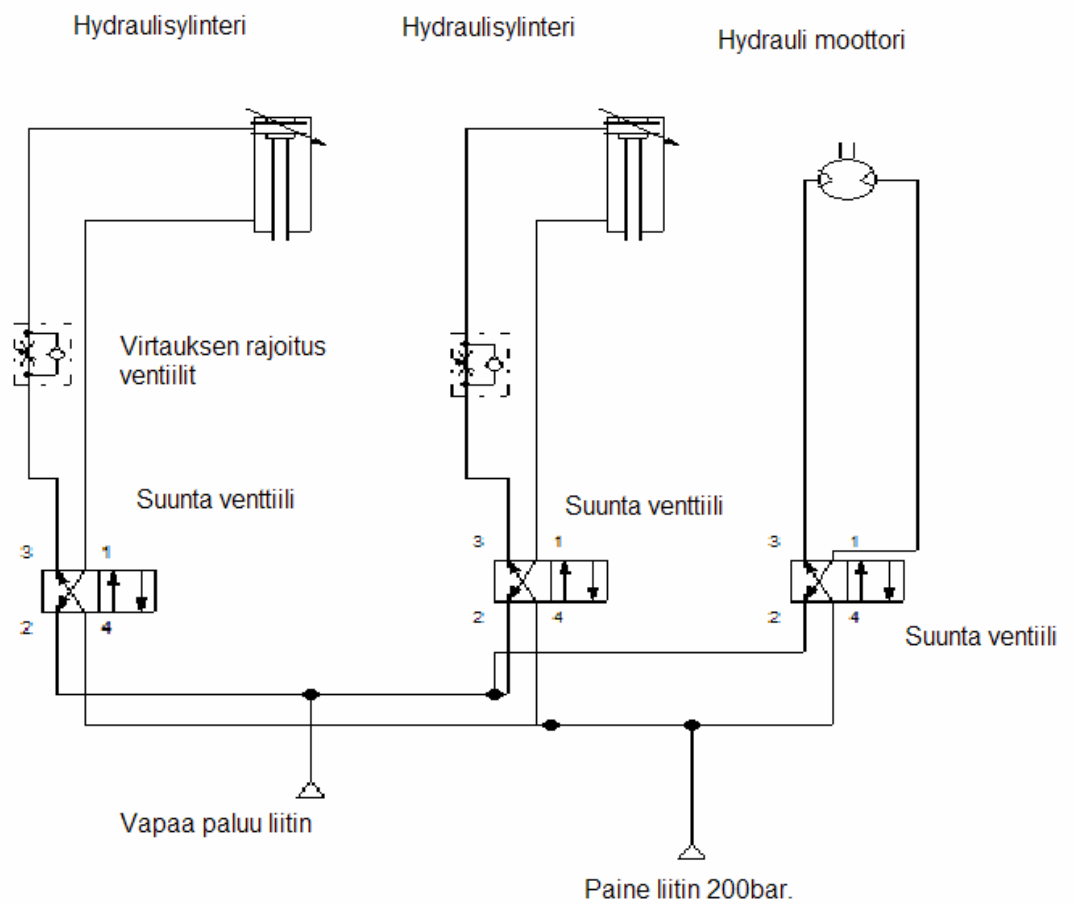
Parker P70:ssä on sisäänrakennetut erilaiset öljyvirtausmahdollisuudet, kuten esimerkiksi vapaa kierto hydraulimoottorille. Tämä malli on myös kokonsa ja hintansa puolesta sopiva vaihtoehto energiapuun keruukouraan. (Taulukko 3).

Taulukko 3 Hydraulilohkon valinta:

Teho / läpivirtaus litrat	0-80 l
Paino	n.6 kg
Vapaa virtausmahdollisuus	On
Sähköllä esiohjaus	On
Hinta	Kilpailukykyinen
Luotettava	On
Muutosmahdollisuudet	Hyvät
Saatavuus	Hyvä

Hydraulikaaviokuva

Kaaviokuvan tarkoitus on näyttää toiminnot suurin piirtein, sillä ei haluta antaa yksityiskohta tietoa. Tämä sen vuoksi, että tuotteen keskeinen idea säilyisi vain keksijän tiedossa. (Kuva 1).



Kuva 1. Hydraulikaavio

8 ENERGIAKERUUKOURAN LEIKKUUTERÄ

Leikkausterä on tämän laitteen yksi tärkeimmistä osista. Terän ominaisuudet heijastuvat suoraan kaikkiin laitteen ominaisuuksiin ja käytettävyyteen. (Taulukko 4).

Taulukko 4

Tekniset tiedot terästä

Terän koko	D 700*50*6,7/5,5
Terässä hampaita	Z = 80 KM
Hinta yksi kpl	490 € alv.0%
Hinta kaksi kpl	852 € alv.0%

Terän valintaan tulee kiinnittää erityistä huomiota, koska se joutuu kovalle rasitukselle. Sen vuoksi teränrungon tulee olla vahva 5,5 mm, että se kestää taipumatta ne rasitukset, jotka siihen kohdistuvat. Kovametallipalojen tulee olla hyvin kiinnitetty terän hampaisiin, että ne pysyvät kiinni irtoamatta. Tämän kokoiselle halkaisijalla olevalle terälle valmistaja ilmoitti hammasluvun 80 kappaletta olevan sopivan kun leikkausjäljellä ei ole suurta merkitystä. On tietysti selvää, että mitä suurempi hammasluku sitä hitaampi on leikkuunopeus. Tämä korostuu varsinkin silloin, kun sillä leikataan tuoretta puuta.

Toisena terävaihtoehtona olisi pikateräksestä valmistettu terä, joka olisi huomattavasti edullisempi kuin kovametallipalaterä. Terän hinta noin on puolet vastaavanlaisesta kovametallipalaterästä. On suunniteltu siten, että huolto väli on pitempi kovametallipala terällä ja näin se lisää tehokasta työaika.

Terän valmistajia ei Suomessa ole monta, joten sen hankkiminen ei ollut aivan helppoa. Lopulta internetistä löytyi firmoja, jotka toimivat puunsahaukseen liittyvällä alueella.. Lopulta laitteeseen löytyi tarkoituksenmukainen terä.

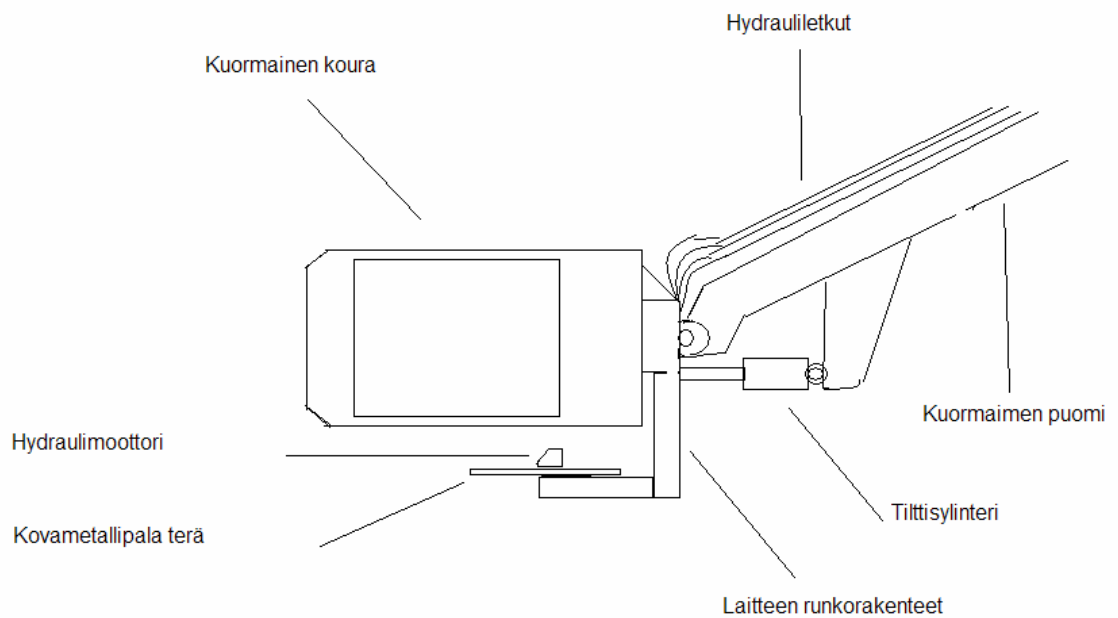
9 TYÖN TOTEUTUS

Energiakouran teko voi alkaa aikaisintaan syksyllä 2007. Silloin laitteesta tehdään prototyyppi näiden suunnitelmien pohjalta. Prototyypin tekoon varaan tällöin aikaa noin kuukauden. Työn tekemiseen oleva laitteisto ja tilat minulla on käytettävissä. Laitteisto käsittää metallin katkaisuun, poraukseen, hitsaukseen, hiontaan ja maalaukseen käytettävät laitteet. Työstö koneita vaativat osat teetän alihankintana, kuten esimerkiksi messinkihelat ja niiden pesät. Hydrauliletkusarjat ovat järkevää teettää yrityksellä, jolla on hyvät puristimet työn suorittamiseen. Tarvittavat sähkötyöt suoritan omana työnä.

Energiakouraan tarvittavat komponentit tilaan tässä suunnittelussa tehtyjen tutkimusten pohjalta. Komponentit ovat helposti ja nopeasti saatavissa. Leikkuuterän toimitusaika on pidempi.

Käytännön testaus voidaan aloittaa sitten, kun koura on valmis ja se on kytkettynä traktoriin, jossa on kuormain. Testaukseen varataan aikaa useampi kuukausi, jotta saadaan luotettavasti selville laitteen kestävyys ja toimivuus. Testauksen suorittajana toimin itse.

Suunnittelun pohjalta piirretty periaatekuva energiapuun keruukourasta nähtävissä (Kuva 2). Tässä työssä ei ollut tarkoitustakaan tehdä tarkkoja työkuvia, ne rajattiin pois, jotta työn laajuus ei tule liian suureksi. Periaatekuvasta saa käsityksen laitteen mallista, ja se toivottavasti antaa lisäinformaatiota lukijalle tämän työn tarkoituksesta.



Kuva 2. Energiakouran periaatekuva.

9.1 Puun leikkuuseen vaikuttavat nopeudet

Pyörimisnopeus

Pyörimisnopeus voidaan määritellä niin, että se on akselin pyörähtämien kierrosten lukumäärä aikayksikössä

$$n = N/t$$

$$n = \text{pyörimisnopeus}$$

$$N = \text{terän kierrosten lukumäärä}$$

$$t = \text{pyörimisaika}$$

9.2 Kriittinen pyörimisnopeus

Terän valmistajat merkitsevät yleensä terien suurimman sallitun pyörimisnopeuden. Sitä ei saa ylittää. Muuten terä joutuu värähtelyvaiheeseen. Kriittiset pyörimisnopeudet aiheuttavat värinän, jolloin myös tapaturmavaara kasvaa. Yleisimmät pyörimisnopeudet ovat 5-500 1/s.

9.3 Kehänopeus

Kehänopeus on terän suun aikayksikössä kulkema matka m/s.

Kehänopeus lasketaan kaavasta. $v = \pi dn$ (kaava 1.)

$$v = \text{kehänopeus}$$

$$n = \text{pyörimisnopeus}$$

$$\pi = 3,14$$

Energiapuun keruukouran kehänopeus

$$\pi \times 0,7m \times 33,3s = 73.3m / s \quad (\text{kaava 1.})$$

Puuntyöstökoneiden terien kehänopeus vaihtelee hyvin paljon.

9.4 Suositeltavat leikkuunopeudet

Mitä suurempaa kehänopeutta käytetään, sitä parempi leikkuujälki saavutetaan, mutta samalla terä tylsyy nopeasti, koska lastu on liian ohut. Suositeltavat puunsahauskoneiden kehänopeudet ovat 20-80 m/s. Nopeuden valintaan vaikuttaa työstötapa, terien kiinnitystapa, työstettävä aine ja haluttava jälki. Energiapuuta kaadettaessa ei sahauksen jäljellä ole suurta merkitystä vaan tärkeitä on sahaus teho.

Leikkuunopeus on likimäärin sama kuin kehänopeus, joten se lasketaan samasta kaavasta.

(kaava 1)

Suosittelvat leikkuunopeudet ovat seuraavat:

- Pehmeä puu 70-100 m/s
- Kova puu 70-90 m/s

9.5 Syöttönopeus

Syöttönopeus on työstettävän kappaleen nopeus työstävään terään nähden. Syöttöliike voidaan antaa koneesta riippuen joko kappaleelle tai terälle.

Syöttönopeus saadaan kaavasta $v = \frac{s}{t}$ (kaava 2)

v = syöttönopeus

s = työstetyn matkan pituus

t = työstöön käytetty aika

Syöttönopeuden yksikkönä käytetään m/s.

Energiapuu kouran syöttö nopeus:

$$v = \frac{0,9m}{3s} = 0,3m/s \quad (\text{kaava 2})$$

9.6 Laskennan tuloksien arviointi

Laskemalla selvitettiin ja varmistettiin, että valitut komponentit soveltuvat laitteeseen. Komponentit voidaan säätää räätälöidysti laitteesta olosuhteita ja tarpeita vastaaviksi. Laskemalla on myös varmistettu, että esimerkiksi terän pyörimisnopeus on oikeissa rajoissa. Tämä on tärkeää laitteen toimivuuden ja kestävyuden kannalta. Koneen säätäminen työkuuntoon on helpompaa, kun siitä on laskettu teoreettiset arvot.

10 YHTEENVETO

Työni oli suunnitella ja tehdä tutkimus aivan uudentyyppiselle energiakouralaitteelle. Suunnittelu oli erittäin mielenkiintoista, sillä lähtihän tämän työn ajatus omasta ideastani. Tämän tyyppiselle laitteelle on nyt ja tulevaisuudessa paljon kysyntää, koska bioenergian käyttö lisääntyy voimakkaasti.

Työn on ollut isourakka, koska varsinaisen insinöörityön ulkopuolella olen tehnyt varovaisesti arvioiden 200 tuntia tutkimustyötä. Tätä on tarvittu rahoitus mahdollisuuksien selvittämiseen, sekä prototyypin valmistuksen suunnitteluun. Rahoitus avustusta on anottu keksintösäätiöltä, sekä alustavia keskusteluja on käyty myös TE -keskuksen kanssa.

Laitteen suunnittelu vaati ensin suuren määrän tutkimustietoa, koska aloitin projektin aivan alusta. Tietoa aloin kerätä ensin kirjastosta ja internetistä. Sen jälkeen konealaaan perehtyneiltä kauppialta ja yrityksiltä. Tietojen keruussa meni aikaa, mutta sain ajankohtaista tarkkaa tietoa. Näiden tietojen perusteella ratkaisin komponentit, joita laitteessa tulen käyttämään.

Työ on ollut erittäin mielenkiintoinen, mutta lisäksi myös haasteellinen. Työssä joutui pohtimaan ja ratkaisemaan monentyyppisiä ongelmia. Tulevat vuodet näyttävät, kuinka projekti etenee. Kiinnostusta metsäalalla olevilla yrityksillä vaikuttaa olevan erittäin paljon suunnittelemani laitetta kohtaan. Mielenkiintoisia haasteita on varmasti myös lähitulevaisuudessa, kun ensimmäisen laitteen valmistus ja testaus käytännössä alkaa.

LÄHTEET

1. Puun energiankäyttö ja sen edistäminen: kauppa- ja teollisuusministeriön tutkimuksia ja raportteja 18/1998 Energiaosasto.
2. OP – ryhmän maa- ja metsälehti 1/07 : Artikkelit Christer Backlund
3. Metsähakkeen energiakäytön työllisyys- ja tulovaikutukset - case tutkimus:
Kajaanin kehittämiskeskus / Aikuiskoulutus- ja alueyksikkö 2004
Alpo Ahonen
4. Metallilehti /Talentum lehtiarkisto / Adamas – voittamaton
<http://lehtiarkisto.talentum.com> Veijo Kauppinen
5. Internet osoite. <http://www.edu.fi/opiimateriaalit>
6. Hydraulikka Jaakko Fonselius

