

**Tyvilahoa sisältävän puun käyttömahdollisuudet
energianlähteenä Länsi-Suomessa**

**Katriina Lipponen, Metsäntutkimuslaitos
Markku Mäkelä, Metsäteho Oy**

Metsätehon raportti 40
26.1.1998

Ulkopuolinen hanke: Maa- ja metsätalousministeriö

Metsäntutkimuslaitos
Vantaan tutkimuskeskus
PL 18
01301 Vantaa
Puhelin: (09) 857 051

Asiasanat: bioenergia, tyvilaho, määrä, laatusisältö,
hankintakustannukset

© Metsäteho Oy

Helsinki 1998

SISÄLTÖ

Sivu

TIIVISTELMÄ	3
1 TAUSTA	4
2 TAVOITE	4
3 TOTEUTUS	4
4 TULOKSET	5
4.1 Lahon puun määrä	5
4.2 Lahon puun laatusisältö	7
4.3 Hankintakustannukset	7
5 TARKASTELUA	12
6 ESIMERKKI TULOSTEN HYÖDYNTÄMISESTÄ	12

TIIVISTELMÄ

Tavoitteena oli selvittää energiakäyttöön mahdollisen tyvilahoa sisältävän kuusipuun määrä, laatu ja hankintakustannukset Länsi-Suomessa. Määrätietoaineistot kerättiin sekä yritysten tietojärjestelmistä että järjestetystä seurannasta. Lahopuun laatu selvitettiin työmaamittauksilla.

Metsäteollisuus vastaanotti lahoa sisältävää puuta keskimäärin 4,2 % kuusen kokonaismäärästä. Seuranta-aineistossa vastaavat lahoprosentit olivat päätehakkuissa 6,8 ja harvennuksissa 6,0. Teollisuudelle kelpaamatonta, mutta energiantuotantoon soveltuvaa hylkypuuta oli keskimäärin 1,2 % kuusivaltaisten leimikoiden hakkuumäärästä. Lahopuun korjuun yhteydessä on leimikoilta myös mahdollista kerätä talteen teollisuudelle kelpaamatonta lehtipuuta. Lahopuu jakautui seuraavasti: värivikaista oli 25 %, kovaa lahoa sisälsi 40 %, pehmeää lahoa 20 % ja muuta lahoa 15 % pölkyistä.

Lahoa sisältävän puun hankintakustannuksiksi saatiin 50 km:n kuljetusmatkalla ja käyttöpaikalla hakettuna 34 – 42 mk/i-m³ hakkuutavasta riippuen. Lahopuuhakkeella tuotetun energian megawattituntikustannuksiksi saatiin vastaavissa olosuhteissa 43 – 53 markkaa

1 TAUSTA

Etelä- ja Länsi-Suomessa keskimäärin joka kuudes päätehakkuiäkäinen kuusi on tällä hetkellä lahovikainen, itäisellä Uudellamaalla ja Ahvenanmaalla paikoitellen joka kolmas. On odotettavissa, että lahovikaisen kuusen määrä tulee vielä lisääntymään lähivuosisikymmenien aikana, sillä valtaosa eteläisen Suomen talousmetsien järeän kuusen tyvilahosta on kesähakkuiden seurauksena leviävän juurikäävän aiheuttamaa.

Lahoa sisältävää kuusta voidaan käyttää sekä kemiallisen metsäteollisuuden raaka-aineena että energian tuottamiseen. Metsäluonnon monimuotoisuuden turvaamiseksi jonkin verran lahopuuta suositellaan nykyisin jätettäväksi myös metsään. Metsäteollisuuden lahon puun vastaanotossa on yritys- ja tehdaskohtaisia eroja. Havukuitupuussa kovaa lahoa sallitaan yleensä enintään puolet ja pehmeää lahoa kolmasosa läpimitasta. Tällöin tervettä puuta tulee kuitenkin olla vähintään minimiläpimitan verran.

Lähtökohta lahovikaisen puun käytölle on, että se ohjataan kokonaistaloudellisesti kannattavimpaan käyttökohteeseen. Metsäteollisuudelle käyttökelpoinen puu kulkeutuu suurimmaksi osaksi sellun raaka-aineeksi energiakäyttöä paremman puustamaksukyvyyn johdosta. Energiantuotantoon jää tällöin käytettäväksi laadun puolesta metsäteollisuudelle kelpaamaton tai liian kaukana teollisuuden jalostuspaikasta sijaitseva lahovikainen puu. Energiantuotantoon lahovikainen puu ohjautuu, jos sen hinta käyttöpaikkaan toimitettuna on kilpailukykyinen korvaavaan raaka-aineeseen, esim. raskaaseen polttoöljyyn verrattuna. Suhdannevaihtelut huomioon ottava lahopuun käytön suunnittelu edellyttää, että tyvilahokuusen alueelliset määrät ja laatu tunnetaan mahdollisimman hyvin.

2 TAVOITE

Tavoitteena oli laatia Länsi-Suomesta kootun aineiston pohjalta selvitys energiakäyttöön mahdollisen järeän kuusen määrästä, lahopuun laatusisällöstä ja hankintakustannuksista. Esimerkkinä tulosten hyödyntämismahdollisuuksista laskettiin tyvilahoa sisältävän puuraaka-aineen potentiaalinen määrä puupoltoaineen käyttöä suunnittelevalle lämpölaitokselle Kokemäellä.

3 TOTEUTUS

Selvityksen pohjana on aineisto, joka koostuu 148 kuntaa koskevista tiedoista entisten Helsingin, Lounais-Suomen, Satakunnan, Uudenmaan-Hämeen ja Pirkka-Hämeen metsälautakuntien alueilla. Aineiston kokoaminen aloitettiin keräämällä kuntakohtaisesti mainitulta alueelta puunhankintayritysten tieto-

järjestelmiin tallennetut tiedot teollisuuden vastaanottamista puumääristä ja puutavarajakautumista vuosilta 1990-95 sekä lahovikaiseksi luokitellun puun määristä vuosilta 1994-95. Tilastot eivät sisällä tietoja teollisuudelle kelpaamattomista lahopuueristä, ns. hylky- eli isännän puusta, joten aineistoa täydennettiin järjestämällä syksyllä 1995 kahden kuukauden seurantajakso käynnissä olevilla työmailla.

Kuntakohtaiset keskimääräiset lahoprosentit (lahovian takia alempiarvoisiksi puutavaralajeiksi luokitellun kuusen osuus leimikolta hakatun kuusen kokonaismäärästä) saatiin yhdistämällä puunhankintayritysten tietojärjestelmistä kootut tiedot ja seurantajakson tulokset. Kuusen osuus kokonaishakkuumäärästä selvitettiin puutavarajakautumia koskevista tilastotiedoista. Kokemäellä sijaitsevaa lämpölaitosta varten laskettiin kuntakohtaiset lahopuun määrät ja laadittiin esimerkkilaskelma tyvilahoa sisältävän puuraaka-aineen määrästä.

Tyvilahoa sisältävän puun laatusisältöä selvitettiin 22 leimikolta hakkuun jälkeen. Lahovikaisen kuusen osuus hakatun kuusen kokonaismäärästä vaihteli leimikoilla 3,3 %:sta 29,8 %:iin. Tienvarteen ajetuista lahopuupinoista mitattiin 200 – 250 pölkyn läpimitta, todettiin pölkyn sisältämän lahon aste (värivika, kova- tai pehmeä tyvilaho, muu laho) sekä silmävaraisesti lahon aiheuttaja (juurikäpää, mesisieni, korjuuvaurio). Värivian, kovan ja pehmeän lahon läpimitta mitattiin laho-osuuksien tilavuuksien laskemista varten. Suurimalla osalla leimikoista oli mitattavissa myös erillinen pino teollisuudelle kelpaamatonta hylkypuuta. Lahopuun polttoarvon määrittämiseen ei tässä työssä ollut mahdollisuuksia.

Lahoa sisältävän puun hankintakustannukset laskettiin käyttäen vuonna 1996 toteutuneita puunkorjuun keskimääräisiä työvaihekustannuksia.

4 TULOKSET

4.1 Lahon puun määrä

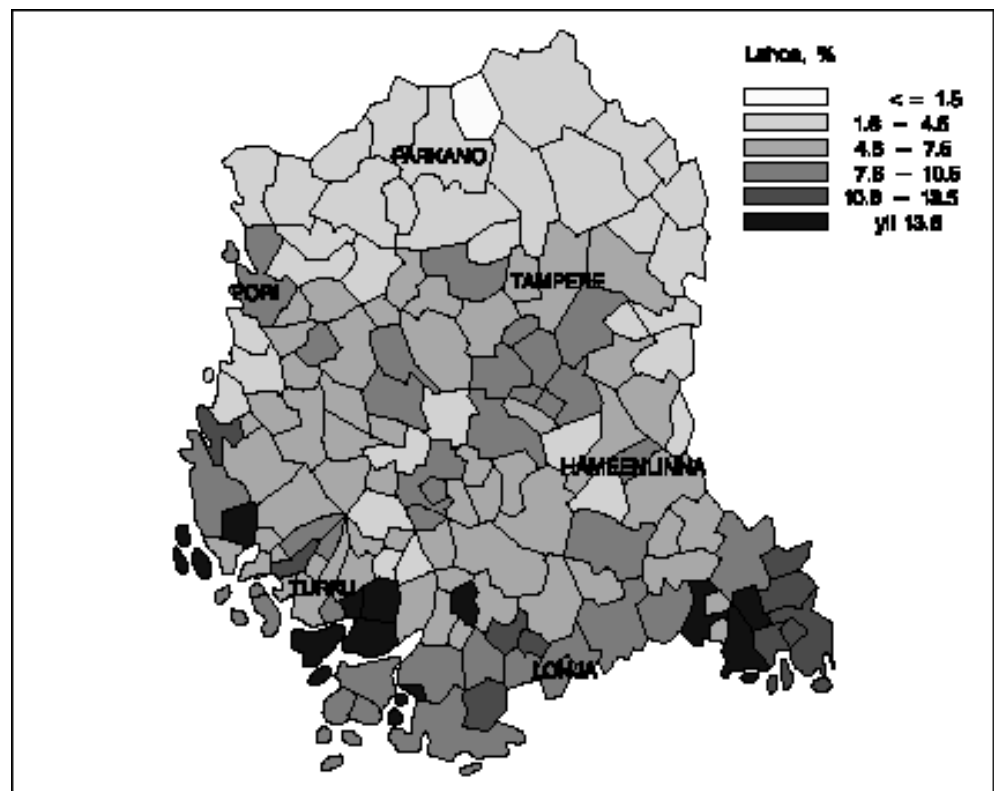
Tilastojen mukaan teollisuus vastaanotti puuta selvityksen kohteena olleelta alueelta vuosina 1990-95 keskimäärin noin 3,6 milj. kuutiometriä vuodessa, ja siitä kuusen osuus oli 62 %. Lahovikaista kuusta vastaanotettiin selvitysvuonna runsaat 60 000 kuutiometriä. Se oli 4,2 % alueelta keskimäärin hakatusta kuusen määrästä ja 1,7 % kaikesta vastaanotetusta puusta.

Kahden kuukauden seurantajakson aikana vuonna 1994 tutkimusaineistoksi kertyi kuusivaltaisista pystykauppaleimikoista yhteensä lähes 580 000 kuutiometriä puuta, josta 84 % hakattiin päätehakkuleimikoilta ja loput harvennuksista. Lahopuuta kertyi seurantajaksolta yhteensä 38 000 kuutiometriä. Seuranta-aineistossa lahoprosentti oli päätehakkuissa 6,8 % ja harvennuksissa 6,0 %. Lahoprosentit sisältävät myös hylkypuun, jonka osuus kuusivaltaisten leimikoiden kokonaishakkuumäärästä oli keskimäärin 1,2 %.

Lahoprosenteissa oli eroja metsälautakuntien välillä. Päätehakuissa korkein lahoprocentti oli Helsingin metsälautakunnan alueella (15,1 %) ja alhaisin Pirkka-Hämeessä (5,7 %). Lahoprocentit olivat Lounais-Suomessa 6,7 %, Satakunnassa 6,5 % ja Uusimaa-Hämeessä 8,3 %.

Harvennushakuissa korkein lahoprocentti oli rannikkoalueella (10,0 %) ja alhaisin Pirkka-Hämeessä (4,8 %). Satakunnassa prosentit olivat 5,2 % ja Uusimaa-Hämeessä 6,1 %. Lounais-Suomessa harvennuksissa lahoprocentti (9,1 %) nousi korkeammaksi kuin vastaavalla alueella päätehakuissa, mikä viittaa siihen, että lahoa esiintyisi alueella runsaasti jo nuorissa metsissä ja että lahon määrä olisi lisääntymässä tulevaisuudessa nopeammin kuin muilla alueilla.

Kuntien lahoprocentit esitetään luokiteltuina kuvassa 1. Lahoprocenttien vertailussa on otettava huomioon, että Helsingin ja Lounais-Suomen lautakuntien seurantajakson hakkuumäärät jäivät pienemmiksi kuin muilla alueilla, mikä vähentää näiden lautakuntien tulosten luotettavuutta.



Kuva 1. Kuntakohtaiset lahoprocentit Länsi-Suomessa.

4.2 Lahon puun laatusisältö

Lahon vaikeusasteen mukaan mitatut pölkyt (100 %) jakaantuivat seuraavasti:

- värivikaa 25 %
- kovaa lahoa 40 %
- pehmeää lahoa 20%
- muuta lahoa 15 %

Pölkyt luokiteltiin pahimman vian mukaan. Osuuksissa oli mukana sekä metsäteollisuudelle kelpaava että hylkypuu.

Metsäteollisuuden käyttöön soveltuvat havukuitupuun yleisten laatuvaatimusten perusteella kaikki värivikaisiksi luokitellut pölköt, valtaosa kovaa lahoa ja muuta lahoa sisältävistä pölkkyistä sekä rajoitetusti pehmeää lahoa sisältävät pölköt. Energian tuotannossa käytettäväksi jää näin suurin osa pehmeää ja osa kovaa lahoa sisältäviä pölkkyjä, joiden määrä voidaan arvioida edellä esitetyn jakautuman perusteella neljäsosaksi kaikesta lahopuusta. Määräarviota vahvistaa tämän selvityksen seurantajakson aineisto, jossa hylkypuun osuus oli kaikesta lahopuusta päätehakkuissa 18 % ja harvennuksissa 16 %.

Jokaisessa tyvilahoa sisältävässä pölkkyssä on laho-osan lisäksi ulkovaippa tervettä puuainesta. Kovaa lahoa sisältävissä pölkkyissä terveen puun osuus oli keskimäärin 55 % pölkyn tilavuudesta ja loppu 45 % kovaa lahoa. Pehmeää lahoa sisältävissä pölkkyissä varsinaista pehmeää lahoa oli keskimäärin 30 % pölkyn tilavuudesta sekä tervettä puuainesta ja kovaa lahoa kumpaakin 35 %.

4.3 Hankintakustannukset

Raaka-aineena järeällä lahovikaisella puulla on etuja pienikokoiseen energia-puuhun verrattuna. Se korjataan samanaikaisesti työmaan muun puunkorjuun yhteydessä, jolloin käytössä on nykyaikainen, kustannuksiltaan kilpailukykyinen kalusto. Ylimääräisiä koneiden siirtoja työmaalle ei tarvita. Lahoa sisältävät pölköt katkotaan yleensä kolmen metrin pituisiksi, mikä helpottaa niiden erilläänpitoa. Pölkkyjen läpimitta on suurempi kuin työmaalla keskimäärin, mikä alentaa hakkuukustannuksia. Toisaalta lahovikaisten puiden lajittelusta ja erilläänpidosta aiheutuu lisätyötä ja kustannuksia. Lahoa sisältävä puuraaka-aine voidaan varastoida pölkkyinä, mikä pienentää varastotilan tarvetta. Lahovikaisten pölkkyjen hyvä säilyvyys varastoinnin aikana tuo raaka-aineen hankintaan joustavuutta.

Lahoa sisältävän puun korjuu- ja kuljetuskustannukset eivät paljon poikkea työmaan keskimääräisistä kustannuksista, kun kustannusperusteeksi otetaan aiheuttamisperiaate (aiheutettu ajanmenekki hakkuukoneella, metsätraktorilla ja kuorma-autolla). Seuraavassa asetelmassa esitettyjen, lahon puun hankinnasta aiheutuvien kustannusten laskennassa on käytetty vuonna 1996 toteutuneita keskimääräiskustannuksia (mk/k-m³, ilman alv).

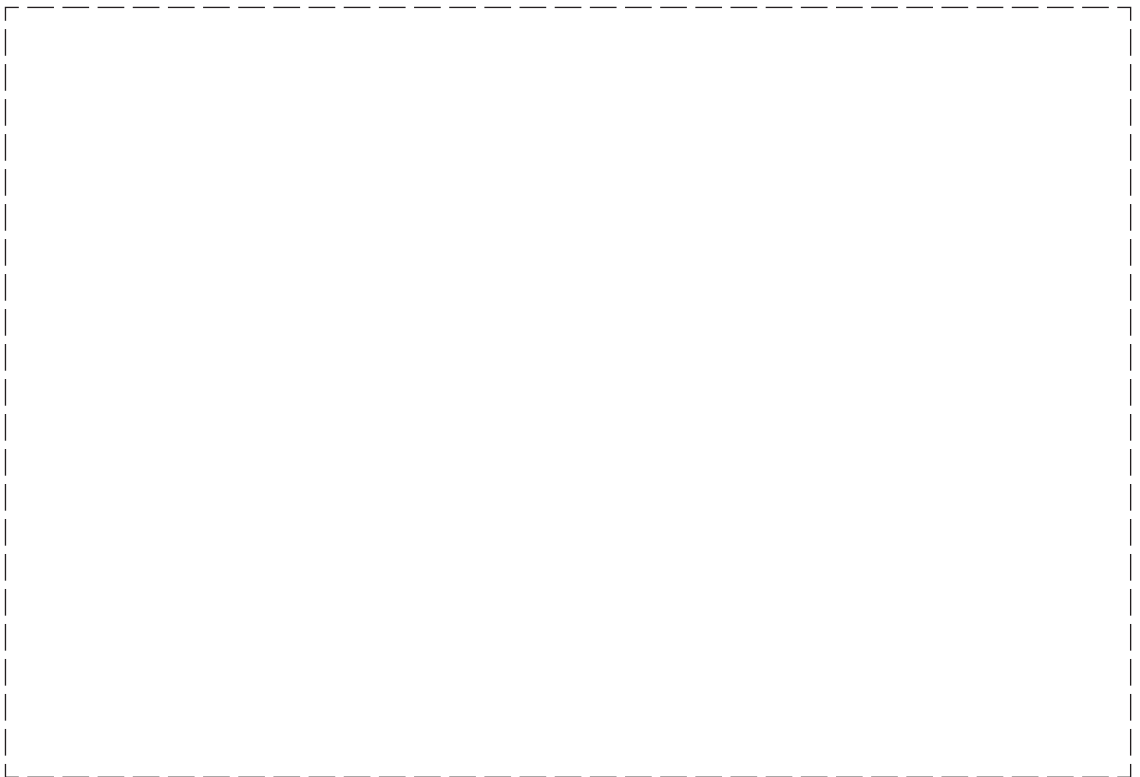
	Päätihakkuu	Harvennushakkuu
Hakkuu	23,30	39,30
Metsäkuljetus	16,80	20,90
Kaukokuljetus 50 km	20,00	20,00
Yhteensä (mk/k-m ³)	60,10	80,20

Jos kaukokuljetusmatka pitenee 100 km:iin, kaukokuljetuskustannukset ovat 28 mk/m³. Puun hankinnasta aiheutuvat kustannukset ovat tällöin päätihakkuilla 68 mk/m³ ja harvennuksissa 88 mk/m³.

Ennen polttamista pölkkyt on hakettava. Haketuskustannukset vaihtelevat jonkin verran kerralla hakettavan lahoppuerän koon ja haketuspaikan sijainnin mukaan. Keskimäärin se on 25 mk/k-m³ eli 10 mk/i-m³. Tällöin hakekuution hinnaksi saadaan 50 km:n etäisyydellä päätihakkuutyömaalta olevassa käyttökohteessa 34 mk/i-m³ ja 50 km:n etäisyydellä harvennushakkuutyömaalta olevassa käyttökohteessa 42 mk/i-m³. Polttoarvolla 0,8 MW/m³ megawattitunnin hinnaksi tulee 43 mk ja 53 mk. Vastaavat kustannukset 100 km:n kuljetusmatkalla ovat 37 mk/i-m³ ja 45 mk/i-m³ ja megawattitunnin hinnat 46 mk ja 56 mk.

Laskelmassa on oletettu, että puu haketetaan käyttöpaikalla. Jos haketus tapahtuu välivarastolla ja puu kuljetetaan hakkeena käyttöpaikalle, kustannukset nousevat.

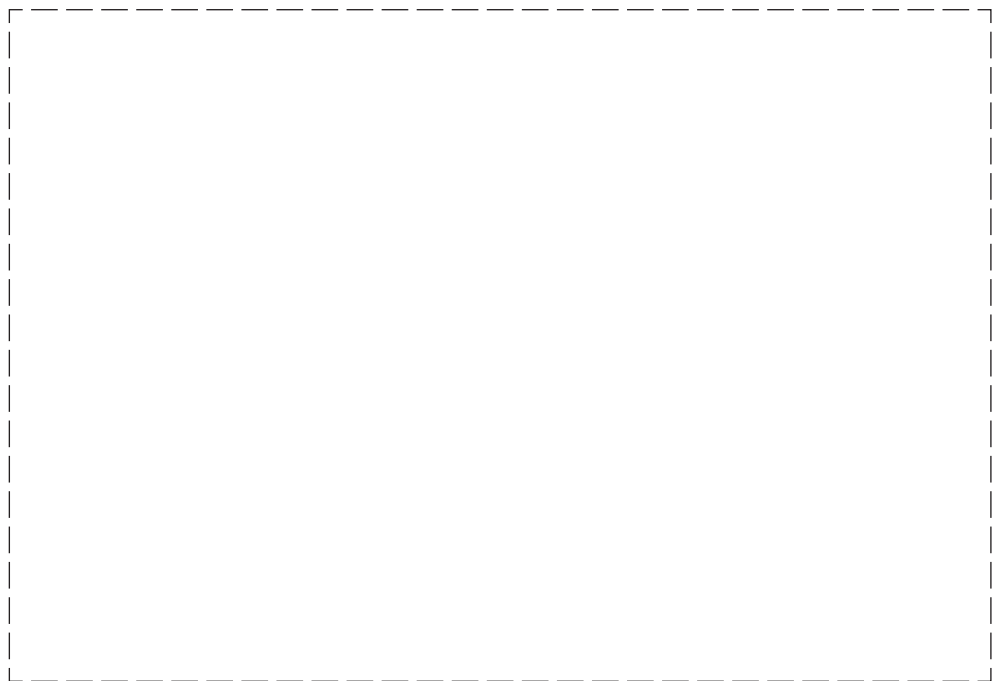
Kustannuksissa ei ole otettu huomioon metsänomistajalle mahdollisesti puusta maksettavaa korvausta.



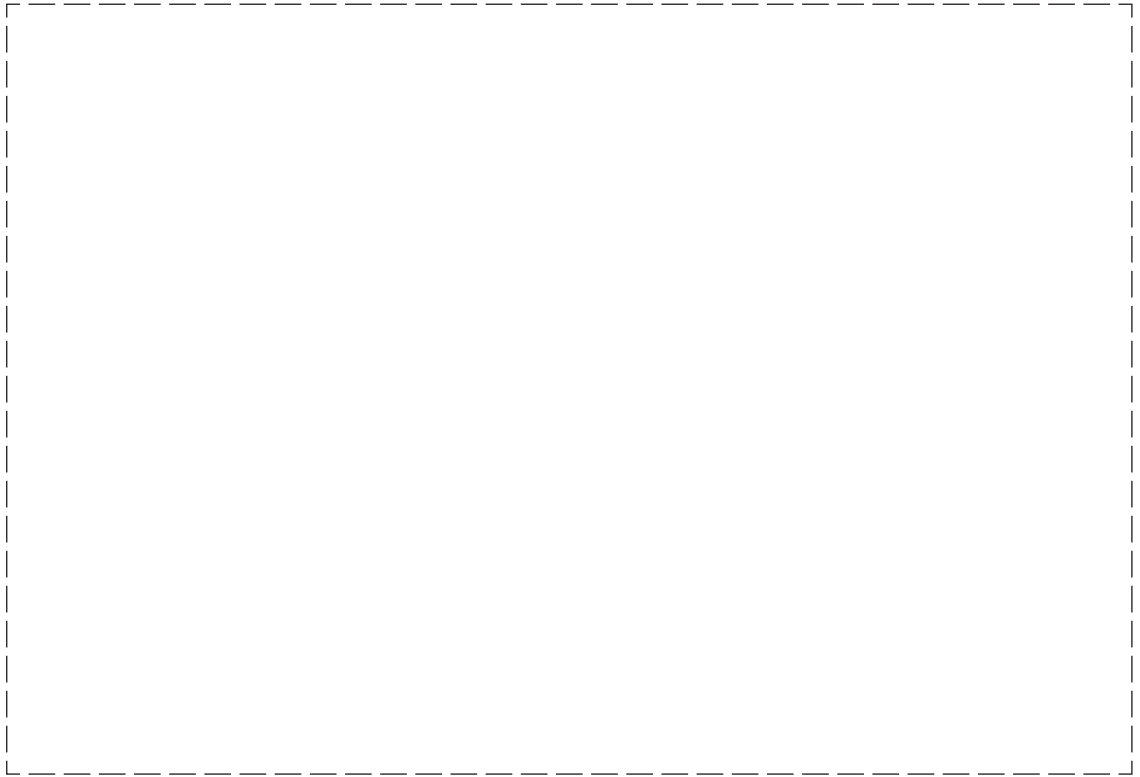
Selluteollisuuden kelpaamatonta lahoa puuta pinossa.
Valokuvat Metsäteho Oy.



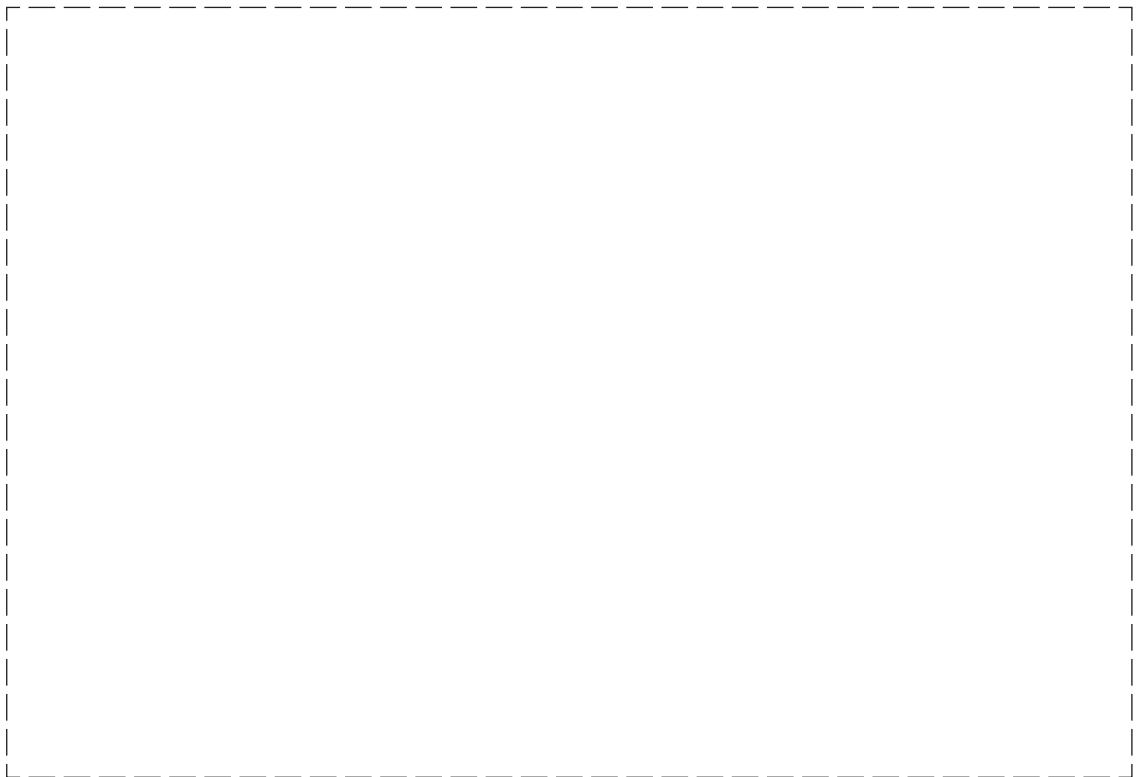
Teollisuudelle kelpaamaton ”hylkylahopino”. Puut on ajettu varastolle metsänomistajan kustannuksella.



Vähäisessä määrin metsänomistajat voivat hyödyntää hylkylahoa polttopuiksi. Suurien määrien ollessa kyseessä tämä ei kuitenkaan ole mahdollista.



Lahon puun haketukseen soveltuva hakkuriyksikkö.



Teollisuudelle kelpaamattomasta lahosta puusta tehtyä haketta.

5 TARKASTELUA

Energian tuottamiseen käytettävissä olevan lahon puun määriin liittyy melkoisesti yleisiä ja paikallisia epävarmuustekijöitä, jotka voivat vaikuttaa määriin lisäävästi tai vähentävästi. Tällaisia ovat mm. polttolaitoksen sijainti metsäteollisuuslaitoksiin, erityisesti sellutehtaisiin, nähden. Muutokset sellutehtaiden puuraaka-aineen laatuvaatimuksissa vaikuttavat olennaisesti puumääriin. Muutokset voivat olla pysyviä tai suhdanteiden mukaan muuttuvia.

Laatuvaatimusten tehdaskohtaisuus vaikeuttaa energiakäyttöön jäävän lahopuumäärän luotettavaa arviointia. Alueellisesti voi selluteollisuuteen kelpaamattomalla laholla puulla tai sen osalla olla myös sellaisia vaihtoehtoisia käyttökohteita, jotka pystyvät maksamaan ko. raaka-aineesta paremman hinnan. Valtakunnallisesti tällaisilla vaihtoehdoilla ei ole mainittavaa merkitystä.

Metsäteollisuuden vuotuinen puunkäyttö vaihtelee melkoisesti suhdanteiden mukaan. Lahoa sisältävä puu tulee kuitenkin pääosin kuusivaltaisista päätehakuista, joiden vuotuiset hakkuumäärät vaihtelevat keskimääräistä vähemmän eri suhdannevaiheissa. Lahoa sisältävän puun tarjontaan ei näin pitäisi tulla suuria vuotuisia vaihteluita. Toisaalta vähäinen puuntarve kiristää yleensä raakapuun laatuvaatimuksia, jolloin energiakäyttöön on mahdollista ohjata parempilaatuista lahoa sisältävää puuta kuin tavallisesti.

Tässä selvityksessä esitetyt lahoproositit perustuvat laajaan ja monipuoliseen aineistoon. Ne ovat ohjeellisia mutta kuitenkin luotettavia perustietoja esimerkiksi uusien laitosten suunniteltaessa. Tarkat energiakäyttöön ohjautuvat puumäärät saadaan selville vasta käytännön raaka-ainehankinnassa, jolloin selviää myös metsänomistajien halukkuus myydä metsäteollisuudelle kelpaamatonta lahovikaista puuta energiantuotantoon. Suunnittelussa kannattaa myös ottaa huomioon, että tyvilahokuusen hankintaan on helposti yhdistettävissä teollisuudelle hakkuissa kelpaamattoman lehtipuun talteenotto ja korjuu energiantuotantoon.

Jos energiaosuudelle halutaan korjuu- ja kuljetuskustannusten lisäksi kanto hintaan verrattavaa hintaa, siitä tulee ilman tukitoimenpiteitä helposti liian kallista verrattuna vaihtoehtoihin raaka-aineisiin, ellei kustannuksia korjuun, kuljetuksen ja haketuksen osalta onnistuta vähentämään. Lahon puun korjuu kannattaa toteuttaa muun korjuun yhteydessä. Hankintaketju on mahdollista katkaista ympärivuoden ajettavien teiden varsille. Kaukokuljetus voidaan tämän jälkeen toteuttaa energiakäytön ehdoilla.

6 ESIMERKKI TULOSTEN HYÖDYNTÄMISESTÄ

Esimerkkinä tulosten hyödyntämisestä laadittiin Kokemäen Lämpö Oy:lle laskelma tyvilahoa sisältävän puuraaka-aineen potentiaalisesta määrästä. Lämpölaitos on aiemmin tuottanut energiaa raskaalla polttoöljyllä. Työn alla

on muutos, jonka jälkeen lämpöä tuotetaan mm. puupolttoaineella sekä pienemmässä määrin myös yhdyskuntajätteellä. Mikäli laitos tuottaisi energiaa vain puusta, vuosittainen puunkäyttö olisi runkopuuksi muutettuna 13 000 m³.

Tämän tutkimuksen aineiston perusteella Kokemäen ja sen naapurikuntien Euran, Eurajoen, Harjavallan, Huittisten, Kiikoisten, Kullaan, Köyliön, Lavian, Ulvilan ja Äetsän alueelta hakattiin vuodessa puuta keskimäärin 220 000 k-m³, josta kuusen osuus oli 57 %. Lahovikaista puuta vastaanotettiin 5 300 k-m³.

Päättehakkuiden lahoprocentti oli Kokemäellä ja sen ympäristökunnissa hiukan korkeampi (7,4 %) kuin Satakunnassa keskimäärin (6,5 %). Laskennallisesti lahopuuta kertyi lähialueilta vuosittain 9 800 k-m³, josta 60 % on peräisin pystykaupoista. Metsäteollisuus vastaanotti alueen lahopuun laskennallisesta määrästä selvitysvuonna vain 54 %, joten energiantuotantoon olisi jäänyt ko. vuonna käytettäväksi 4 500 m³ runkopuuta. Määrästä oli hylkypuuksi luokiteltavaa lahovikaista puuta tämän tutkimuksen tulosten perusteella 1 800 k-m³ eli 40 %.

Vuosittaisten hakkuiden kokonaismäärä kasvoi 230 000 k-m³:llä, kun alue laajennettiin käsittämään edellisten lisäksi seuraavat kunnat: Kiukainen, Luvia, Mouhijärvi, Nakkila, Pori, Punkalaidun, Rauma, Suodenniemi, Säskylä, Vammala ja Vampula. Tällä alueella kuusen osuus hakkuista oli 59 % ja keskimääräinen lahoprocentti päättehakuissa 6,3 %. Hakkuiden kokonaismäärästä 61 % kertyi pystykaupoista. Alueelta hakattiin tyvilahoa sisältävää kuusta keskimäärin 9 900 k-m³, josta hylkypuun määrä oli keskimäärin 1 600 k-m³. Selvitysvuonna metsäteollisuus vastaanotti laskennallisesta tyvilahokuusen määrästä 74 %, josta voidaan laskea, että lahopuuta olisi voitu ohjata 4 200 k-m³ energiakäyttöön.

Tämän selvityksen pohjana oleva aineisto ei sisällä tietoja teollisuudelle kelpaamattoman lehtipuun määrästä. Teljän metsänhoitoyhdistyksestä saatujen tietojen mukaan alueen kuusivaltaisista leimikoista kertyy metsäteollisuudelle kelpaamatonta lehtipuuta keskimäärin 2 % kokonaishakkuumäärästä. Lahon puun korjuun yhteydessä saataisiin näin ollen suhteellisen pienin kustannuksin korjatuksi 4 500 k-m³ energiakäyttöön sopivaa lehtipuuta. Määrä kaksinkertaistuu, jos hankinta uloitetaan käsittämään myös laajennettu alue.

Käytännössä hankintakustannukset huomioon ottaen voidaan arvioida, että Kokemäen Lämpö Oy:n potentiaalinen lahon puun hankinta-alue tulisi muodostumaan Kokemäestä ympäristökuntineen. Tältä alueelta energiakäyttöön mahdollisesti ohjautuvan lahovikaisen puun määrä kattaisi todennäköisesti korkeintaan kolmasosan laitoksen vuosittaisesta energiapuun tarpeesta. Jos alueelta ohjattaisiin laitokselle myös kaikki energiakäyttöön sopiva lehtipuu, puumäärä nousisi enimmillään kahteen kolmasosaan laitoksen vuosittaisesta tarpeesta.