
**KUNNOSTUSOJITUSKELVOTTOMIEN KITUMAAN
METSÄOJITUSALUEIDEN PUUSTON
HYÖDYNTÄMINEN BIOENERGIAKSI
KOKOPUUKORJUULLA**



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Metsätalouden koulutusohjelma

Evon toimipiste, kevät 2015

Kaisa Silvan

Kaisa Silvan

EVO
Metsätalouden koulutusohjelma
Luontomatkailu

Tekijä	Kaisa Silvan	Vuosi 2015
Työn nimi	Kunnostusojituskelvottomien kitumaan metsäojitusalueiden puuston hyödyntäminen bioenergiaksi kokopuukorjuulla	

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön aineisto on kerätty Metsäntutkimuslaitoksen hankkeessa ”Bioenergian tuotanto turvetuotannosta ja metsätalouskäytöstä vapautuvilla, ojitetuilla soilla” vuosina 2007 ja 2008. Työn ohjaaja oli Henrik Lindberg Hämeen ammattikorkeakoulusta ja työelämän edustaja Niko Silvan Metsäntutkimuslaitokselta.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli muodostaa laskennallinen, suuntaa-antava arvio kunnostusojituskelvottomien kitumaan metsäojitusalueiden kokopuukorjuulla saatavien puu- ja pinta turvebiomassan määrästä Suomessa.

Suomessa on VMI10:n tulosten mukaan yli 830 000 ha kunnostusojituskelvottomia kitumaan metsäojitusalueita, joilla on runkobiomassaa lähes 37 miljoonaa kuutiometriä. Näiden alueiden biomassojen hyötykäyttöä voisi harkita tilanteessa, jossa bioenergian lisätarve on suuri nopealla aikataululla.

Opinnäytetyön aineisto käsittää Karvian Lylynnevalta koottua yksinpuinluku- ja biomassanäytedataa yhdistettynä VMI11:n koko Suomea koskevaan puustotilavuusdataan.

Laskelmien perusteella kitumaan metsäojitusalueiden biomassamäärä on yli kaksinkertainen, jos biomassaan luetaan runkopuuaineksen lisäksi oksa-, kanto- ja juuriaines sekä juurten mukana irronnut turveaines. Saadusta biomassamäärästä noin viidennes on turvetta.

Metsäojitettujen kitumaan soiden biomassamäärä on niin merkittävä, että sen hyödyntämismahdollisuuksia kannattaisi tutkia lisää. Korjuukustannukset ja kokopuukorjuun kannattavuus tulisi selvittää. Kokopuukorjuuta voisi harkita soiden ennallistamista tukevana menetelmänä.

Avainsanat Biomassa, kitumaa, kunnostusojitus, kokopuukorjuu, bioenergia

Sivut 20 s.

Degree Programme in Forestry
Evo

Author	Kaisa Silvan	Year 2015
Subject of Bachelor's thesis	Potentiality of biomass utilization by whole-tree harvesting on low-productive forestry drained peatlands	

ABSTRACT

The material of this thesis was collected with Finnish Forest Research Institute (Metla) on the project 'Bioenergy production on drained, low-productive peatlands' between years 2007 and 2008. The supervisor of the thesis was Henrik Lindberg on behalf of HAMK University of Applied Sciences and Niko Silvan as the working life representative from Metla.

The aim of the thesis was forming a calculatory and indicative estimate for the available amount of whole-tree harvesting wood and surface peat biomass combination on low-productive forestry drained peatlands in Finland.

According to the National Forest Inventory (NFI) n:o 10 the area of low-productive forestry drained peatlands that are non-profitable for sustainable forestry in Finland is over 830 000 hectare with almost 37 billion square meters stem biomass. The exploitation of these peatland areas may be considerable when increasing bioenergy production rapidly is necessary.

The material of the thesis consists of the data from individual tree detection and biomass analyses collected from Lylynneva, Karvia combined to the NFI11 tree volume data.

The calculations and models showed that the amount of biomass on low-productive forestry drained peatlands doubles when harvesting not only stem material but also branch, stump and root material and peat material pulled out among roots. One fifth of all biomass harvested is peat material.

The amount of utilizable biomass on low-productive forestry drained peatlands is large enough to make an effort for a further and more detailed research. The whole-tree harvesting costs and profitability should be studied. The whole-tree harvesting as a method could be supportive in terms of improving mire restoration approach.

Keywords Biomass, low-productive, forestry drained peatland, whole-tree harvesting, bioenergy

Pages 20 p.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	TYÖN TAVOITTEET	3
3	TAUSTATIETOA SOISTA	3
3.1	Soiden luokittelu	3
3.1.1	Luonnontilaiset suot	4
3.1.2	Ojitetut suot	5
3.2	Ojituksen periaatteita.....	6
3.3	Soiden ojitushistoria Suomessa.....	7
3.4	Kunnostusojituskelpoisuus ja lannoituskelpoisuus	8
4	PUUN JA TURPEEN LÄMPÖARVO	10
4.1	Puun lämpöarvo.....	10
4.2	Turvelajin ja maatumisasteen vaikutus turpeen lämpöarvoon	11
5	AINEISTO JA MENETELMÄT	11
5.1	Kokopuukorjuu.....	12
5.2	Puiden biomassanäytteet	13
5.3	VMI-aineisto	14
5.4	Aineiston laskennallinen yhdistäminen.....	14
6	TULOKSET	14
6.1	Runkobiomassan ja kokonaispuubiomassan suhde.....	15
6.2	Runkobiomassan sekä kokonaispuu- ja turvebiomassan suhde	15
6.3	Runkotilavuuden ja kokonaispuubiomassan suhde.....	16
6.4	Runkotilavuuden sekä kokonaispuu- ja turveainesmassan suhde	16
6.5	Koko Suomen kitumaan metsäojitusalueiden kokonaispuubiomassa	16
6.6	Koko Suomen kitumaan metsäojitusalueiden kokonaisbiomassa	17
6.7	Turvebiomassan osuus suhteutettuna puuainesbiomassaan	17
6.8	Lämpöarvotulokset.....	17
7	PÄÄTELMÄT	18
8	POHDITTAVAA	19
	LÄHTEET	21

1 JOHDANTO

Riippuvuus tuontien energiasta, energian hinnan heilahtelut, toimitusvarmuuden turvaaminen, haitallisten ilmastovaikutusten vähentäminen ja uusien liiketoimintamahdollisuuksien edistäminen ovat tavoitteita, jotka luovat tarpeen bioenergian käytön lisäämiselle.

Euroopan Unionin pyrkimyksenä on edistää uusiutuvan energian ja erityisesti bioenergian käyttöä. Komission RES-direktiivi velvoittaa Suomen lisäämään uusiutuvan energian osuus vertailuvuoden 2005 tasosta 28,5 % vuoteen 2020 mennessä 38 %:iin energian loppukulutuksesta. Bioenergian, mukaan lukien puun ja turpeen, käyttö oli 98 TWh vertailuvuonna 2005. Vuonna 2009 metsähakkeen käyttö oli noin 10 TWh eli noin 5 miljoonaa kiintokuutiometriä. Metsäpolttoaineiden vuotuiseksi käyttötavoitteeksi on asetettu vähintään 25 TWh vuonna 2020, eli 13,5 milj. kiinto-m³. Tämä tarkoittaa metsäpolttoaineen käyttötavoitteen lähes kolminkertaisamista. Metsäpolttoaineilla tarkoitetaan jatkojalostukseen määrällisesti tai laadullisesti kelpaamatonta pienpuuta, oksia ja latvuksia ja kantopuuta. (EUVL L140, 5.6.2009, 46; Pekkarinen 2010.)

Biopolttoaineilla korvataan pääasiassa kivihiltä, öljyä, maakaasua ja tuontisähköä. Koska on epävarmaa, hyväksytäänkö turve jatkossa bioenergiaksi vai ei, bioenergian lisätarve kohdistuu ensisijaisesti puupohjaisiin biomassoihin. Jotta puupohjaisen bioenergian käyttötavoitteisiin päästäisiin melko nopealla aikataululla, Suomen täytyy ottaa huomioon kaikki mahdolliset puubiomassareservit mitä maasta teknis-taloudellisesti on hyödynnettävissä.

Suomessa on uskottu soiden ojitamisen olevan niiden puuntuotoskykyä parantava tekijä suolla kuin suolla. Varsin karujakin soita on ojitettu, ennen kuin niiden tähän mennessä lopullinen puustohabitus sekä vuosien varrella karttuneet tutkimustiedot ovat osoittaneet kitumaan metsäojitusalueet metsänkasvatuskelvottomiksi. (Heikurainen 1980, 69–70, 73–76; Penttilä ym. 2010.)

Suomessa on VMI10:n tulosten mukaan yli 830 000 ha kunnostusojituskelvottomia kitumaan metsäojitusalueita käsittäen runkobiomassaa lähes 37 miljoonaa kuutiometriä. Koska kyseisillä alueilla on kuitenkin näinkin suuri biomassareservi, voisi näiden alueiden biomassojen hyötykäyttöä harkita tilanteessa, jossa bioenergian lisätarve on suuri nopealla aikataululla.

Kunnostusojituskelvottomien kitumaan metsäojitusalueiden käyttöönotossa bioenergian tuottoon on monia etuja: kitumaan soille on vaikea keksiä mitään muuta taloudellisesti järkevää käyttöä – ehkä lukuun ottamatta turvetuotantoa; kitumaan suot ovat usein laajoissa yhtenäisissä kuvioissa, mikä helpottanee biomassan korjuun logistiikkaa; turvemaiden pehmeät maat sallivat helpon juurakoiden ja pintaturpeiden noston ilman erikoisko-

neita. Lisäksi puuston poisto kokopuukorjuuna on tehokas ennallistamiskeino, jolla nämä aikoinaan puuttomat tai erittäin vähäpuustoiset karut nevat palautettaisiin lähelle niiden alkuperäistä luonnontilaa. Ongelmakohtina ovat kunnostusojituskelvottomien kitumaan metsäojitusalueiden oja-verkoston usein erittäin huono kunto sekä siksi usein korkea pohjavedenpinnan taso ja siten heikko kesäaikainen kantavuus. Nykytekniikalla biomassojen korjuu tulisikin tehdä pääsääntöisesti talvisaikaan, mutta alustavat ajokokeemme osoittavat, että myös kesäaikainen korjuu voisi tietyin edellytyksin olla mahdollista.

Kokopuukorjattu kitumaan metsäojitusalue voisi olla oiva kohde uudelleensoistettavaksi kokopuukorjuun jälkeen. Yksinkertaisimmillaan uudelleensoistamisessa on kyse suon hydrologian palauttamisesta niin pitkälle kuin mahdollista. Veden on viivytävä alueella siten kuin se viipyisi ennen ojitusta. Tähän tavoitteeseen ei tokikaan päästä välittömästi uudelleensoistamistoimenpiteiden jälkeen, vaan käsittelyn alla olevalle kohteelle on annettava aikaa ennen toimenpiteiden onnistumisen arviointia.

Uudelleensoistamisessa toimenpiteiden järjestys on karkeasti ottaen tämä: Ensin poistetaan (mahdollisesti haihduttava) puusto, minkä jälkeen ojat tukitaan. Ojat voidaan joko tukkia nostamalla ojauomaan takaisin siitä aikoinaan sivuun siirretty kaivumaa tai kaivumaapenkkojen mahdollisen painumisen takia lisäämällä ojiin täyttömaata muualta. Mikäli kaivumaita ei ole käytettävissä ja täyttömaan tuonti muualta arvellaan liian kalliiksi, virtaaman edullinen ja nopea vähentäminen onnistuu rakentamalla ojiin patoja. (Seppä ym. 1993, 51; Heikkilä & Lindholm 1995, 62–64.)

Ojia tukkiessa on mahdollista myös palauttaa suon alkuperäisiä virtausuuntia takaisin vanhoille uomilleen. Tästä on positiivisia kokemuksia mm. Metsähallituksella Karviassa Kauhanevan-Pohjankankaan kansallispuiston alueella. (Vesterinen 2014.)

Puuston kerääminen bioenergiaksi kokopuukorjuuna edesauttaisi uudelleensoistamista. Koska korjuun myötä puut on jo poistettu, jää jatkotoimenpiteeksi ainoastaan ojien tukkiminen. Kantojen nostosta mahdollisesti aiheutuvat kiintoaines- ja ravinnepäästöt pysähtyisivät ojien tukkimiseen, mikäli tämä tehtäisiin mahdollisimman pian kokopuukorjuun jälkeen. Ilman kokopuunkorjuuta uudelleensoistettavalle suolle jäisi kantoja, jotka säilyisivät suossa pitkään. Kokopuunkorjuun ja siitä saatavan bioenergiamäärän myynnin avulla voisi kattaa osan uudelleensoistamisen kustannuksista.

Uudelleensoistamisesta voisivat hyötyä monet metsäojituksen myötä elinympäristöjään menettäneet lajit, joista Karvian seudun erikoisuutena mainittakoon riekko (*Lagopus lagopus*).

2 TYÖN TAVOITTEET

Opinnäytetyö keskittyy käsittelemään metsätaloudellisen hyötykäytön ulkopuolelle jäävien vajaatuottoisten turvemaiden biomassojen määrää.

Opinnäytetyön varsinaisena tavoitteena on selvittää, paljonko kunnostusojituskelvottomilla kitumaan metsäojitusalueilla on puubiomassaa bioenergiakäyttöä ajatellen. Kun puusto korjataan oikeasti kokopuukorjuuna juurakoineen, juurakoiden mukana tulee myös jonkin verran pintaturvetta. Tällä saattaa olla ratkaiseva merkitys biomassakertymään ja tätä kautta kitumaan soiden hyödyntämisen taloudelliseen kannattavuuteen, sillä alustavasti arvioiden merkittävä osa ojitettujen kitumaan soiden biomassoista on juurakoissa ja niiden mukana tulevissa pintaturpeissa. Tämän tiedon saamiseksi kerätyistä puustotiedoista ja biomassakertymäaineistoista luodaan regressioennustemalli, jossa runkopuun tilavuudella pyritään ennustamaan kokonaisbiomassakertymää kokopuukorjuulla kitumaan metsäojitetuilla soilla. Mallinnetun tiedon pohjalta voidaan arvioida todelliset kokonaisbiomassat kunnostusojituskelvottomilla kitumaan metsäojitusalueilla hyödyntäen Metsäntutkimuslaitoksen 11. valtakunnan metsien inventoinnin (VMI11) puustodataa.

Opinnäytetyö pyrkii vastaamaan kysymyksiin:

- Miten paljon biomassaa eri ositteissaan sisältää tyypillinen etelä-keskisuomalainen kitumaan ojitusalue?
- Miten merkittävä biopolttoainereservi tyypilliset kunnostusojituskelvottomat kitumaan metsäojitusalueet ovat?

Opinnäytetyön aineisto on kerätty Metsäntutkimuslaitoksen hankkeen ”Bioenergian tuotanto turvetuotannosta ja metsätalouskäytöstä vapautuvilla, ojitetuilla soilla - suosammalten kasvatus ja hieskoivun-suosammalten synkronoitu yhteisviljely, kenttäoloissa” puitteissa vuosina 2007 ja 2008.

3 TAUSTATIETOA SOISTA

3.1 Soiden luokittelu

Suon tarkastelemiseen käsitteenä on useita eri lähtökohtia: *geologinen, ekologinen, kasvitieteellinen* sekä *maa- ja metsätaloudellinen*. Suomessa suot määritellään yleensä kasvitieteellisesti kasvupaikkana turvetta muodostavalle kasviyhdykskunnalle. Luokitus perustuu A. K. Cajanderin 1909–1949 muodostamaan järjestelmään, jossa maanperän rakenteella, ravinteisuudella sekä kosteus- ja lämpötilaolosuhteilla katsotaan olevan keskeinen merkitys kasviyhdykskuntien rakenteen määräytymisessä. (Laine & Vasander 1998, 10–11.)

3.1.1 Luonnontilaiset suot

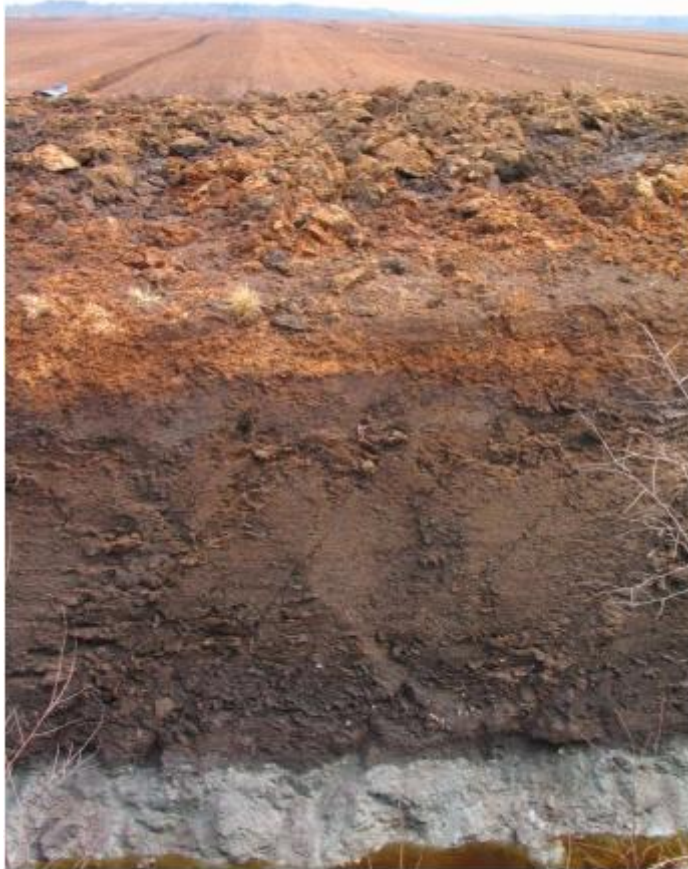
Luonnontilaisten soiden käytännön luokittelussa päätyyppiryhmien lukumäärä vaihtelee luokittelujärjestelmästä riippuen kahdesta neljään. Cajander käytti luokittelussaan neljää päätyyppiryhmää: *korvet*, *rämeet*, *letot* ja *nevat*. Näistä kaksi ensin mainittua ovat ns. puustoisia suotyyppejä ja kaksi jälkimmäistä ns. avosoita. Puustoiset suot on tapana luokitella kahteen ryhmään: ns. aidot rämeet ja korvet sekä sekatyypin rämeet ja korvet. Aidoilla suotyypeillä esiintyy pääasiassa vain mätäspintojen korpi- tai rämekasvillisuutta. Sekatyypeille on ominaista, että niillä korpi- tai rämekasvillisuutta olevat mätäspinnat vuorottelevat mosaiikkimaisesti letto- tai nevakasvillisuutta eli avosuota edustavien painanteiden kanssa. (Laine ym. 2012, 9–10.)

Aidot puustoiset tyypit, sekatyypit ja avosuot ilmentävät soiden *hydrologian* eli vesitalouden vaihtelua. Kukin näistä päätyyppiryhmistä on edelleen jaettavissa eri ravinteisuus- eli *trofia*luokkiin. Trofia ilmenee eri kasvilajien muodostamina suokasvivyhdyskuntina eli suotyypeinä. *Ombrotrofiset suot* saavat ravinteensa yksinomaan sateen mukana. *Minerotrofiset suot* saavat ravinteita myös suolle tulevien pohja- ja pintavesien mukana. (Laine ym. 2012, 10–11.)

Ravinneköyhiä ombrotrofisia soita luonnehtii heikosti maatunut pintaturve sekä karuimmille soille sopeutuneiden rahkasammalten vallitsevuus. Saralajeista ravinteiden osalta vaateliaimmat sen sijaan ovat runsasravinteisille minerotrofisille soille tunnusomaisia. Soiden kehitys alkaa aina minerotrofiavaiheesta ja aikain saatossa siirtyy vähitellen ombrotrofiaan. Tämä selittyy sillä, että korkeutta kasvava rahkakakku loittonee yhä kauemmas pohjavedestä ja saa suuremmassa määrin ravinteensa laskeuman mukana. Ainoastaan rahkakakun päällimmäinen kerros on elävää sammalta, ja syvemmälle kohti pohjavettä mentäessä sammal- ja sarakasvusto on yhä maatuneempaa. Ombrotrofiaan siirtymisen nopeus riippuu paljolti sadannan ja haihdunnan suhteesta sekä lämpötilasta, mutta etenkin Lapissa myös lumien sulamisvesien mukanaan tuomilla ravinteilla on tässä osuutensa. (Laine & Vasander 1998, 10; Laine, keskustelut 2008.)

Puuntuotoskyky perustuu ravinteisuuteen, ravinnetasapainoon ja hydrologiaan, joista erityisesti jälkimmäiseen puuttuminen on monin paikoin onnistuneesti muuttanut soita suometsiksi.

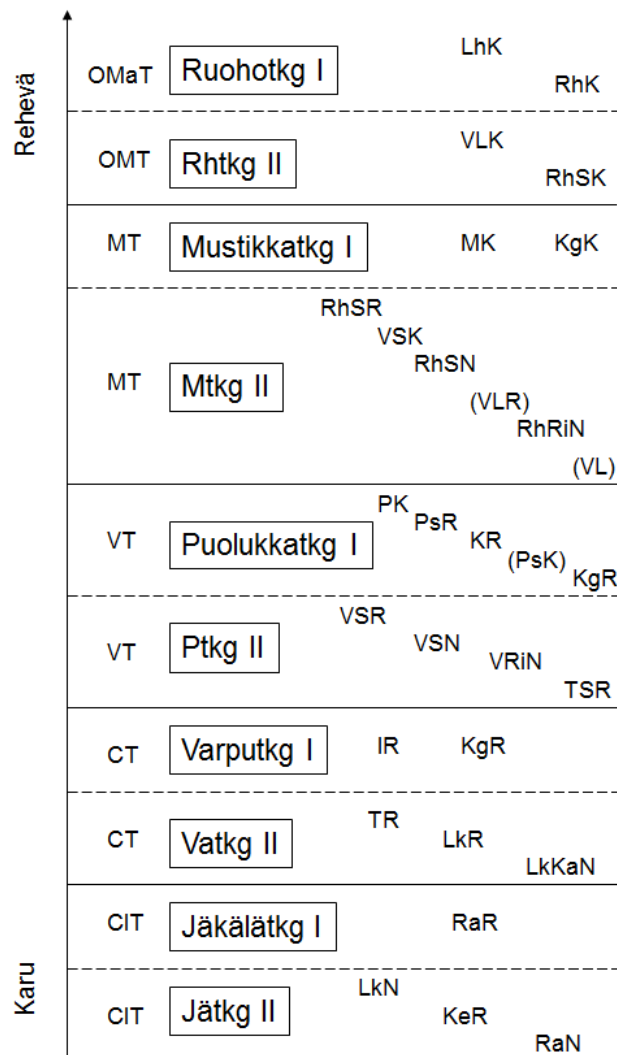
Suon kehityshistoria näkyy hyvin turveprofiilista: Alempana on pitkälle maatunutta saraturvetta minerotrofia-ajoilta ja päällimmäisenä vähemmän maatunutta rahkaturvetta ombrotrofia-ajalta (kuva 1).



Kuva 1. Turveprofiili. Harmaa massa alaosassa on savea. Satamankeitaan turvetuotantoalue, Honkajoki. (Silvan)

3.1.2 Ojitetut suot

Metsäojitetut suot jaetaan kolmeen eri kuivatusvaiheeseen, jotka ovat *ojikko-*, *muuttuma-* ja *turvekangasvaihe*. Turvekangastyypit on rehevyydeltään rinnastettavissa metsä- ja suotyyppeihin (kuva 2).



Kuva 2. Turvekankaat metsä- ja suotyyppirinnastuksineen (mukaeltu Laine ym. 2012 pohjalta).

Ojikat ovat nuoria tai heikosti kehittyneitä ojituksia, joilla alkuperäinen suokasvillisuus on säilynyt lähes muuttumattomana. Muuttumavaiheen ojituksilla puuston kasvu on selvästi elpynyt. Kuitenkin ojikkovaiheesta turvekangasvaiheeseen siirtymisen raja on usein häilyvä ja sen määrittäminen suhteellista. Siksi ojitettu suokuvio luokitellaankin jo ennen turvekangasvaiheen alkamista siihen turvekangastyyppiin, johon se todennäköisimmin tulee kehittymään. (Laine ym. 2012, 93–95.)

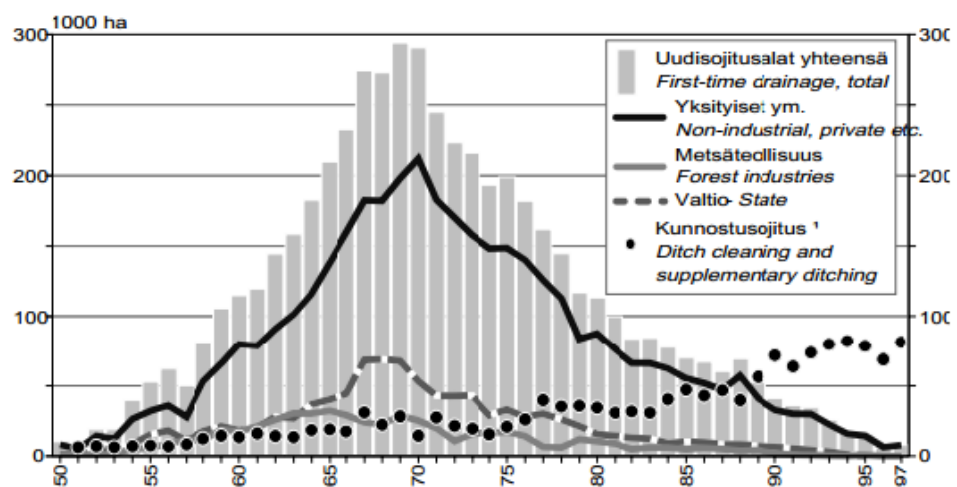
3.2 Ojituksen periaatteita

Ojitusintensiteetistä riippuu, paljonko ojitus lisää valuntaa ja siten kuivatusvaikutusta. Ojitusintensiteetti määräytyy alueen poikki kulkevien ojien (sarkaojien) määrästä (sarkaleveys) sekä ojien syvyydestä. Mitä tiheämpään ja mitä syvemmiä sarkaojia kaivetaan, sitä alemmas pohjaveden pinta laskee. Periaatteessa suota ei ole mahdollista ojittaa puuston kannalta liian kuivaksi. (Heikurainen 1980, 136–139.)

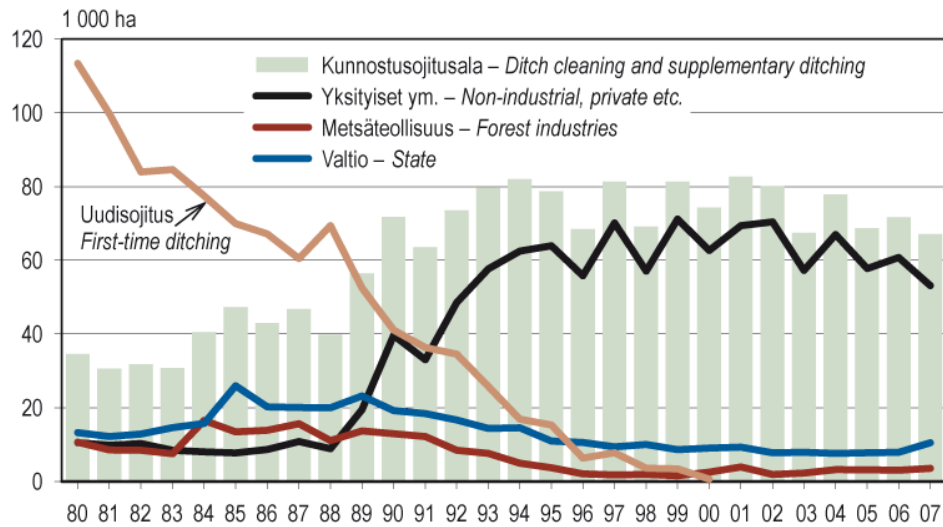
Liian kostealla suolla puuston kehittyminen on vaivalloista. Kun pinta on kostea, männyn siemen itää mieluusti. Siemenestä muodostuu taimi. Kun taimi varttuu ja kehittää juuristoaan, sen juuret kohtaavat liian korkealla olevan vedenpinnan. Mänty ei lähtökohtaisesti ”uita” juuriaan, joten se alkaa juroa. Luonnontilaisilla tai luonnontilaisen kaltaisilla soilla voi nähdä runsaasti alle metrin mittaista taimiainesta. Tämä on seurausta männyn siementen onnistuneesta itämisestä, minkä korkea vedenpinta ja siten itämiseen tarvittava kosteus on tehnyt mahdolliseksi. Kun juuret pituutta kasvaessaan ja lisää tilavuutta vallatessaan kuitenkin törmäävät liian korkeaan pohjavedenpintaan, juuret hukkuvat ja taimi kituu. Siksi puusto vaikein saavuttaa ainespuumitan, vaikka ravinteita olisikin riittävästi. (Saari- nen 2013, 48–50.)

3.3 Soiden ojitushistoria Suomessa

1700-luvulta lähtien oli maatalouskäyttöön kuivatettu järviä. Suurina nä- kävuosina 1866–1868 viljelysalaa yritettiin lisätä myös ojitamalla soita. Varsinainen metsäojittaminen alkoi muutamien metsäteollisuusyritysten toimesta jo 1850-luvulla, jolloin ojitusta perusteltiin kangasmaiden sois- tumisen torjunnalla ja hallanvaaran vähentämisellä. Soiden kuivatuksesta metsätalouskäyttöön kiinnostui 1900-luvun alussa myös valtio, ja vuonna 1908 Metsähallituksen palkattua kaksi suonkuivatusmetsänhoitajaa katso- taan järjestelmällisen metsäojituksen alkaneeksi. Metsäojitus työalajina si- sältyy myös metsänparannuslakiin ja –asetukseen, joista ensimmäinen ver- sio vahvistettiin vuonna 1928. Metsäojittaminen lopahti kokonaan II Maa- ilmansodan ajaksi, johon mennessä ojitettujen maiden kokonaispinta-ala oli kasvanut lähes 760 000 hehtaariin. 1950-luvulla ojitustoiminta virkosi, ja vuosittainen ojitettujen soiden ala kasvoi lähes eksponentiaalisesti saa- vuttaen huippunsa vuonna 1969, jolloin ojia kaivettiin lähes 300 000 heh- taarille (kuva 3.) ja yli 80 000 kilometriä. Vuoteen 1991 mennessä ojitus- alueita oli kertynyt noin kuusi miljoonaa hehtaaria. (Paavilainen & Päivi- nen 1995, 19–21; Päivänen 1990, 101–104.)



Kuva 3. Metsäojituksen määrän kehitys jaksolla 1950–1997 (Västilä & Herrala- Ylinen 1998, 106).



Kuva 4. Kunnostusojitus jaksolla 1980–2007 (Juntunen & Herrala-Ylinen 2008, 123).

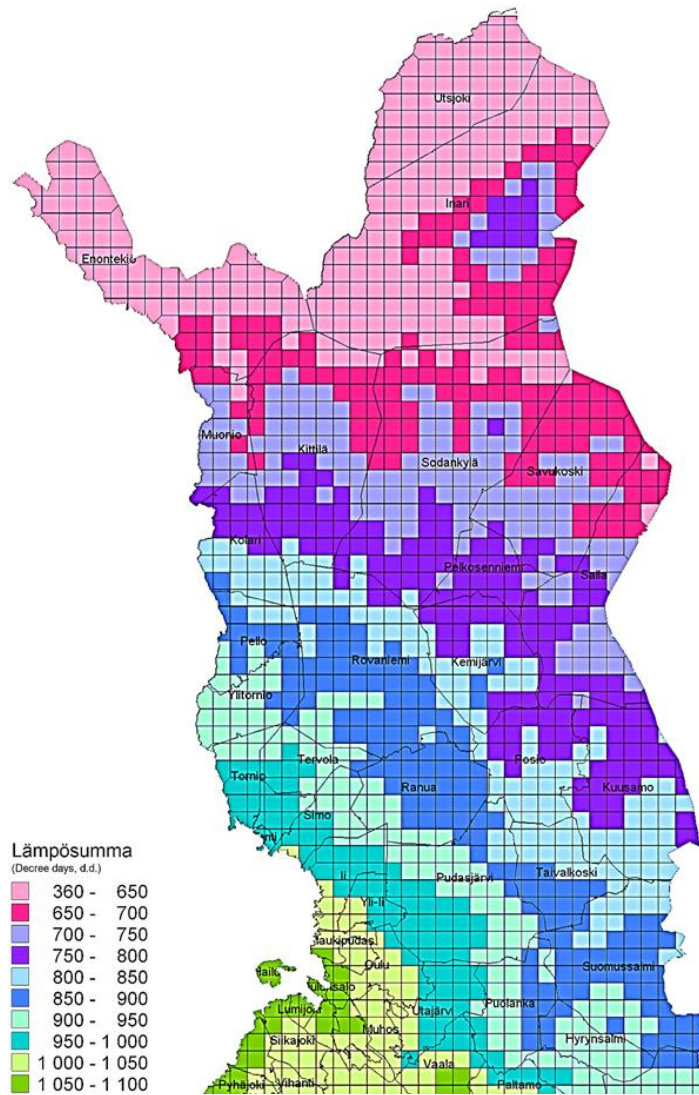
Nykyisin uudisojituksia ei käytännössä juurikaan tehdä, vaan lähes kaikki ojitus toiminta on vanhojen ojitusalueiden kunnostamista ojanperkauksin ja täydennysojituksin. Vuonna 1990 uudisojitusten määrä oli jo selvästi kunnostusojitusmääriä alhaisempi (kuva 4.).

Pelkkä vesitalouden korjaaminen ei aina riitä – karuimmilla soilla myös ravinnetasapaino on vinoutunut ja johtaa puuston kasvuhäiriöihin, mikä korjaantuu vain lannoittamalla (Heikurainen 1980, 73–76, 91–94, 232, 247–248.)

3.4 Kunnostusojituskelpoisuus ja lannoituskelpoisuus

Typeä (N) turvemilla on yleensä riittämiin. Typen riittävä vapautuminen kasvualustasta on turvemilla metsänkasvatuksen keskeisin tekijä. Eri suotyyppien ojituskelpoisuutta aikanaan arvioitaessa periaatteena on ollut, että ojituskelpoisuus on edellyttänyt riittävää typen määrää turpeessa sekä typen riittävää vapautumista puiden käyttöön, jotta typen saatavuus ei rajoittaisi puuston kasvua. Typeä, joka esiintyy turpeessa lähes kokonaan orgaanisesti sitoutuneina, vapautuu puuston käyttöön maaperämikrobien hajoitustyön eli *mineralisaation* tuotteena. (Päivänen 2007, 81–82.)

Ilmaston lämpimyys vaikuttaa mineralisaation tehokkuuteen. Pohjois-Suomessa alhainen lämpötila heikentää ja hidastaa ravinteiden vapautumista orgaanisista yhdisteistä mineralisaatiossa. (Paavilainen 1979, 60.) Kunnostusojitus- ja lannoituskelpoisuus kriteereissä edellytetty lämpösumma (≥ 750 d. d.) rajaa kelpoisuuden ulkopuolelle koko Ylä-Lapin ja osan Keski-Lapista (kuva 5.) (Ruotsalainen 2007, 17).



Kuva 5. Keskimääräinen tehoisa lämpösomma Pohjois-Suomessa (WMO:n virallinen vertailukausi 1961–1990) (Evira).

Etelä-Suomessa on ojitettu karumpia kohteita kuin Pohjois-Suomessa, mitä on pidetty perusteltuna lämpimämmän ilmaston ja siksi tyypin paremman saatavuuden takia. Ojitustoiminnan alkutaipaleella joitain runsastypisiä kohteita pidettiin ”lannoittaen ojituskelpoisena”. (Laiho 2008, 156.)

Ravinteiden lisääminen lannoittamalla on vain tiettyyn rajaan asti kannattavaa. Suomen pohjoisimmissa osissa ilmasto muodostuu niin voimakkaasti kasvua rajoittavaksi tekijäksi, ettei lannoituksella saavutettava hakkuutulojen lisäys enää kata kustannuksia. (Paavilainen 1979, 62) Kelpoisuuskriteeri täyttyy sellaisilla turvekankailla, joilla puut saavat turpeesta riittävästi typpeä, jolloin kyseeseen tulevat lähinnä Mtkg II- ja Ptkg II turvekankaat, riittävän lähtöpuuston Ptkg I turvekankaat sekä osa Etelä-Suomen varputurvekankaista. Jäkäläturvekankailla turpeen typpipitoisuus on niin alhainen, ettei lannoittaminen ole enää kustannustehokasta. Kunnostusojitusta ei tehdä sellaisilla alueilla, joilla aikaisempi ojitus ei ole selvästi lisännyt puuston kasvua. (Ruotsalainen 2007, 17.) Näillä alueilla

puusto kasvaa ilman lisälannoituksia (lähinnä kalium, K) ja ojituksia 100 vuoden ohjekiertoaikana vuosittain vain 0,1–1 m³/ha (ns. kitumaaluokka), kun taas kannattavuusrajana pidetään 1,5 m³/ha/v. (Ruotsalainen 2007, 17; Äijälä ym. 2014, 171.)

4 PUUN JA TURPEEN LÄMPÖARVO

4.1 Puun lämpöarvo

Termodynamiikan eli lämpöopin ensimmäinen pääsääntö: Energiaa ei voi luoda eikä hävittää vaan ainoastaan muuttaa muodosta toiseen.

Puu on kasvaessaan muodostanut sokereita *yhteyttämällä*, prosessilla, joka vaatii tapahtuakseen auringosta saatua energiaa. Kun puu poltetaan, osa tästä energiasta voidaan siirtää toiseen muotoon kuten lämpöön ja edelleen sähkөөn.

Lämpöarvolla tarkoitetaan aineen massayksikköä kohden aineen täydellisessä palamisessa vapautuvaa energiamäärää. Lämpöarvo ilmoitetaan kaasumaisille ja nestemäisille polttoaineille kalorimetrisenä lämpöarvona, joka osoittaa palamisessa vapautuvan energian kokonaisuuden ilman, että laskutoimituksessa tarvitsisi ottaa huomioon polttoaineen kosteutta. Kiinteillä polttoaineilla, kuten puulla ja turpeella, lämpöarvo ilmaistaan ns. tehollisena lämpöarvona (jouleina kilogrammaa kohden). Tehollinen lämpöarvo kuiva-aineessa ilmaisee vapautuvan lämpöenergian määrän palolosuhteissa, joissa aineen sisältämän vedyn palamistuotteena syntyvä vesi sekä aineen sisältämä kosteus kaasuuntuu (höyrystyy). Kiinteillä polttoaineilla lämpöarvoa ei voi määrittää laskennallisesti reaktioentalpioiden (lämpösisältöjen muutos, ΔH_r) avulla, kuten kaasumaisilla ja nestemäisillä polttoaineilla, vaan ainoastaan mittaamalla (pommikalorimetri). (Raiko 2002, 51–52.)

Energiantuotantolaitoksiin poltettava puuaines päätyy useimmiten hakkeena. Metsätähdehakkeen lämpöarvo (MJ/kg) kuiva-aineessa on 18,5–20. Voimalaitokselle tuleva hake on kuitenkin vain ns. ilmakeivattua lämpöarvolla 6–9. Vastaavat saapumistilälämpöarvot ovat kokopuuhakkeelle 7–10, rankahakkeelle 7–11 ja kantohakkeelle 8–13. Kuiva-ainelämpöarvot edellä mainituille ovat niin ikään 18,5–20. (Alakangas 2000, 152.)

Hakemateriaali sisältää usein eri puulajeja (mänty, kuusi, koivut, haapa), ja siksi sen lämpöarvo vaihtelee edellä mainituin amplitudein. Tämän tutkimuksen puusto koostui pelkästään männystä, mikä on tyyppillistä karuille metsäojitetuille soille. Puhtaan mäntyhakkeen lämpöarvo kuiva-aineessa on n. 19,56 MJ/kg (koko puu kannon yläpuolelta). Männyn juurille ja kannolle vastaavat arvot ovat keskimäärin 19,51 MJ/kg ja 22,36 MJ/kg. (Alakangas 2000, 63–67.)

4.2 Turvelajin ja maatumisasteen vaikutus turpeen lämpöarvoon

Turve on orgaaninen eli eloperäinen maalaji, joka koostuu epätäydellisesti hajonneista kasvinosista. Jokaisella suotyypillä on sille tyypillinen kasvillisuus, ja kunkin tyyppinen kasvillisuus muodostaa omanlaistaan turvetta. (Päivänen 2007, 15; Heikurainen 1980 80–84.)

Turpeen lämpöarvon ja maatumisasteen välinen riippuvuus on rahkavaltaisilla turpeilla erittäin merkitsevä (0,61). Mitä suurempi rahkaturvekijän määrä on, sitä merkitsevämpi riippuvuus on. Maatumisen yhteydessä orgaanisen aineksen hiilipitoisuus nousee, jolloin myös lämpöarvo painoyksikköä kohden kasvaa. Näin on varsinkin rahkavaltaisilla turpeilla. Lämpöarvon ja hiilipitoisuuden välillä on erittäin merkitsevä riippuvuus rahkavaltaisilla turpeilla (0,88) ja saravaltaisilla turpeilla (0,81). Kasvilajien fysiologisten erojen takia heikostikin maatuneilla saraturpeilla on korkeammat lämpöarvot kuin rahkaturveilla. Tarkasteltaessa maatuneisuudeltaan samanlaisia pääturvelajeja on saraturpeilla maatumisasteissa H1–2 keskimäärin 2,2 MJ/kg ja H8 0,3 MJ/kg korkeampi lämpöarvo kuin rahkaturveilla. Korkein keskimääräinen kuivan turpeen lämpöarvo on saraturpeella 21,6 MJ/kg ja rahkaturveella 19,4 MJ/kg. Rahkaturveet ovat energiasisällöltään turvelajeista heikoimpia. Sararahkaturveen energiasisältö on keskimäärin lähes 50 % suurempi kuin puhtaan rahkaturveen. (Mäkilä 1994, 23–25.)

Polttoaineeksi energiantuotantolaitoksiin soveltuvat maatumisasteeltaan H5–10 rahkaturveet sekä kaikenlaiset saraturveet. Leijupetikattiloissa hakkeen polton tukena käytettävän energiaturpeen lämpöarvo on keskimäärin 21 MJ/kg kuiva-aineessa ja 9 MJ/kg saapumistilassa. (Alakangas 2000, 154.)

Heikosti maatuneet rahkaturveet ovat siis lämpöarvoltaan jonkin verran sekä tiheydeltään selvästi saraturveja ja erityisesti pitkälle maatuneita saraturveja pienempiä (Mäkilä 1994, 23–25). Näistä syistä heikosti maatuneita rahkavaltaisia turveja käytetään vain vähän jos lainkaan energiantuotannossa. Rahkavaltaisen turpeen lämpöarvoa on vaikea löytää kirjallisuudesta, joten tässä tutkimuksessa sen selvittämiseksi käytettiin pommi-kalorimetrianalyysia.

5 AINEISTO JA MENETELMÄT

Tutkimuksen case-alue sijaitsee Karvian Alkkiassa Lylynnevilla. Satakunnan ja Pohjois-Pirkanmaan alueella on useita vastaavanlaisia soita, mutta näistä Lylynneva valikoitiin saavutettavuutensa ja runkopuupääomansa (n. 20 m³/ha) perusteella.

Alueen keskipiste on ETRS-TM35FIN-koordinaatein ilmaistuna N: 6900580 ja E: 282615. Alue sijaitsee n. 150 metrin päässä lähimmästä metsäautotiestä. Biomassa-aineisto (puu- ja pintaturveaines) kerättiin neljältä koealalta (a' 2000 m²) (kuva 6.), joiden rajaus noudattelee pääosin

ojalinjoja. Koealoilla tutkittiin saman hankkeen puitteissa myös muita asioita, joihin liittyen kuvassa voi nähdä pitkospuurakennelmaa kahden lännenpuoleisen (kuvassa vasemmalla) koealan sisäpuolella.



Kuva 6. Kokopuukorjuualue (Paikkatietoikkuna, Maanmittauslaitos 2013).

Korjuualue on kasvupaikkatyypiltään jäkäläturvekangas II.

Puustopääoma mitattiin yksinpuin luvulla, jossa kirjattavat puustotunnukset olivat pituus h (m) ja rinnankorkeusläpimitta $d_{1.3}$ (cm) kahdesta ristikkäisestä suunnasta. Jokaisesta vähintään 7.0 m korkeasta puusta (koepuu) mitattiin lisäksi kapenemisluku $d_{6.0}$ (cm). Mitattaviksi, kuitunauhalla merkityiksi ja nostettaviksi otettiin puut, joiden $d_{1.3}$ oli vähintään 3 cm. Alle 3 cm:n puut olivat alueen vähäistä taimiainesta, jota ei otettu mukaan. Yksinpuinluvun jälkeen koealoilla toteutettiin kokopuukorjuu mukaan lukien juurakot ja niiden mukana tulevat pintaturpeet.

5.1 Kokopuukorjuu

Kokopuukorjuu toteutettiin metsätraktoreilla ilman erikoisvarusteita marraskuussa 2007. Kokopuukorjuun ja -kuljetuksen yhteydessä tehtiin myös pienimuotoisia ajokokeita sulalla maalla ja hyvin ohuen roudan aikaan (n. 3 cm) käyttäen sekä normaalia metsätraktoria (Ponsse Wisent) että kevyttä kumitelaista metsätraktoria (Logbear F4000).

Korjuualueen kaikki puut nostettiin kokonaisina juuripaakkuineen. Puun vetäminen kasvualustastaan onnistui tarttumalla puuta juurenniskan alapuolelta ajokoneen kouralla ja kallistamalla puun irti (kuva 7.) sekä pienemmillä puilla yksinkertaisesti tarttumalla rungosta noin rinnan korkeudelta kiinni ja nostamalla puu ylös. Toimenpiteen ilmiänsä voinee jossain määrin verrata vetorenkaallisen säilyketölkin kannen avaamiseen. Puut kuljetettiin juurakoiden koosta riippuen 5–10 rungon erissä varastopaikalle.



Kuva 7. Rungon kallistaminen juurenniskasta (Silvan).

Tutkimuksessa ei tehty korjuukustannus selvitystä, sillä mielenkiinto kohdistui tässä vaiheessa vain biomassan määrään. Korjuukustannuksiin liittyvää pohdintaa esitetään jäljempänä opinnäytetyössä.

5.2 Puiden biomassanäytteet

Irti nostettuja puita lanssipaikalle kertyi 53 kpl. Näistä 38 kpl (näytepuut) pilkottiin osiin ja punnittiin rungonosittain: oksat, runko, kanto, juuret ja juuriin tarttunut pintaturve. Jokainen käsittelyyn päätyneet näytepuu siis punnittiin kokonaan, tosin pala kerrallaan ja ositteiksi jaettuna. Punnituksessa käytettiin tavallista maatalouskäyttöön suunniteltua punnusvaakaa koepuukasan viereen sijoitettuna ja tasapainotettuna. Näytepuiksi valikoituivat subjektiivisesti puukasan reunoilla sijainneet puut, sillä kasan purkamisen myrskypuuraivaustyyliin tapahtui kaikkein turvallisimmin reunoilta käsin. Näytepuiden punnitus ja näytteenotto ositteista tehtiin keuhälällä 2008. Punnitukseen otettiin puita vain 38 kpl, koska Metsäntutkimuslaitoksen Parkanon toimipisteessä oli tuolloin pulaa henkilöstöstä, jonka piti ehtiä myös muihin tehtäviin.

Jokaisesta ositelajista otettiin 15 näytettä: rungosta (tyvi-, keski- ja latvaosa), kannosta ja yli 20 mm paksuista oksan- ja juurenosista n. 50 mm paksut kiekot sekä pienempiä oksia neulasineen n. litra. Näytteet pussitettiin ja kuivattiin 105 °C:ssa yhden vuorokauden ajan, minkä jälkeen näytteet punnittiin kuivamassan määrittämiseksi. Turvenäytettä otettiin n. kaksi litraa joista kumpikin litra omaan pussiinsa. Toisen pussin sisältö käsiteltiin kuten puuaineksen ositteet kuivamassan määrittämiseksi, toisen pussin sisältö päätyi pommikalorimetriseen analyysiin tuhkapitoisuuden ja erityisesti lämpöarvon määrittämiseksi sekä maatuneisuuden arvioimiseksi Von Postin kouriintuntuvien menetelmin.

5.3 VMI-aineisto

Tässä työssä käytetty koko Suomea koskeva arvio metsänkasvatuskelvottomien ojitettujen soiden puuston tilavuudesta maassamme perustuu Metsäntutkimuslaitoksen suorittaman valtakunnan metsien 11. inventoinnin (VMI11) tuloksiin. VMI11 on tehty vuosina 2009–2012.

5.4 Aineiston laskennallinen yhdistäminen

Koepuiden runkojen tilavuuden laskentaan käytettiin Jouko Laasasenahon (1982) julkaisemaa yhtälöä männylle, sillä koealan puusto oli yksinomaan mäntyä.

Mitattu runkopuutilavuus- ja analysoitu kokonaisbiomassa-aineisto käsiteltiin lineaarisin regressiomallein turvemäärän ja puuainemäärän suhteen havainnollistamiseksi. Lineaariseen regressiomalliin päädyttiin kokeilujen jälkeen. Kokeiluvaiheessa testattiin erilaisten epälineaaristen regressiomallien soveltuvuutta aineistojen analysointiin. Epälineaaristen regressiomallien soveltuvuus arvioitiin regression selitysasteen avulla. Mallien, laskelmien ja kuvaajien laatimisessa käytettiin SigmaPlot 11.0 -ohjelmaa.

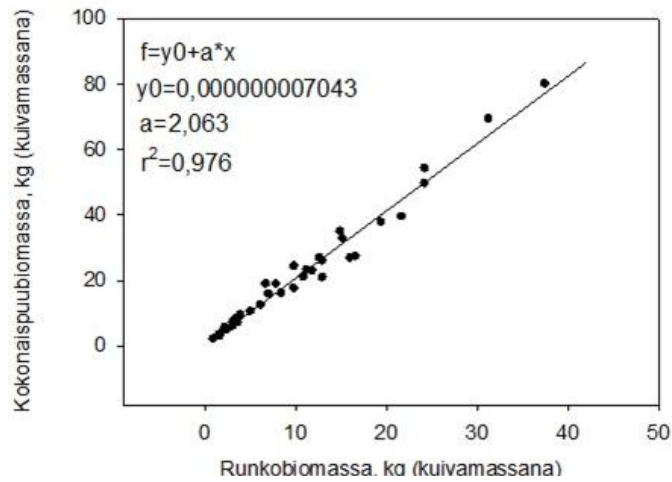
Koepuiden puuaineksen massayksikköä kohden puuston mukana irtosi tietty määrä turvetta. Biomassan kertymä (kg) (puu- ja turve/pintarahka-aines) korjaamalla talteen puusto kaikilta Suomenniemellä sijaitsevilta kitumaan metsäojitusalueilta on laskennallisesti arvioitavissa VMI11 antaman puustopääomatiedon avulla.

Kalorimetrianalyysistä saatuja lämpöarvotuloksia verrattiin Eija Alakan kaan biopolttoaineraportissa (2000) esitettyihin kokopuuhakkeen (mänty) keskimääräisiin lämpöarvoihin.

6 TULOKSET

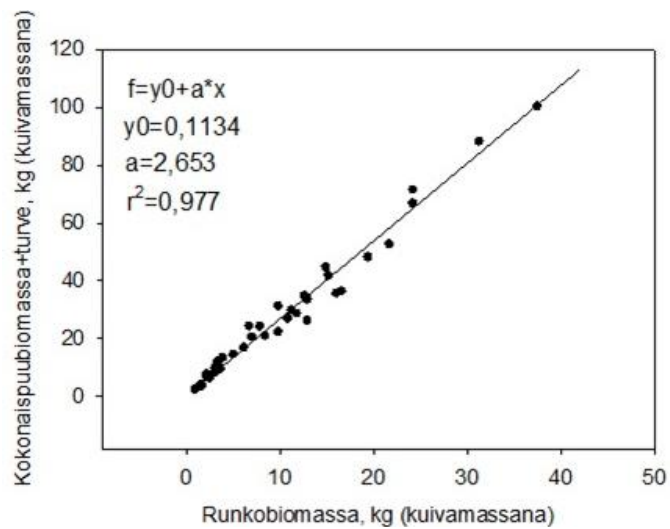
Biomassalajien (runkobiomassa/ kokonaispuubiomassa) väliset sekä biomassan ja tilavuuden väliset suhteet esitetään tässä luvussa kuvaajilla. Runkobiomassalla tässä tarkoitetaan oksatonta ja kannotonta runkoa sekä kokonaispuubiomassalla koko puuainesta oksista juuriin. Kuvaajien yhtälöt (f) ovat suoran yhtälöitä, joiden vakiot (y₀ ja a) SigmaPlot 11.0 on laskenut. Muuttujaa (x) määrittää vaaka-akseli. Selitysasteita (r²) voidaan pitää hyvinä.

6.1 Runkobiomassan ja kokonaispuubiomassan suhde



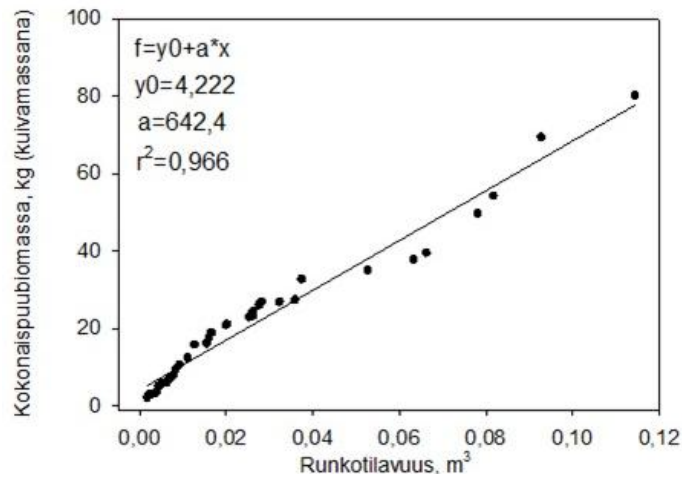
Kuva 8. Runkobiomassa (kg) vs. kokonaispuubiomassa (kg).

6.2 Runkobiomassan sekä kokonaispuu- ja turvebiomassan suhde



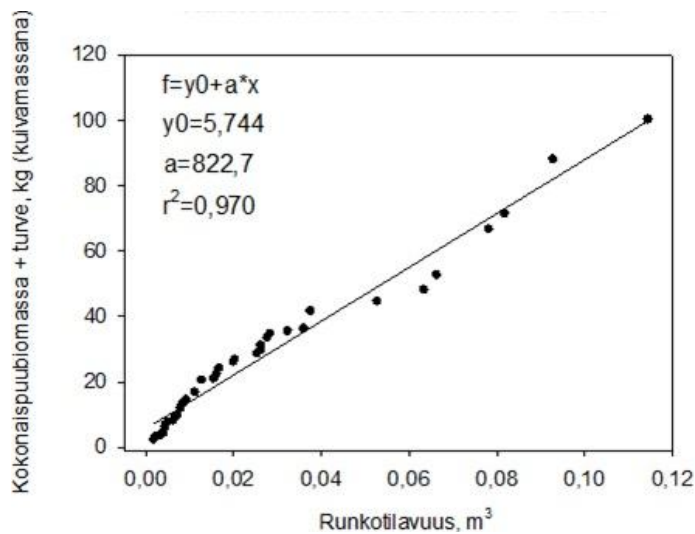
Kuva 9. Runkobiomassa (kg) vs. kokonaispuubiomassa + turve (kg).

6.3 Runkotilavuuden ja kokonaispuubiomassan suhde



Kuva 10. Runkotilavuus (m³) vs. kokonaispuubiomassa (kg).

6.4 Runkotilavuuden sekä kokonaispuu- ja turveainesmassan suhde



Kuva 11. Runkotilavuus (m³) vs. kokonaispuubiomassa + turve (kg).

6.5 Koko Suomen kitumaan metsäojitusalueiden kokonaispuubiomassa

Kuvan 10. yhtälön

$$f = y_0 + ax$$

jossa $y_0 = 4,222$
 $a = 642,4$
 $x = \text{runkotilavuus (m}^3\text{)}$
 $f = \text{kokonaispuubiomassa (kg),}$

avulla saatiin laskennallisesti estimoitua näennäinen kokonaispuubiomas-
sammäärä:

Suomessa VMI11 mukaan runkokuuta metsänkasvatuskelvottomilla ojite-
tuilla soilla on kaikkiaan 32 109 000 m³. Em. kaavaan sijoitettuna (x) ko-
konaispuuaineksen kuivamassa (f) koko maan osalta on n. 20 600 000
tonnia.

6.6 Koko Suomen kitumaan metsäojitusalueiden kokonaisbiomassa

Kuvan 11. yhtälön

$$f = y_0 + ax$$

jossa $y_0 = 5,744$
 $a = 822,7$
 $x = \text{runkotilavuus (m}^3\text{)}$
 $f = \text{puu- ja turveaineksen yhteismassa (kg)}$,

avulla saatiin laskennallisesti estimoitua näennäinen biomassamäärä:

Suomessa VMI11 mukaan runkokuuta metsänkasvatuskelvottomilla ojite-
tuilla soilla on kaikkiaan 32 109 000 m³. Em. kaavaan sijoitettuna (x) puu-
ja turveaineksen yhteiskuivamassa (f) koko maan osalta on n. 26 400 000
tonnia.

6.7 Turvebiomassan osuus suhteutettuna puuainesbiomassaan

Kuivamassaosuuksista lähes neljännes oli turvetta (taulukko 1.).

Osite	k-a (kg)	
Yht.	30,213	%
Oksat	3,477	11,51
Runko	11,281	37,34
Kanto	3,965	13,12
Juuret	4,4547	14,74
Turve	7,035	23,28

Taulukko 1. Ositteiden kuivamassojen keskiarvot ja prosenttiosuudet.

6.8 Lämpöarvotulokset

Turvenäytteiden lämpöarvotulosten avulla voidaan suuntaa-antavasti arvi-
oida juurakoiden mukana irtoavan pintaturpeen käytettävyyttä haketta
polttavissa energiantuotantolaitoksissa. Vertailuaineiston (Alakangas
2000, 63–67) mukaan keskimääräisen mäntyhakkeen tehollinen lämpöar-
vo kuiva-aineessa on 19,51–22,36 MJ/kg. Kokopuukorjuukoalalan pinta-

turpeen teholliseksi lämpöarvoksi kuiva-aineessa saatiin 18,35–20,62 MJ/kg (taulukko 2.). Vertailuaineiston ja opinnäytetyön turveaineiston lämpöarvot ovat siis hyvin lähellä toisiaan.

	Näyte	$q_{v,net,d}$		
	L 1	20,00		
	L 2	18,66		
	L 3	20,62		
	L 4	18,82		
	L 5	17,94		
	L 6	18,82		
	L 7	19,04		
	L 8	19,07		
	L 9	19,61		
	L 10	19,40		
	L 11	19,58		
	L 12	18,70		
	L 13	18,35		
	L 14	18,40		
	L 15	19,59		
	k-a	19,11		
	k-hajonta	0,70		
	mediaani	19,04		
$q_{v,net,d}$	tehollinen lämpöarvo kuiva-aineessa		MJ/kg	

Taulukko 2. Pommikalorimetrillä saadut pintaturvenäytteiden lämpöarvot.

7 PÄÄTELMÄT

Luvun 6.1 kuvaajasta (kuva 8.) voi havaita, että sekä kannon ylä- että alapuolisen puuaineksen eli kokonaispuuaineksen kuivamassa on noin kaksinkertainen pelkkään runkopuuaineksen kuivamassaan verrattuna. Oksien, kannon ja juurten osuus kaiken puuaineksen kuivamassasta on siis lähes puolet.

Luvun 6.2 kuvaajasta (kuva 9.) puolestaan voi havaita, että kokonaispuuaineksen ja turveaineksen yhteiskuivamassa on enemmän kuin kaksinkertainen pelkkään runkopuuaineksen kuivamassaan verrattuna.

Mikäli metsänkasvatuskelvottomilta ojitusalueilta aiotaan korjata energia-puuta, pelkkien rungonosien keräämisessä ei ole järkeä, kun samalta kohteelta voi saada kaksinkertaisen määrän kuivabiomassaa otettaessa puun muut ositteet ja pintaturpeet mukaan. Turpeen osuus kokonaisuudesta on noin viidennes.

Kerätty puusto turpeineen seisoi varastopaikalla talven yli. Tänä aikana tapahtuneessa turpeen kuivumisessa ei havaittu merkittäviä ongelmia suhteessa puuaineksen kuivumiseen. Tässä tapauksessa varastopaikka oli avoin sekä siksi tuulinen ja valoisa.

Pintaturve soveltunee polttolaitoksiin hakkeen joukossa, sillä sen lämpöarvo lähes vastaa mäntyhakkeen lämpöarvoa (taulukko 2.; Alakangas 2000, 63–67). Lisäksi polttolaitokset käyttävät leijupetikattiloissa turveainesta joka tapauksessa, tuli sitä valmiiksi hakkeen mukana tai ei.

Kokopuukorjuukustannukset riippunevat käytettävän kaluston koosta ja lähikuljetusmatkasta sekä etenkin korjuu- ja kuormaustavasta. Mikäli myydystä hakeaineksesta saatu rahasumma ei riitä kattamaan korjuun kustannuksia puhtaasti taloudelliselta kannalta katsoen, voisi kokopuunkorjuu silti toimia porkkanana valtion ja yksityisten henkilöiden uudelleensoistamishankkeissa, kun edes osa kustannuksista voitaisiin nollata myydyn hakeaineksen tuotolla.

8 POHDITTAVAA

Tässä työssä jäi paljon kysymyksiä avoimeksi. Saadut tulokset ovat vasta alku joukolle jatkotutkimuksia, joiden perusteella kitumaan metsäojitusalueiden energiapuunkorjuuseen liittyvistä kysymyksistä kenties oleellisin, kustannustehokkuus, voitaisiin arvioida.

Koepuuaineksesta ja pintaturpeista muodostuvan hakkeen keskimääräistä energiatiheyttä (MWh/m^3) ei tiedetä eikä sitä siis voida verrata tyypillisen suomalaisen kokopuuhakkeen energiatiheysarvoihin. Koepuustolle olisi pitänyt suorittaa haketuskoet. Saadusta hakkeesta olisi voinut määrittää irtotiheyden ja kosteusprosentin, joiden avulla yhdessä lämpöarvotulosten kanssa olisi voinut laskea hakkeen energiatiheyden (Alakangas 2006, 19; Alakangas & Impola 2013, 23).

Puu-rahka-aineksesta muodostuva hake on todennäköisesti varsin epätasalaatuista. Koska tutkimuksessa suoritettiin vain yksi korjuukoe, ei tiedetä, paljonko puuston mukana irtoavan pintarahkasammalen/turpeen määrä voi vaihdella. Pitäisi selvittää, miten mahdollisesti epätasalaatuinen hake vaikuttaa energiantuotantolaitosten kattilatekniikkaan ja millaisia säätöjä kattiloilta vaaditaan.

Jos korjuukelpoisuuden kriteeriksi asetetaan jokin tietty etäisyys koneen kantavasta metsätiestä, potentiaalinen käytettävä suohehtaarimäärä pieneene VMI1:n tuottamasta periaatteellisesta hehtaarimäärästä. Mikäli kaikki Suomen kitumaan metsäojitusalueet sekä niiden läheisyydessä oleva metsätieverkosto yhdistettäisiin paikkatieto-ohjelmalla, voitaisiin käytännön saavutettavuusrajan sisäpuolella olevien suometsäalueiden sijainti ja määrä selvittää käyttämällä puskurivyöhykeanalyysiä.

Kunnostusojituskelvottomista kitumaan metsäojitusalueista leijonanosa, lähes 90 %, sijaitsee Pohjois-Suomessa (Penttilä ym. 2010). Pitäisi selvittää, paljonko pitkät kuljetusmatkat vähentävät näiden alueiden puuston bioenergiahyödyntämisen kannattavuutta.

Kokeessa ei tällä erää tehty korjuukustannusarviota, koska koejärjestely ja kokeiden määrä oli tältä osin erittäin puutteellinen. Ensinnäkin, käytetty korjuutapa oli eräs epätaloudellisimmista, koska kuormatilaan jäi varsin paljon ilmaa runkojen väliin (kuva 8). Jotta välttyttäisiin kuljettamasta ilmaa ja koneen ajokerrat suolla vähenisivät, rungot tulisi katkoa ja kuormata erikseen perinteiseen kokopuukorjuutapaan ja kannot pintaturpeineen palata kuormaamaan lopuksi. Toiseksi, yksittäisen case-tutkimuksen sijaan kattavaan korjuukustannusarvioon tarvittaisiin useita eri korjuukohteita, -kokeita ja -koneita, jotta korjuutapavaihtoehdoista voidaan selvittää saannoltaan paras. Myös korjuutavan kustannustehokkuus pitää tutkia. Menetelmän teknis-taloudellisesti kannattavin vaihtoehto on selvitettävä, ennen kuin se on sovellettavissa laajempaan käyttöön.



Kuva 12. Kustannustehotonta kuormaamista (Silvan).

LÄHTEET

- Alakangas, E. 2000. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. VTT Tiedotteita. Espoo. Valtion teknillinen tutkimuskeskus.
- Heikkilä, H. & Lindholm, T. 1995. Metsäojitettujen soiden ennallistamisopas. Vantaa. Metsähallitus.
- Juntunen, M.-L. & Herrala-Ylinen, H. 2008. Metsien hoito. Teoksessa Pelto, A. (toim.) Metsätilastollinen vuosikirja 2008. Helsinki. Metsäntutkimuslaitos.
- Laiho, R. 2008. Suoekosysteemistä metsäekosysteemiksi. Teoksessa Korhonen, R., Korpela, L. & Sarkkola, S. (toim.). Suomi – Suomaa. Soiden ja turpeen tutkimus sekä kestävä käyttö. Helsinki. Suoseura ry, Maahenki Oy.
- Laine, J. & Vasander, H. 1998. Suo ekosysteeminä. Teoksessa Vasander, H. (toim.) Suomen suot. Helsinki. Suoseura ry.
- Laine, J., Vasander, H., Hotanen, J.-P., Nousiainen, H., Saarinen, M., Penttilä, T. 2012. Suotyypit ja turvekankaat – opas kasvupaikkojen tunnistamiseen. Helsinki. Metsäkustannus Oy.
- Mäkilä, M. 1994. Suon energiasisällön laskeminen turpeen ominaisuuksien avulla. Espoo. Geologian tutkimuskeskus.
- Paavilainen, E. 1979. Metsänlannoitusopas. Helsinki. Kirjayhtymä Oy.
- Paavilainen, E. & Päivänen, J. 1995. Peatland forestry. Ecology and principles. Berlin. Springer-Verlag.
- Päivänen, J. 1990. Suometsät ja niiden hoito. Helsinki. Kirjayhtymä Oy.
- Päivänen, J. 2007. Suot ja suometsät – järkevän käytön perusteet. Helsinki. Metsäkustannus Oy.
- Raiko, R. 1995. Poltto ja palaminen. Helsinki. Teknillinen akatemia.
- Ruotsalainen, M. 2007. Hyvän metsänhoidon suositukset turvemaille. Helsinki. Metsäkustannus Oy.
- Saarinen, M. 2013. Männyn kylvö ja luontainen taimettuminen vanhoilla ojitusalueilla – turvemaiden uudistamisen erityispiirteitä. Dissertations Forestales 164. Vantaa. Suomen Metsätieteellinen Seura.
- Seppä, H., Lindholm, T. & Vasander, H. 1993. Metsäojitettujen soiden luonnontilan palauttaminen. Vantaa. Metsähallitus.

Västilä, S. & Herrala-Ylinen, H. 1998. Metsien hoito. Teoksessa Sevola, Y. Metsätalastollinen vuosikirja 1998. Helsinki. Metsäntutkimuslaitos.

Äijälä, O., Koistinen, A., Sved, J., Vanhatalo, K. & Väisänen, P. (toim.) 2014. Metsänhoidon suositukset. Helsinki. Metsäkustannus Oy.

Sähköiset lähteet

Alakangas, E. 2006. Energiaturpeen laatuohje 2006. Polttoaineluokitus ja laadunvarmistus, näytteenotto ja ominaisuuksien määrittäminen. Nordic Innovation Centre. Espoo. Viitattu 7.4.2015.

http://energia.fi/sites/default/files/energiaturpeen_laatuohje_2006.pdf

Alakangas, E. & Impola, R. 2013. Puupolttoaineiden laatuohje. Espoo. Valtion teknillinen tutkimuslaitos. Viitattu 7.4.2015.

<https://www.metsateollisuus.fi/mediabank/918.pdf>

Euroopan Unionin virallinen lehti L140/16. 5.6.2009. Viitattu 19.4.2015.

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=OJ:L:2009:140:FULL&from=FI>

Evira. Lämpösummakartta. Viitattu 18.4.2015.

http://www.evira.fi/files/attachments/fi/kasvit/metsanviljely/kartat/FI/lamposummakartta_viite_300.pdf

Pekkarinen, M. 2010. Kohti vähäpäästöistä Suomea. Uusiutuvan energian velvoitepaketti. Helsinki. Työ- ja elinkeinoministeriö. Viitattu 11.4.2015.

http://www.tem.fi/files/26643/UE_lo_velvoitepaketti_Kesaranta_200410.pdf

Penttilä, T., Ihalainen, A., Kojola, J. & Laine, J. 2010. Metsätalouden ulkopuolelle jäävien karujen soiden pinta-alan ja puustobiomassan alueellinen jakautuminen. Selvitys soiden ja turvemaiden kansallista strategiaehdotusta valmistelevalle työryhmälle. Liite 6. Sivut 32–34(94). Viitattu 18.4.2015.

http://www.mmm.fi/attachments/ymparisto/suojaturvemaat/5xxtC3ERf/suustrategia_liitteet_korjattu_150411.pdf

Keskustelut

Laine, J. Professori. Metsäntutkimuslaitos. Keskustelut 2008.

Vesterinen, P. Puustonhoitaja. Metsähallitus. Keskustelut ja kohdekäynti 2014.

Valokuvat

Silvan, N. Metsäntutkimuslaitos

Kunnostusojituskelvottomien kitumaan metsäojitusalueiden puuston hyödyntäminen
bioenergiaksi kokopuukorjuulla

