

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Metsätalouden koulutusohjelma

Liisa Hurskainen

Energiapajun viljelypotentiaali Keski-Suomessa ja
Pohjois-Karjalassa

Opinnäytetyö
Toukokuu 2015



OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2014
Metsätalouden koulutusohjelma

Sirkkalantie 12 A
80100 JOENSUU
p. 013 260 6900

Tekijä
Liisa Hurskainen

Nimeke
Energiapajun viljelypotentiaali Keski-Suomessa ja Pohjois-Karjalassa

Toimeksiantaja
Itä-Suomen yliopisto

Tiivistelmä

Opinnäytetyössä kartoitettiin pinta-alallisesti ja paikkakohtaisesti energiapajun potentiaaliset viljelyalueet Jyväskylän Energia ja Joensuun Fortum -voimalaitoksien läheisyydessä. Energiapajua olisi mahdollista kasvattaa vapautuneilla turvetuotantoalueilla, vajaatuottoisissa lehtomaisilla sekä tuoreilla metsikköalueilla ja tuotannosta vapautuneilla viljelypelloilla.

Opinnäytetyö oli osa VTT:n ja Itä-Suomen yliopiston Energiapajun kestävä tuotanto ja käyttö -hanketta. Tavoitteena oli kehittää pajubiomassan tuotantoa käytännön viljelmillä, sekä sen käsittelyä ja käytäntöä laitospoltoaineena sekä hajautetun biodieseltuotannon raaka-aineena.

Potentiaaliset viljelyalueet kartoitettiin aiempien tutkimusten lisäksi julkisten rekistereiden tilastoista sekä maa- ja metsätalousministeriön ja Metsäkeskuksen tilausaineistoista. Tutkimusaineistosta laskettiin viljelyn kokonaispotentiaali Keski-Suomen ja Pohjois-Karjalan maakunnille. Potentiaalikartta luotiin ArcGis-paikkatieto-ohjelmalla ja keskitettiin voimalaitoksien alueille.

Pohjois-Karjalassa energiapajulle potentiaalista tuotantoalaa on 9 009 hehtaaria, mistä suurin osa muodostui vajaatuottoisista metsiköistä. Keski-Suomessa vastaavaa potentiaalista tuotantoalaa on 6 434 hehtaaria, suurimmaksi osaksi vapautuneita viljelypelloja.

Tuloksien perusteella voidaan laskea energiapajun kasvatuksen kannattavuutta. Opinnäytetyön potentiaalikarttaa voidaan käyttää jatkotutkimukseen tarkistamalla maastossa alojen lopullinen käytettävyys energiapajun viljelyyn.

Kieli
suomi

Sivuja 26
Liitteet 4
Liitesivumäärä 4

Asiasanat
energiakasvi, kaukokartoitus, paju, peltoenergia



THESIS
May 2015
Degree Programme in Forestry
Sirkkalantie 12 A
FI 80100 JOENSUU
FINLAND
Tel. 358-13-260-6900

Author
Liisa Hurskainen

Title
Energy Willow's Growing Potential in Central Finland and North Karelia

Commissioned by
University of Eastern Finland

Abstract

In this thesis growing potential of energy willow was counted in hectare and mapped by location near Jyväskylän Energia and Fortum Joensuu power plants. Energy willow is able to be grown in released fields, underproductive peat bogs, groves and moist stands.

The thesis was a part of a project sustainable production and use of Energy willow by State Technical Research Center and Eastern Finland University. The target was to improve biomass production of willow, its use as power plant fuel and raw material in biodiesel production.

Growing potential was researched by earlier studies, public register statistics and by ordered material from state authorities for forestry and agriculture. From this information the overall potential was counted for the Central Finland and North Karelia provinces. The map to represent the potential was made by ArcGis geographic information system.

In North Karelia a potential growing area for production of energy willow is 9 009 hectare, mostly consisting of released forests. In Central Finland corresponding number is 6 434 hectare, mostly consisting of released fields.

From these results the profitability of energy willow can be determined. Potential map can be used in the future to check in the final usability for energy willow's growing area.

Language

Finnish

Pages 26
Appendices 4

Keywords

plant of energy, remote sensing, a willow

Sisältö

1	Johdanto.....	5
2	Energiapaju.....	6
3	Energiapajun viljely- ja korjuuketju.....	7
4	Energiapajun polttoteknillinen käyttö	8
5	Pajuviljelmät turvetuotantomailla.....	9
6	Vajaatuottoiset metsät.....	10
7	Tavoite	11
8	Toteutus.....	11
	8.1 Tutkimusasetelma ja -menetelmät.....	11
	8.2 Aineiston hankinta ja analyysikeinot.....	12
9	Tutkimusaineiston lähteet.....	13
	9.1 Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus.....	13
	9.2 Metsäkeskus	13
	9.3 Valtion teknillinen tutkimuslaitos	14
	9.4 OIVA - ympäristö- ja paikkatietopalvelu	15
10	Potentiaalitarkastelun tutkimustulokset	15
	10.1 Peltojen käytettävyys Keski-Suomessa.....	15
	10.2 Peltojen käytettävyys Pohjois-Karjalassa.....	16
	10.3 Turvetuotannosta vapautuneiden alueiden käytettävyys.....	18
	10.4 Taloudellisesti vajaatuottoisten metsien käytettävyys.....	19
	10.6 Yhteenveto	20
11	Energiapajun potentiaalikartat	22
12	Pohdinta	22
	12.1 Pelloheittot	24
	12.2 Tulosten luotettavuus	24
	Lähteet	25

Liitteet

Liite 1 Energiapajun viljelypotentiaali Pohjois-Karjalassa 1:90 000

Liite 2 Energiapajun viljelypotentiaali Pohjois-Karjalassa 1:250 000

Liite 3 Energiapajun viljelypotentiaali Keski-Suomessa 1:90 000

Liite 4 Energiapajun viljelypotentiaali Keski-Suomessa 1:250 000

1 Johdanto

Energiapajun viljelypotentiaali Keski-Suomessa ja Pohjois-Karjalassa -opinnäytetyö on osa Valtion teknillisen tutkimuslaitoksen ja Itä-Suomen yliopiston Energiapajun kestävä tuotanto ja käyttö -tutkimussuunnitelmaa. Energiapajun viljelymahdollisuuksia kartoittaessa käytetään esimerkkikohteena Jyväskylän Energian ja Joensuun Fortumin voimalaitoksien lähiympäristöä. Tämän tutkimuksen potentiaalitarkastelu suoritetaan maakunnittain Keski-Suomessa ja Pohjois-Karjalassa.

Energiapajua on tutkimussuunnitelman mukaan mahdollista kasvattaa vapautuneilla turvetuotantoalueilla, tuotannosta poistuneilla viljelypelloilla ja taloudellisesti vajaatuottoisilla metsikköpohjilla. Keski-Suomen peltotietoja ja turvetuotannon tietoja oli opinnäytetyöhön käytettävissä VTT:n aiemmista tutkimuksista.

Nykyisiä tuotannosta vapautuneita peltotilastoja, turvetuotantoalueita sekä vajaatuottoisia metsiköitä kartoitettiin aiempien tutkimusten lisäksi julkisten rekistereiden tilastotietojen analysoinnilla ja metsäkeskukselta pyydetyllä metsävaratiedolla. Sähköisten tilausaineistojen avulla viljelypotentiaalia Joensuun ja Jyväskylän lähistöllä tarkastellaan hankittujen aineistojen avulla tehdyllä potentiaalikartalla.

2 Energiapaju

Pajut ovat pioneerilajeja, eli ne menestyvät kasvullisesti hyvin ja aloittavat kasvualustansa sukkession. Pajuja on Suomessa ainakin 30 lajia, joita on myös risteytynyt keskenään omiksi lajeiksi. Risteytysmuodot risteytyvät helposti myös keskenään, joista on hankala enää tunnistaa puhdasta lajia. Pajut suosivat kosteita, avoimia ja ihmistoiminnan aiheuttamaa paljasta maata. Pajut ovat haarajatkaisia puita, joista kasvu jatkuu sivuversoista. (Tahvanainen 1995, 10.)

Energiapajuksi on aikaisemmissa Energiapajun kestävä tuotanto ja käyttö - tutkimuksen kokeissa kasvatettu ja haketettu mustuvapajulla (*Salix myrsinifolia*) ja siperianpajulla (*Salix schwerinii*). (Sihvonen ym. 2013, 31). Mustuvapaju viihtyy kosteilla ja märillä kasvupaikoilla, kuten rannoilla, runsasravinteisissa metsissä, ojissa ja viljelysmaiden pientareilla (Rikinen 2010, 50). Siperianpajun eri lajikkeet ja hybridit käyvät myös energiapajun kasvatukseen. Ne ovat nopeakasvuisia ja tuottoisia lajeja. Siperianpajun lajeja käytetään mm. Englannissa pelloilla ojanreunojen suojavyöhykkeissä keräämään karkaavia ravinteita. (Lagerström, Uronen 2005, 51.)

Mustuvapaju on pensasmainen ja siperianpaju puumainen pajulaji. Mustuvapaju kasvaa 5-10 metriseksi ja versot ovat tummanruskeat lyhyellä karvoituksella (Rikinen, 2010, 50, 152). Siperianpajusta kasvaa parhaimmillaan 5–15 metrinen ja versot ovat ruskeat ja ohuet. Mustuvapajun lehdet nimensä mukaisesti mustuvat kuivaessaan. (Lagerström & Uronen 2005, 139–152.)

Pajua on nopeakasvuisuutensa ansiosta lupaava energiaviljelyyn. Kansainvälisen energiajärjestön IEA (International Energy Agency) edellyttää energiaviljelmien puulajeilta erityisesti nuoren iän kasvunopeutta, hyvää vesomiskykyä ja kykyä kasvaa tiheästi, unohtamatta tautien ja olosuhteiden muutoksien kestävyttä (Pelkonen 1985, 27). Siemenen itämisen lisäksi paju uudistuu verson ja juurten kappaleista, pistokkaista, mikä helpottaa viljelyä. Emoyksilöstä katkaistaan pätkiä, joten jälkeläisten geeniperimä ei muutu. Suositeltavaa on kasvattaa samalla viljelmällä eri klooneja tuhonkestävyyden vuoksi. Hyvissä kasvuolosuhteissa pajut käyttävät säteilyenergian melkein samalla tehokkuudella kuin muutkin jalostetut viljelykasvit. Pajuviljelmän vesojen

määrää voidaan lisätä leikkaamalla perustamisvuoden jälkeen kasvusto lyhyeksi kannoksi. Tämä lisää tuotosta, sillä paju kykenee kasvamaan tiheässä. (Tahvanainen 1995, 12.)

3 Energiapajun viljely- ja korjuuketju

Pajun viljely sopii osaksi peltoviljelyä ja sen kiertoa hyvin. Peltoaukeiden varsilla pajun kasvatus vähentäisi vesien rehevöitymistä ja kesannon aikana paju kuohkeuttaa maaperän, lisää humuksen määrää ja sitä myötä maaperän eliöiden määrää. (Tahvanainen 1995, 16.)

Suurin osa aikaisemminkin maataloustuotannossa olleista pelloista soveltuu energiapajun viljelyyn. Suositeltavat ovat viljavat ja hyvin vettä sekä ravinteita pidättävät multavat kivennäismaat. Savimaisia pelloja ei suositella pajun viljelyyn. Vettä läpäisevät pellot saavat pajun kasvattamaan juuriaan syvälle, minkä ansiosta kasvuenergiaa tuhlautuu ja juuret voivat jopa rikkoa salaojia. Kuiva halkeileva maa voi myös katkoa juuria. (Tahvanainen 2005, 23–25; Varis 1988, 171.)

Nuorten energiapajuvesojen korkea tuotoskyky hyödynnetään lyhyen 3–5 vuoden kiertoajalla. Tämän jälkeen luontainen tuotoskyky alkaa laskea. Kullekin kasvupaikalle kannattaa valita sopiva pajulaji, pohjoisimmilla alueilla viihtyy parhaiten mustuvapaju. Monet kotimaiset lajit sopivat energiaviljelyyn. Suositeltava pH-arvo multamaille on 5,5–6,5 ja mineraalimaille 6,0–6,5. Ravinteiden ottokyky voi heikentyä happamissa oloissa. Kosteus on pajuille hyvin tärkeää. Hiesu ja hieta ovat vedenvarastointikyvyltään erinomaista viljelymaata. (Tahvanainen 1995, 13 - 28.)

Pajun viljelyala Suomessa energiakasvina on 10–15 hehtaaria. Yksi Itä-Suomen yliopiston pajunkasvatustutkimukseen perustettu viljelmä on Siikasalmella. Energiapajun kustannustehokas tuotanto on 10 000–20 000 pistokasta hehtaaria

kohden. Pistokkaita voidaan istuttaa paririviin etäisyydellä 0,8 metriä ja paririvien välinä 1,5 metriä. Maksimaalisen kokonaistuotoksen korjuukiertoaika on kokeissa osoittautunut neljä vuotta. (Teknologian tutkimuskeskus VTT, Itä-Suomen yliopisto ym. 2014.)

Pajun korjuussa käytetään Suomessa traktorin metsäkuormaimeen liitettyä keräävää energiapuukouraa. Sillä katkaistaan ja kerätään useampia pajunippuja, jotka siirretään korjuukentälle kasoiksi. Ajokone kerää kasat ja kuljettaa tienvarteen varastokasoihin kuivumaan. (Laitila ym. 2010, 70.)

Kokonaishankkeessa on tutkittu pajuviljelmän perustamiskustannuksia keväällä 2011 Kyyjärven Savonnevalla. Viljelämä perustettiin turvetuotannosta vapautuneelle suopohjalle jolloin suon jälkikäytön soveltuvuudesta pajuviljelmälle saatiin tuloksia. Savonnevalla toteutuneisiin perustamiskustannuksiin vaikuttivat suurentavasti maan muokkauksen ja lannoituksen tarve. Toimenpiteitä ei pystytty suorittamaan tehokkaasti epäsopivien koneiden ja pitkien siirtomatkojen vuoksi. Kustannukset hehtaaria kohden olivat riippuen lannoituksesta 390 – 4581 euroa. Maatalouden tehokkuudella ja uudella istutuskoneella perustamiskustannuksia olisi mahdollista alentaa 44–50 %. (Teknologian tutkimuskeskus VTT, Itä-Suomen yliopisto ym. 2014.)

4 Energiapajun polttoteknillinen käyttö

Paju on houkuttelevampi kuin peltobiomassat sillä se on samantapainen polttoaine kuin muut tavanomaiset puubiomassat. Paju vaikuttaa negatiivisesti polttokattilan käytettävyyteen verrattuna tavanomaisiin puupolttoaineisiin, sillä kattilan lämmönsiirtopinnat likaantuvat nopeammin. Paju sisältää enemmän kaliumia, fosforia sekä klooria verrattuna tavanomaisiin puubiomassoihin, mikä lisää likaantumista ja tulistinmateriaalien kuumakorroosiota. (Kärki 2014.)

VTT tutki pajumurskeen polttoa Fortumin Joensuun lämpölaitoksella. Referenssipolttoaineseoksen metsähake korvattiin Siikasalmen pajuviljelmän 13

vuotiaalla mustuvapajumurskeella ja sivutuotteena pysyi kuori ja sahanpuru. Pajun osuutta nostettiin 50 %:sta asteittain 100 %:iin. Tavoitteena tutkimuksessa oli hankkia käytännön kokemuksia ja tutkia syötettävyyttä ja lentotuhkien koostumusta. (Kärki 2014.)

Tulosten mukaan pajun raskasmetallipitoisuudet ja kattilan likaantuminen olivat muita polttoaineita korkeammat. 60 % pajuosuudella pysyttiin kuitenkin vielä metsälannoite raja-arvojen alapuolella. Energiatiheys aleni, mitä suuremmaksi pajumurskeen määrää nostettiin. (Kärki 2014.)

Mikäli lentotuhkia halutaan käyttää lannoitteena, tulee raskasmetallipitoisuuksiin kiinnittää huomiota suurilla pajun osuuksilla. Polttokokeen mukaan paju osoittautui mainettaan paremmaksi polttoaineeksi. Oikeilla käsittely- ja polttoteknologioilla pajun poltto ei juurikaan lisää riskejä. Pajun pienillä osuuksilla seospoltto turpeen tai kivihiilen kanssa riittää poistamaan tulipesäriskit. (Kärki 2014.)

Kustannusten takia suunniteltavat pajuhakkeen kuljetusmatkat voimalaitoksille eivät voi olla kovin pitkiä. Energiabiomassoja tarvitaan täydentämään nykyistä metsäenergiaa, kilpailun sijaan. Täten bioenergian hintoja pystyttäisiin laskemaan. (Tahvanainen & Rytönen 1997, 21.)

5 Pajuviljelmät turvetuotantomaille

Turvemaat soveltuvat energiapajulle hyvin mutta tarvitsevat ensin kalkkimista tai tuhkalannoitusta poistamaan maaperän happamuutta. Liian märillä soilla koneellinen työskentely on vaikeaa. Turve on hitaasti uusiutuvaa. Aina kun yksi turvesuo poistuu tuotannosta, toinen turvetuotantoalue tai sen osuus voidaan ottaa ajan myötä uudestaan tuotantoon. Turvetuotannon ulkopuolella, suopohjaa voitaisiin hyödyntää energiapajun viljelyyn. (Varis 1988, 171–172.)

Pajukosteikon käyttöä on tutkittu Vapo Oy:n Raatteikonsuon turvetuotantoalueen valumavesien puhdistuksessa. Valumavedet johdetaan pumppaamalla rei'itettyä putkea pitkin pajukentälle, mistä vesi kulkeutuu kentän läpi puhdistettuna vesistöön. Pajukosteikko voidaan korjata energiakäyttöön kasvukautensa päätteeksi. (Joensuu 2015.)

Turvetuotantoalueiden valumavesien puhdistus tapahtuu mikrobitoiminnan avulla kasvien käyttäessä valumavedestä ravinteita. Tutkimuksessa saatiin selville että paju pidättää ravinteita ja kiintoaineita parhaiten kasvukautensa aikana. Pajukentiltä pääsi ravinteista vapautumaan valumaveteen erityisesti fosforia. (Joensuu 2015.)

6 Vajaatuottoiset metsät

Taloudellisesti vajaatuottoiset metsiköt luokitusryhmä voi sisältää kaikkiin varsinaisiin kehitysluokkiin kuuluvia metsiköitä. Vajaatuottoisuus ei itsessään ole kehitysluokka, vaan lisämääre. Metsikkö on taloudellisesti vajaatuottoinen, jos sen tuotto on alle 50 % hoidetun metsikön tuotosta ja kun vajaatuottoisen runkopuun vuotuinen kasvu jää alle 1m³/ha. Uuden metsänhoitosuosituksen mukaan taloudellisesti vajaatuottoinen metsikkö voi olla arvokasvun perusteella kehityskelpoinen tai kehityskelvoton, jossa uudistaminen on joko jatkokasvatusta kannattavamaa tai tappiollisempaa. (Äijälä ym. 2014.)

Uudistusala voidaan luokitella vajaatuottoiseksi, jos uudistushakkuusta on kulunut yli 4 vuotta eikä alaa ole viljelty taikka luontaisesti uudistettu. Lisäksi epämääräisen hakkuun jälkeinen uudistusala voi olla vajaatuottoinen. Tuhojen ja avosoiden ojitusten seurauksena syntyneet aukeat uudistusalat ovat vajaatuottoisia. Kuin ovat myös väärää puulajia olevat, yli-ikäiset tai pahasti vialliset metsät ravinnehäiriön tai metsänhoitotöiden laiminlyönnin vuoksi. (Metsäsanastoa 1990.)

7 Tavoite

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli kartoittaa energiapajun viljelyyn soveltuvat alueet Keski-Suomen ja Pohjois-Karjalan maakunnissa. Opinnäytetyön tilaajana toimi Itä-Suomen yliopisto. Hehtaarimääraisten tulosten yhteydessä on opinnäytetyössä kuvattu viitetietoa, kuinka tiedot on hankittu ja mitä niistä voidaan päätellä. Potentiaalikartan avulla tutkimustieto paikannettiin maakuntien esimerkkikohteisiin, Joensuun Fortumin ja Jyväskylän Energian voimalaitoksien sijaintiin.

Viljelyalueet rajautuivat turvetuotannosta vapautuneisiin suoaloihin ja tuotannosta poistuneihin viljelyaloihin. Tarkastelussa olivat myös energiapajun viljelyyn potentiaaliset, ravinteisuustason MT ja OMT kehitysluokkien 02, 03 ja 04 vajaatuottoiset metsiköt. Toimeksiannossani työstän VTT:lle ja Itä-Suomen yliopistolle tilatut tutkimustulokset ja potentiaalikartat. Opinnäytetyön kohderyhmänä ovat energiapajua tutkivat tahot sekä sen parissa työskentelevät ja opiskelevat ihmiset.

8 Toteutus

8.1 Tutkimusasetelma ja -menetelmät

Tutkimusotteena käytettiin tässä työssä kvantitatiivista eli määrällistä tutkimusta. Tutkimustulokset määrittyivät pääosin hehtaarimäärinä. Havainnollistamista luodaan karttakuvilla ja hehtaarialoista muodostetuilla kuvioilla. Tutkimuksessa löytyy rippeitä myös kvalitatiivisesta eli laadullisesta tutkimuksesta, sillä tutkimuksen tuloksia luokiteltiin maakunnittaisuuden lisäksi maankäyttöluokkien, yksityiskohtaisten ja vuosittaisten kriteerien, sekä yhteenvedon mukaan.

Toimeksiannossa antoi tutkimuksen lähtökohdiksi suoraan kartoitettavat maankäyttöluokat. Tutkimussuunnitelmaan oli energiapajun viljelyn taustaksi

kirjattu potentiaalisiksi viljelyalueiksi turvetuotannosta vapautuvat suopohjat ja muuhun viljelyyn soveltumattomat peltolohkot. Opinnäytetyön alkuvaiheessa näimme hyväksi lisätä toimeksiantajan kanssa kartoitettaviksi maankäyttöluokiksi vajaatuottoiset, rehevät metsiköt. Alkuperäinen suunnitelma peltoheittojen kartoituksesta jätettiin pois niiden vaikean määrittelyn ja vaikean kartoituksen vuoksi.

8.2 Aineiston hankinta ja analyysikeinot

Viljelypotentiaali tarkasteltiin julkisista rekistereistä ja julkaisuista ja sekä tilausaineistoista. Lisäksi erilaisiin alan asiantuntijoihin oltiin yhteydessä sähköpostitse. Sähköiset aineistot tilattiin maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskuksesta ESRI -shape muodoissa. Aineistot ovat vuodelta 2008 ja 2014, jolloin niitä oli mahdollista tarkastella ArcGis-paikkatieto-ohjelmalla päällekkäin. Täten saatiin tuotannosta vapautuneet peltoalueet vuodesta 2008 lähtien kuvattua. Vajaatuottoisten metsiköiden paikkatietoaineisto saatiin tietopyyntölomakkeella Pohjois-Karjalan ja Keski-Suomen Metsäkeskuksilta. Samasta aineistosta voitiin laskea hehtaarimääräinen potentiaali. Turvetuotantoalueiden sähköinen aineisto on OIVA -ympäristö- ja paikkatietopalvelusta ja määrällinen potentiaali saatiin VTT:n aiemmasta tutkimusaineistosta.

Kuviot työstettiin Microsoft Excel-ohjelman avulla edellä mainituista lähteistä saaduista aineistoista. Kuvioinnissa pyrin hyödyntämään erilaisia tapoja kuvata pylväsdiagrammeja sekä pitämään kuvioiden väriteeman yhtenäisenä. Potentiaalikatat muodostettiin ArcGis-paikkatieto-ohjelmalla. Molempien voimalaitoksien läheisyyteen perustuvissa kartoissa käytettiin kahta mittakaavaa mahdollistamaan yleiskuvallinen ja tarkka sijaintitieto. Teemakartoissa maskeina käytettiin vesistöjä sekä kuntarajauksia. Asutus on kuvattu kartassa haaleasti, välttämällä ylimääräistä sekaannusta viljelypotentiaaliksi kanssa mutta luomaan kokonaiskuvaa. Visuaalisuutta ja havainnollisuutta helpotettiin pitämällä karttanäkymä yksinkertaisena ja kohdentamalla erottuvat teemavärit metsä-,

pelto- ja turvesuomaskeille. Teemavärit valittiin toimeksiantajan toiveiden ja hyväksynnän perusteella.

9 Tutkimusaineiston lähteet

9.1 Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus

Pohjois-Karjalan ja Keski-Suomen viljelytuotantoalueet vuosilta 2008 ja 2014 ovat tilattuina maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskuksesta ESRI shape ja MapInfo-tab tiedostomuodoissa. Tiedostomuodot mahdollistavat tulosten esittämistä ArcGIS paikkatieto-ohjelmalla tehdyllä potentiaalikärtällä. Viljelytuotannon muutoksia tarkastellaan kuuden vuoden erotuksella. Kuuden vuoden erotus perustuu Tikestä vanhimpaan, vuoden 2008, sähköiseen tilastotiedon saatavuuteen. Kuuden vuoden erotuksessa on ehtinyt tapahtua peltoviljelyn tilastoissa jo huomattavia muutoksia.

Tietopalvelukeskuksen verkkosivuilta on nähtävissä Excel-taulukoita käytössä olevien maatalousmaiden maankäyttöryhmistä. Tähän tutkimukseen käytettiin taulukoita Pohjois-Karjalan ja Keski-Suomen maakunnista vuodelta 2008 ja ennakkotietoja ajalta 26.6.2014. Näistä saadaan erotukset kuuden vuoden aikavälillä maankäyttöryhmittäin. Huomattavimmat muutokset maatalouskäytön muutoksissa on otettu tarkempaan analyysiin.

9.2 Metsäkeskus

Aineistot pyydettiin sähköisessä muodossa Metsäkeskus Pohjois-Karjalasta ja Metsäkeskus Keski-Suomesta tietopyyntölomakkeella metsätietojen käsittelyn perusteella tutkimustyön tekemiseen. Metsäkeskuksista pyydettiin metsätietojärjestelmästä kuviokohtaiset metsävaratiedot Pohjois-Karjalan ja Keski-Suomen alueelta alle 1m³/ha/v vajaatuottoisista kasvupaikkatyyppien MT

ja OMT kivennäismaan metsiköistä. Kitumaa ja joutomaa jätettiin kriteerien ulkopuolelle. Saatua aineistoa hyödynnettiin sekä karttojen muodostamiseen, että tilastolliseen analysointiin.

Vajaatuottoisista metsiköistä on tietoa saatu Pohjois-Karjalan maakunnasta kaikista kunnista: Ilomantsi, Joensuu, Juuka, Kitee, Kontiolahti, Outokumpu, Lieksa, Liperi, Nurmes, Polvijärvi, Rääkkylä, Tohmajärvi ja Valtimo. Keski-Suomen maakunnasta tarkasteluun on otettu kunnat: Jyväskylä, Jämsä, Joutsa, Kannonkoski, Karstula, Keuruu, Konnevesi, Kuhmoinen, Kyyjärvi, Pihtipudas, Petäjävesi, Saarijärvi, Multia, Muurame, Viitasaari, Äänekoski. Kohteita ei ollut lainkaan haetuilla kriteereillä kunnissa Hankasalmi, Kinnula, Kivijärvi, Laukaa, Luhanka, Toivakka ja Uurainen.

Metsäkeskuksen metsävaratieto on järjestelmään tallentunut kattavalla kuvioittaisella maastoarvioinnilla ja kaukokartoitusperusteisella metsien inventoinnilla. Metsävaratietoa on päivitetty inventointien välissä Metsäkeskukselle maanomistajalta tai valtuuttamansa toimijalta tulleiden hakemusten ja ilmoitusten perusteella. Metsäkeskuksessa tiedonkeruun laatua varmistetaan otantaan perustuen maastossa.

9.3 Valtion teknillinen tutkimuslaitos

VTT on selvittänyt toimeksiannosta energia- ja kasvuturpeen kysyntä- ja tarjoustilanteen 2011–2012 välisenä aikana hankkeessa Energia- ja ympäristöturpeen kysyntä ja tarjonta vuoteen 2020 mennessä. Aineistoa hankkeeseen on käytetty VTT:n tietokantojen, toimeksiantajan, energiatuottajien ja polttoainetoimittajien lähtötietojen perusteella. Raportista olen analysoinut Pohjois-Karjalan ja Keski-Suomen turvetuotantoalojen oletettua kehitystä sekä vuosittaista oletettua poistumaa. Turvetuotantoalueista voidaan hyödyntää vapautuvia alueita sekä hyödyntää energiapajun kasvatusta ehkäisemään turvesoilta ravinteiden valumaa. (Flyktman 2012.)

Keski-Suomen peltotietoja on lisäksi käytettävissä VTT:n raportista Ruokohelven hankinta keskisuomalaisille voimalaitoksille, 2011. Tietoperustaan saatiin

lähdetietoa VTT:n tiedotteesta Metsähakkeen hankinta- ja toimituslogistiikan haasteet ja kehittämistarpeet.

9.4 OIVA - ympäristö- ja paikkatietopalvelu

Käytin aineiston Corine Land Cover 2012 (20 metrin rasteri) luokkaa 4.1.2.2. Turvetuotantoalueet, kuvaamaan nykyiset turvetuotantoalueet Pohjois-Karjalan ja Keski-Suomen potentiaalikartalla. Luokka koostuu SLICES, MTK, CLC00 ja CLC06 -turvetuotantoalueista, jotka on päivitetty satelliittikuvista.

10 Potentiaalitarkastelun tutkimustulokset

Tuloksia tuotannosta poistuneista viljelyaloista kuuden vuoden aikaväliltä, vajaatuottoisista metsikköalueista ja vapautuvista turvetuotantoalueista olen jakanut erikseen tarkasteltavaksi. Vapautuvien peltojen ja vajaatuottoisten metsien hehtaarimäärät maakunnittain olen koostanut yhteen kokonaiskuvan mahdollistamiseksi. Huomioitavaa on, että vapautunut viljelyala voi olla siirtynyt muuhun tuotantokäyttöön, joka voi vaikuttaa tuotantoalueiden lukuihin.

10.1 Peltojen käytettävyys Keski-Suomessa

Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskuksen mukaan vuodesta 2008 on 26.6.2014 mennessä poistunut maataloustuotannosta yhteensä 6 200 ha viljelyalaa (99 700 ha - 93 500 ha). Viljaa on poistunut tuotannosta 4 700 ha. Rehuviljaa on poistunut 5 200 ha. Muita viljelykasveja, kuten sokerijuurikas, herne, härkäpapu, rypsi, rapsi, öljy- ja kuitupellava, kumina, ruokohelpi, vihantavilja ja puutarhakasvit, on vapautunut 3 700 ha (Kuvio 1). Kesantoala on lisääntynyt 2 800 ha vuoteen 2014 mennessä (Kuvio 2).

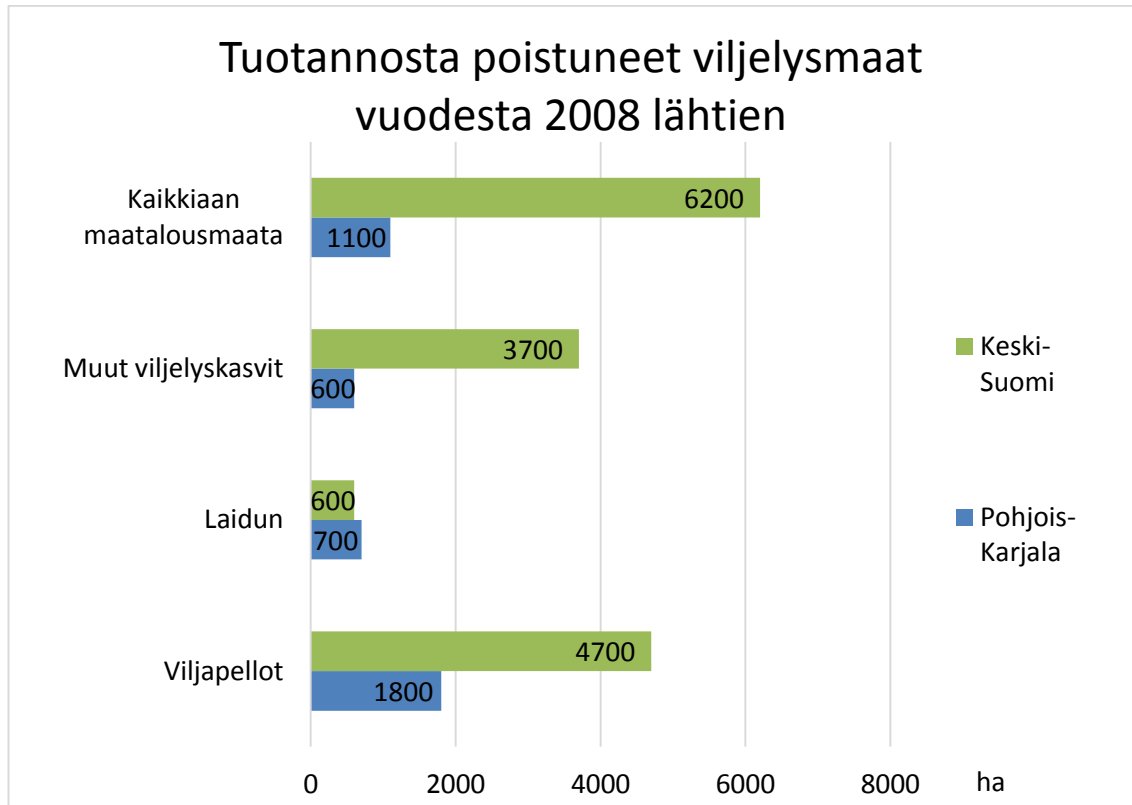
Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen tutkimuksessa Ruokohelven hankinta keskisuomalaisille voimalaitoksille Keski-Suomen uusioviljelyyn kartoitetut viljelyalueet ovat tarkastelun aikana olleet tuotantokäytössä. Ruokohelven hankinnan tutkimuksessa peltoalan analysoinnin ohessa suoritettiin viljelijäkyselyn tuloksia tilojen halukkuudesta viljellä ruokohelpeä.

Ruokohelvelle suunnitellut peltokasvatusalustat vastaavat energiapajun viljelyksen vaatimuksia. Keski-Suomen pellon käyttöä Ruokohelvelle on analysoitu sekä numeerisesti että maantieteellisesti. Keski-Suomen viljelypeltojen kokonaispinta-ala on noin 99 400 ha. Kaksi merkittävä kasvilaji on nurmet ja rehuvilja kokonaisalaltaan 73 500 ha. Luonnonhoitopellot ja kesanto ovat kokonaisalaltaan 13 100 ha.

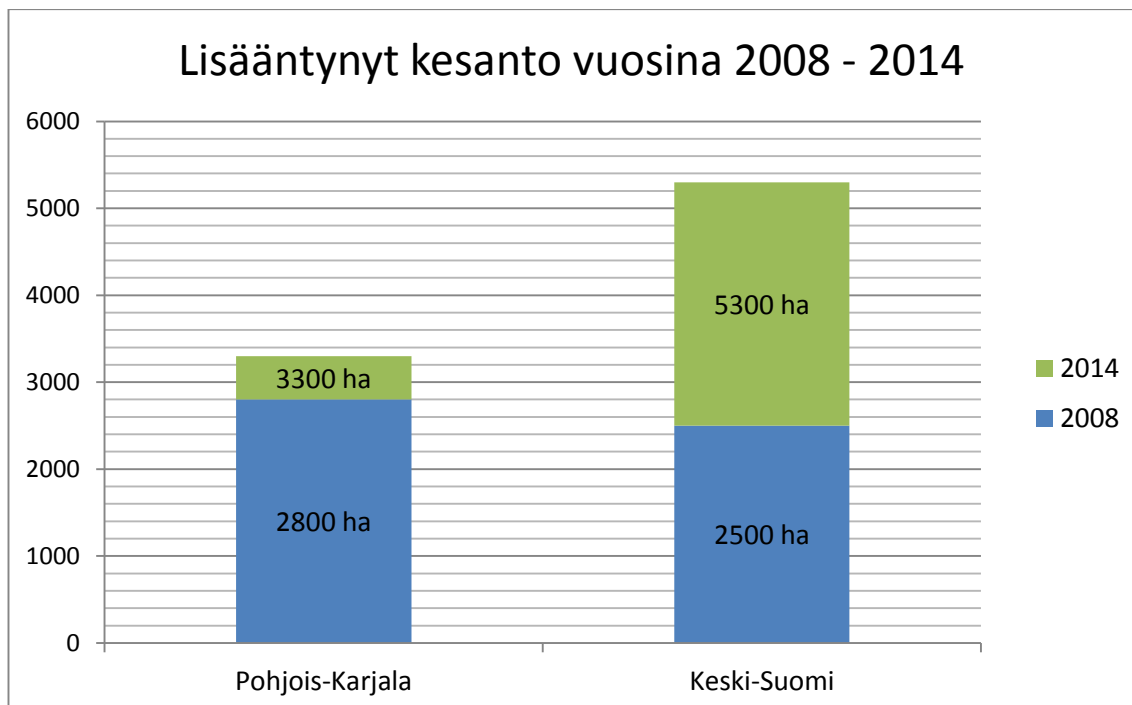
Kesantopellon ja luonnonhoitopellon keskiala viljelykuviota kohden on alle 1,2 ha. Tilastollisesti on tarkasteltu olevan noin joka viidennellä peruslohkolla kesantoa. Luonnollisena vaihtoehtona ruokohelven ja todennäköisesti myös pajun viljelyyn pidetään kesantoa ja luonnonhoitopeltoa. (Paapanen ym. 2011.)

10.2 Peltojen käytettävyys Pohjois-Karjalassa

Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskukselta maatalousmaan tilastoja saa ELY -keskuksittain sekä eriteltynä maankäyttölajeittain. Pohjois-Karjalassa käytössä olevaa maatalousmaata on vuonna 2008 ollut yhteensä 85 800 ha. Vuoden 2014 ennakkotietojen mukaan Pohjois-Karjalassa käytössä olevaa maatalousmaata on 84 700 ha. Erotuksen mukaan tällä hetkellä maataloudesta on Pohjois-Karjalassa poistunut tuotannosta 1 100 ha peltoalaa. Suurimmat laskusuudet ovat rehuviljassa, 2008–2014 aikavälillä osuus on laskenut 2 700 ha. Viljan viljely on yhteensä laskenut 1 800 ha. Muita viljelykasveja, kuten sokerijuurikas, herne, härkäpapu, rypsi, rapsi, öljy- ja kuitupellava, kumina, ruokohelvi, vihantavilja ja puutarhakasvit, on vapautunut tuotannosta 600 ha (kuvio 1). Kesannon osuus on kasvanut 500 ha vuoteen 2014 mennessä (kuvio 2).



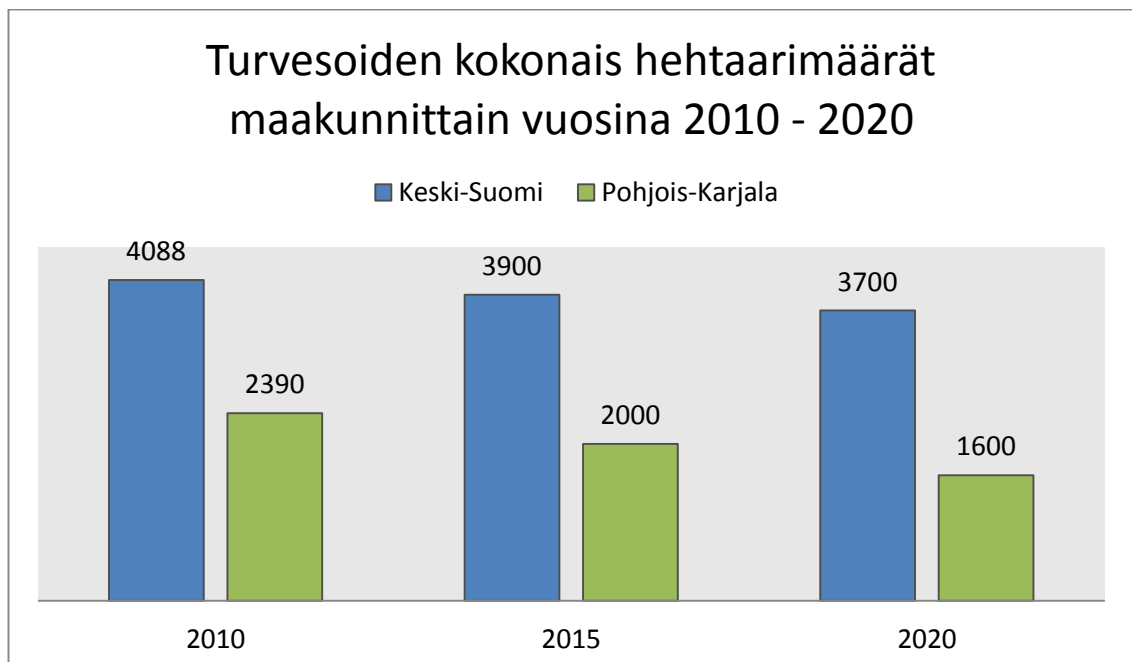
Kuvio 1. Vapautuneet viljelysmaat maankäyttöluokittain Keski-Suomessa ja Pohjois-Karjalassa. (Maa- ja metsätalousministeriö)



Kuvio 2. Lisääntynyt kesantoala vuodesta 2008 vuoteen 2014 mennessä. (Maa- ja metsätalousministeriö)

10.3 Turvetuotannosta vapautuneiden alueiden käytettävyys

Energiaturpeen tuotantoalan tarvetta on Energia- ja ympäristöturpeen kysyntä ja tarjonta vuoteen 2020 mennessä -tutkimuksessa laskettu käyttötarvearvioon perustuen (kuvio 3). Vuonna 2015 optimaalinen turpeen tuotantoala on Pohjois-Karjalassa 2 000 ha ja Keski-Suomessa 3 900 ha. Vuoden 2020 tuotantoala arvioidaan Pohjois-Karjalaan 1 600 ha ja Keski-Suomeen 3 700 ha. Vuodesta 2010 vuoteen 2015 mennessä on turvetuotantoaluetta vapautunut Keski-Suomessa 188 hehtaaria ja Pohjois-Karjalassa 390 hehtaaria.



Kuvio 3. Turvetuotannon käyttötarvearvio vuoteen 2020 asti. (Teknologian tutkimuskeskus VTT)

Tulevaisuudessa arvioitua turpeen tuotantoalaa vapautuu vuodesta 2015 vuoteen 2020 mennessä Pohjois-Karjalassa yhteensä 400 hehtaaria ja Keski-Suomessa 200 hehtaaria. Turvetuotantoalojen vuosittainen keskimääräinen poistuma 2010–2020 välillä on Pohjois-Karjalassa 79 ha ja Keski-Suomessa 39 ha.

Tuotantoalueita poistuu koko ajan tuotannosta ja yleensä poistumat muodostuvat yksittäisellä suolla pikkuhiljaa ja pienissä paloissa. Suon topografiasta riippuen, ensin poistuvat matalammat alueet esimerkiksi reunoilta tai keskeltä. Samalla

kuitenkin tuotanto suon muilla osilla jatkuu. Huomattava määrä tuotannosta poistuneista alueista on luovutettu takaisin maanomistajille tai myyty. Viljelijät ovat olleet kiinnostuneita vanhojen suonpohjien hyödyntämisestä peltokäytössä. Yleisesti samanlaiset alueet soveltuvat sekä peltokäyttöön että pajunkasvatukseen. (Ala-Fossi 2014.)

10.4 Taloudellisesti vajaatuottoisten metsien käytettävyys

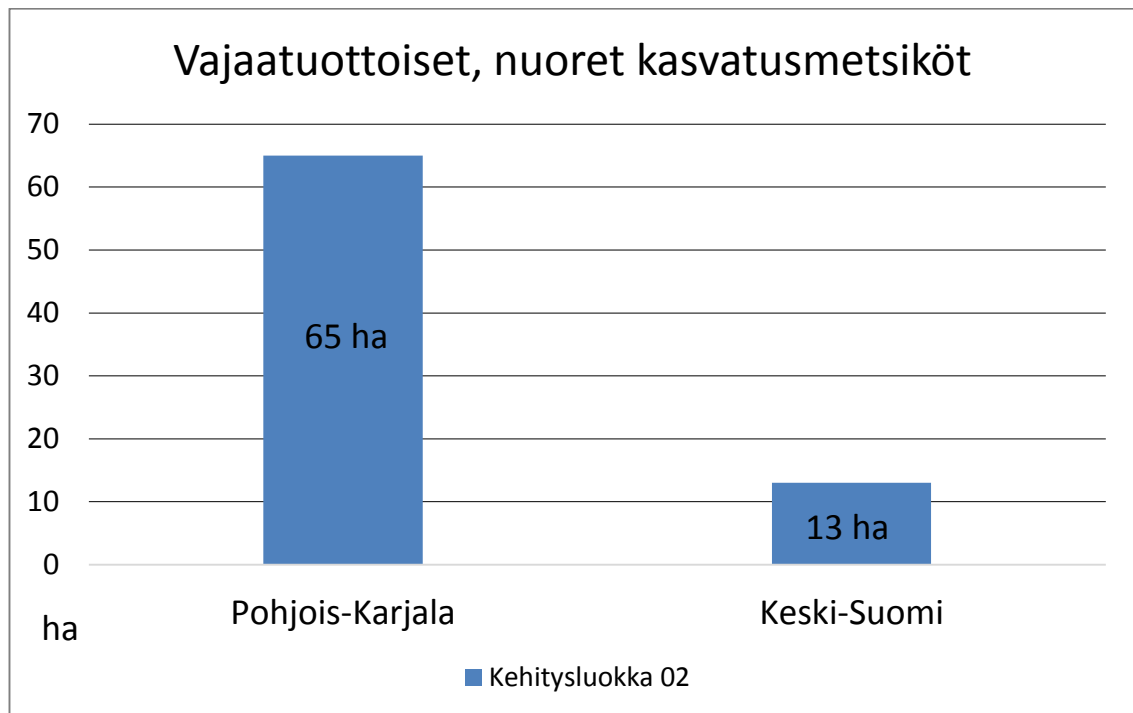
Vajaatuottoisessa metsikössä arvokasvu on niin alhainen, että uudistamisesta voi tulla kannattavampaa jo ennen suositeltua metsikön uudistamisläpimittaa tai uudistamisikää. Tutkimuksessa otettiin vajaatuottoisista metsistä huomioon kehitysluokat nuori kasvatusmetsikkö 02, varttunut kasvatusmetsikkö 03 ja uudistuskypsä metsikkö 04 kasvupaikoilta tuore ja lehtomainen metsikköalue. Vajaatuottoisuuteen voi olla monia tekijöitä, kuten kasvupaikalle sopimaton puulaji, liian tiheä tai liian väljä kasvatusväli. Hyvän laadun, tasa-asentoisuuden ja kasvukunnon perusteella harvennusmallien vähimmäislukujen alittavakin metsikkö voidaan poikkeuksellisesti katsoa kehitettäväksi.

Uudistuskypsien metsiköiden vajaatuottoisuus voi perustua kasvun hiipumiseen puun ylitettyään kasvuiän. Tällöin siis vajaatuottoisuus ei perustu maaperään tai taimivalintaan, vaan kasvupaikkaa voi uudistushakkuun jälkeen hyödyntää erittäin hyvin metsän kasvatukseen. Pohjois-Karjalassa vajaatuottoisia uudistuskypsiä metsiköitä on yhteensä 6 207 hehtaaria. Suurin osa Pohjois-Karjalan kehitysluokkien 02, 03 ja 04 kokonaispotentiaalista 7 519 hehtaarista on kehitysluokkaa 04. Keski-Suomessa vajaatuottoista, uudistuskypsää metsikköä on yhteensä 26 hehtaaria, kokonaispotentiaalista 46 hehtaaria.

Varttuneen kasvatusmetsikön 03 vajaatuottoisuuteen voi päteä samat syyt, kuin uudistuskypsässä metsikössä. Varttuneen kasvatusmetsikön keskiläpimitta rinnankorkeudella on jo yli 16, joten kasvua on tapahtunut hyvin puun elinajan aikana. Valittu puulaji voi olla väärä kasvupaikalle ja kasvu on siksi hidasta tai metsikkö on jäänyt kasvaessaan liian tiheäksi huonolla harvennuksella tai sen puuttumisesta kokonaan. Pohjois-Karjalassa varttunutta kasvatusmetsikköä on 1248 hehtaaria ja Keski-Suomessa 6 hehtaaria.

Vajaatuottoinen, nuori kasvatusmetsikkö 02, olisi varteen otettava vaihtoehto pajuenergian ja myös muun bioenergian tuotantoon (Kuvio 4). Tällaisten alueiden uudistaminen energiapajun kasvatukseen olisi huomioon otetuista kehitysluokista parhain.

Kokonaisuudessaan kehitysluokkien 02, 03 ja 04 vajaatuottoisia metsiköitä on Pohjois-Karjalassa 7519 hehtaaria ja Keski-Suomessa 46 hehtaaria.



Kuvio 4. Nuorten, vajaatuottoisten kasvatusmetsiköiden tilasto Keski-Suomessa ja Pohjois-Karjalassa. (Metsäkeskus)

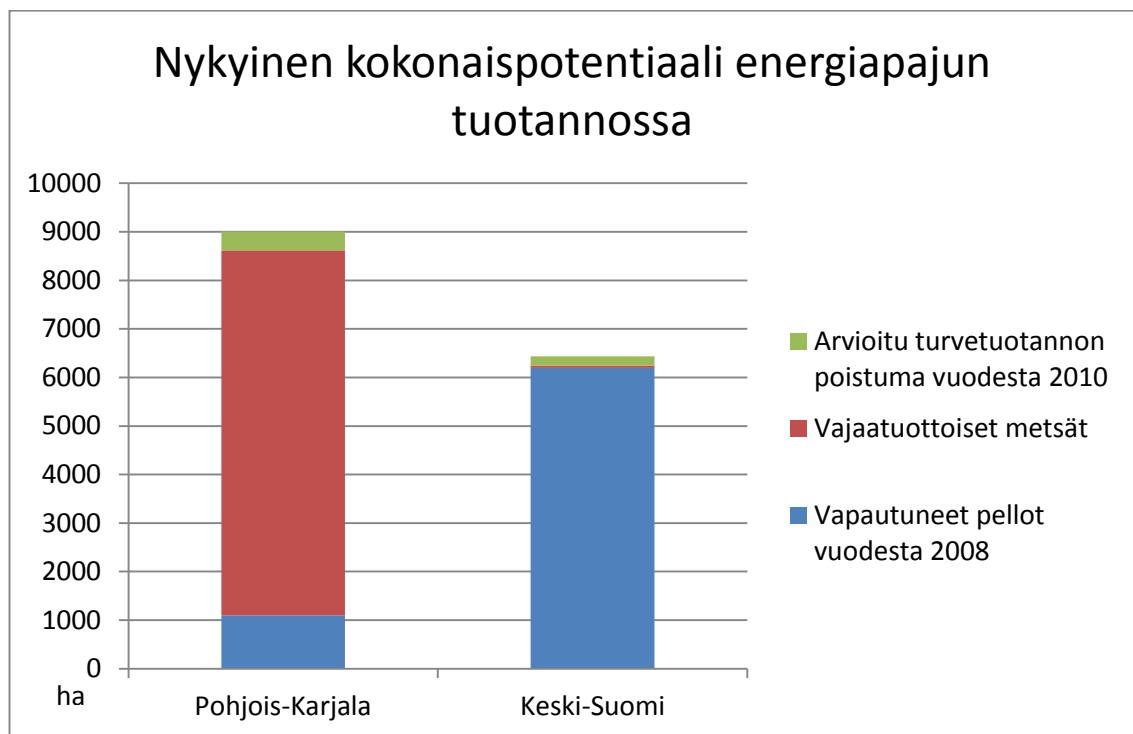
10.6 Yhteenveto

Pohjois-Karjalassa energiapajulle potentiaalista tuotantoalaa on 9009 hehtaaria mistä suurin osa muodostuu vajaatuottoisista metsiköistä. Keski-Suomessa vastaavaa potentiaalista tuotantoalaa on 6434 hehtaaria, mikä suurimmaksi osaksi muodostuu vapautuneista viljelytuotanto alueista.

Kokonaisuudessaan vuodesta 2008 lähtien on vapautunut Keski-Suomessa 6200 ha ja Pohjois-Karjalassa 1100 ha. Peltotilastojen perusteella kuuden vuoden sisällä on joka vuosi viljelystä keskimäärin poistunut Keski-Suomessa

1 033 ha ja Pohjois-Karjalassa 183 ha. Vajaatuottoisia, ravinteisuustason MT ja OMT ja kehitysluokkien 02, 03 ja 04 metsiä on Keski-Suomessa 46 ha ja Pohjois-Karjalassa 7519 ha. Nykytilannetta kuvaava, vuosien 2010 ja 2015 turvetuotantoalojen poistuma (Keski-Suomi 188 hehtaaria ja Pohjois-Karjala 390 hehtaaria) on otettu huomioon kuviossa 5.

Varsinkin vajaatuottoisten metsien ja tuotannosta poistuneiden peltojen harvuisuuden perusteella energiapajua hyödyntävien voimalaitoksien olisi hyvä ottaa kuljetusmatkoissa huomioon pitkät pituudet edellä luokiteltujen tuotantomaiden välillä. Sopiva kuljetusmatka energiapajulle on tuloksien avulla vertailemalla osoittautunut 60 kilometriä. Se kattaa riittävästi potentiaalista alaa ja varsinkin Itä-Suomessa säde ylittää juuri Suomen rajalle.



Kuvio 5. Energiapajun viljelypotentiaali Keski-Suomessa ja Pohjois-Karjalassa. (Maa- ja metsätalousministeriö, Metsäkeskus, Teknologian tutkimuslaitos VTT)

11 Energiapajun potentiaalikartat

Muodostetut kartat ovat täydentämässä ja havainnollistamassa tutkimustuloksia. Kartat ovat rajattuina Joensuun ja Jyväskylän alueelle, joista ilmenevät viljelypotentiaali voimalaitoksien läheisyydessä. Pohjois-Karjalan maakunta on yhteensä 1 776 299 hehtaaria ja Keski-Suomen 1 670 400 hehtaaria. Nykyinen energiapajun kokonaispotentiaali (Pohjois-Karjala 9 009 hehtaaria ja Keski-Suomi 6 434 hehtaaria) hajautuu epäsäännöllisesti koko maakunnan alueelle. Koska turvetuotannosta vapautuvia alueita on vaikea ennustaa, on kartalla kuvattuina nykyiset tuotantoalueet joista alueita tulevaisuudessa voi vapautua.

Kartat on kuvattu kahdella eri mittakaavalla ks. liitteet: 1:90 000 ja 1:250 000. Mittakaavasta 1:90 000 nähdään lähikuvaa kahden eri voimalaitoksen ympärillä olevista potentiaalisista viljelyalueista. Lähempi tarkastelu havainnollistaa myös paremmin kuvatut alueet yksityiskohtaisemmin ja selvemmin, mitä myös laajemmassa mittakaavassa 1:250 000 kuvataan.

Kartoissa kuvataan tilastoidut turvesuot vuodelta 2012, tuotannosta poistuneet pellot vuodesta 2008 lähtien sekä vajaatuottoiset MT ja OMT, kehitysluokkien 02, 03 ja 04 metsiköt.

12 Pohdinta

Potentiaalia pajunviljelylle on tuotannosta poistuneissa viljelyaloissa sekä Keski-Suomessa että Pohjois-Karjalassa, ottaen huomioon että viljan ja muiden viljelykasvien kasvatuspohjat ovat pajulle soveltuvia. Potentiaalitarkastelun tulosten perusteella Keski-Suomessa energiapajun peltokasvatus on kannattavampaa kuin Pohjois-Karjalassa. Maakuntana Keski-Suomi onkin Pohjois-Karjalaa enemmän keskittynyt maanviljelyyn. Energiapajun viljelyn suunnittelua voidaan Keski-Suomen osalta panostaa enemmän vapautuneissa

pellloissa. Kun kartoitetaan maanomistajien energiapajun kasvatuksen motivaatiota, voidaan kohdehenkilöitä suurimmilta osin jaotella Pohjois-Karjalassa metsänomistajiin ja Keski-Suomessa maanviljelijöihin.

Mikäli Pohjois-Karjalassa on 9009 ha viljelypinta-alaa ja hehtaarilta arvioitaisiin saatavaksi 7 tonnia kuiva-ainetta, saataisiin energiapajun kuiva-ainetta 63 063 tonnia vuodessa. Keski-Suomessa 6434 ha viljelypinta-alalta vastaavasti saataisiin 45 038 tonnia vuodessa. Itä-Suomen peltoenergiaohjelma vuoteen 2010 -selvityksessä peltohehtaarilta saatava keskimääräinen energiamäärä on pajulle noin 33 MWh/ha. Kun tämän suhteuttaa tämän tutkimuksen hehtaarilukuihin, energiaa saataisiin Pohjois-Karjalassa 297 297 MWh ja Keski-Suomessa 212 322 MWh.

Pohjois-Karjalan osalta energiapajun viljelyn suunnittelua voidaan panostaa enemmän metsikköpohjiin. Metsänomistajille voidaan ehdottaa vaihtoehdoksi energiapajun kasvatuksen. Paju tarvitsee kasvatuspohjaiseen ravinteikkaan tuoreen tai lehtomaisen kankaan. Metsänomistajat ovat huolellisia hoitamaan metsiänsä, joten suhteutettuna Pohjois-Karjalan ja Keski-Suomen maakuntiin, vajaatuottoisuutta ei löydy montaa hehtaaria.

Metsitettävät, liian ravinteikkaat pellot voivat olla jopa tuloksettomia puuntaimien kasvulle. Tällöin puuntaimet saavat ravinneshokin, jolloin koko taimikko kuolee. Tällaisille viljaville metsitettävillä pelloilla voisi vaihtoehtoisesti kokeilla energiapajun kasvatusta. Heinittymisestä ei myöskään ole pajulle yhtä merkittävä haittaa kuin puuntaimille ja heinimisestä ei aiheutuisi yhtä paljon kuluja.

Tämän opinnäytetyön tutkimusta voisi jatkaa tarkastamalla maastossa kartoitettujen alojen oikea tilanne ja siten arvioida niiden käytännön mahdollisuudet energiapajun viljelyyn. Turvetuotantomaiden jälkikäytön mahdollisuuksista on usealla eri toimijoilla tutkimuksia ja hankkeita käynnissä. Turvetuotannosta poistuneiden tuotantoalojen kartoituksesta täytyisi tehdä ensin oma tutkimuksensa ja sen tuloksia voitaisiin vasta sitten hyödyntää tämän opinnäytetyön kaltaisessa tutkimuksessa.

12.1 Pelloheittot

Pelloheittot on vaikeaa löytää tilastoista, sillä yksittäiset pelloheittotalueet voivat olla luokiteltuina monin eri tavoin. Viljelemätön alue voi olla osa asuntotontin pihaa, suunniteltuina taimikoittamiseen tai ei ole vielä missään tilastoissa vailla määrittystä. Tietyn pelloheiton maanomistaja täytyisi erikseen löytää ja neuvotella energiapajun viljelyn mahdollisuuksista. Pelloheittotien hyödyntämiseen ja potentiaalinen kartoitukseen tarvittaisiin oma, painotettu tutkimuksensa.

Keski-Suomen Metsäkeskuksen metsäsuunnittelupäällikön Tapani Korhosen mukaan pelloheittot suunnitellaan heti metsitettäväksi. Vajaatuottoiseksi metsämaaksi määritellään metsien inventoinnissa jo puuton, uudistukselle sopiva maapohja.

”metsämaa on puun kasvattamiseen käytetty tai käytettävissä olevaa maata, jolla puuston keskimääräinen vuotuinen kasvu suotuisimpien puusto-olosuhteiden vallitessa ja 100v kiertoaika käytettäessä on vähintään 1m³/ha/v kuorineen”.

12.2 Tulosten luotettavuus

Kuviossa 1 nähdään, että viljelystä vapautunut pelloala voi olla siirtynyt muuhun tuotantokäyttöön, joka myös maankäyttöluokitusten lukuihin. Potentiaaliset metsä- ja viljelypellopohjaiset kokonaispinta-alat koostuvat suurimmaksi osaksi pienistä, 0,2–2,5 hehtaarin aloista. Energiapajuviljelmän perustamiseen vaaditaan suuria, yhtenäisiä aloja. Suomessa on ollut käynnissä kattavat tutkimukset energiapajuun liittyen, joten osa opinnäytetyössä käytetyistä kirjallisista lähteistä painottuvat noin 20 – vuoden taakse. Näistä lähteistä olen käyttänyt luotettavimmiksi näkemäni väitteet.

Lähteet

- Ala-Fossi, A. Maankäyttöpäällikkö, Vapo Oy. Sähköpostitiedustelu. 14.7.2014.
- Flyktman, M. 2012. Energia- ja ympäristöturpeen kysyntä ja tarjonta vuoteen 2020 mennessä. VTT
- Joensuu, I. 2015. Jätevesien puhdistus pajuviljelmällä. Jyväskylä, 28.1.2015, VTT. Energiapajun kestävä tuotanto ja käyttö projektin loppuseminaari.
- Korhonen, T. 2014. Metsäkeskuksen metsäsuunnittelupäällikkö. Sähköpostitiedustelu 22.9.014.
- Kärki, J. 2015. Tuloksia pajuhakkeen käytöstä energian tuotannossa. Jyväskylä, 28.1.2015, VTT. Energiapajun kestävä tuotanto ja käyttö projektin loppuseminaari.
- Lagerström, M., Uronen, T. 2005 Pajut Puutarhassa. Tammi
- Laitila, J., Leinonen, A., Flyktman, M., Virkkunen, M., Asikainen, A. 2010. Metsähakkeen hankinta- ja toimituslogistiikan haasteet ja kehittämistarpeet. Espoo. VTT Tiedotteita.
- Leino, P., Metso, M., Lahtinen, P., Rauhamäki, J., Sipilä, O., Pelkonen, P., Forss, E. 2004. Itä-Suomen peltoenergiaohjelma vuoteen 2010. Itä-Suomen Energiatoimisto
- Leinonen, A., Villa A. 2015. Energiapajun kestävä tuotanto ja käyttö. VTT, UEF.
- Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus
- Metsäkeskus
- Tapio Metsäsanastoa. 1990.
- OIVA - ympäristö- ja paikkatietopalvelu
- Paappanen, T., Lindh, T., Impola, R., Järvinen, T., Tiihonen, I. 2011. Ruokohelven hankinta keskisuomalaisille voimalaitoksille. VTT
- Rikkinen, J. 2010. Puut ja Pensaat Suomen Luonnossa. Otava.
- Sihvonen, J., Leinonen, A., Villa, A. 2013. Pajun korjuu, varastointi ja toimitus laitokselle. Keski-Suomen ELY-keskus.

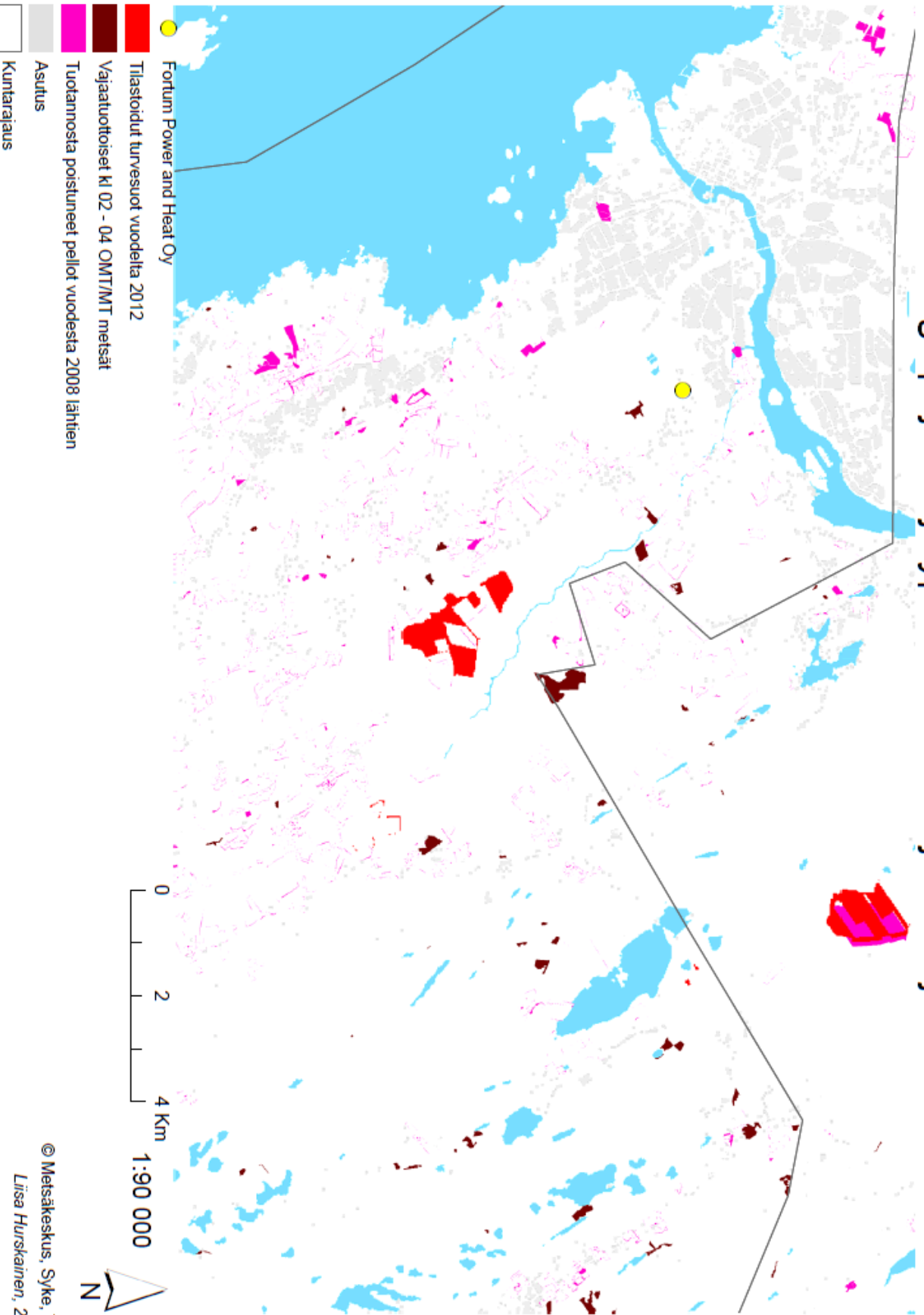
Tahvanainen, L., Rytönen, V. 1997. Energiapajun viljely ja sen kannattavuus peltomailla, Joensuun yliopisto, Metsätieteellinen tiedekunta, Tiedonantoja

Tahvanainen, L. 1995 Pajun viljelyn perusteet. Joensuun yliopisto. Metsätieteellinen tiedekunta.

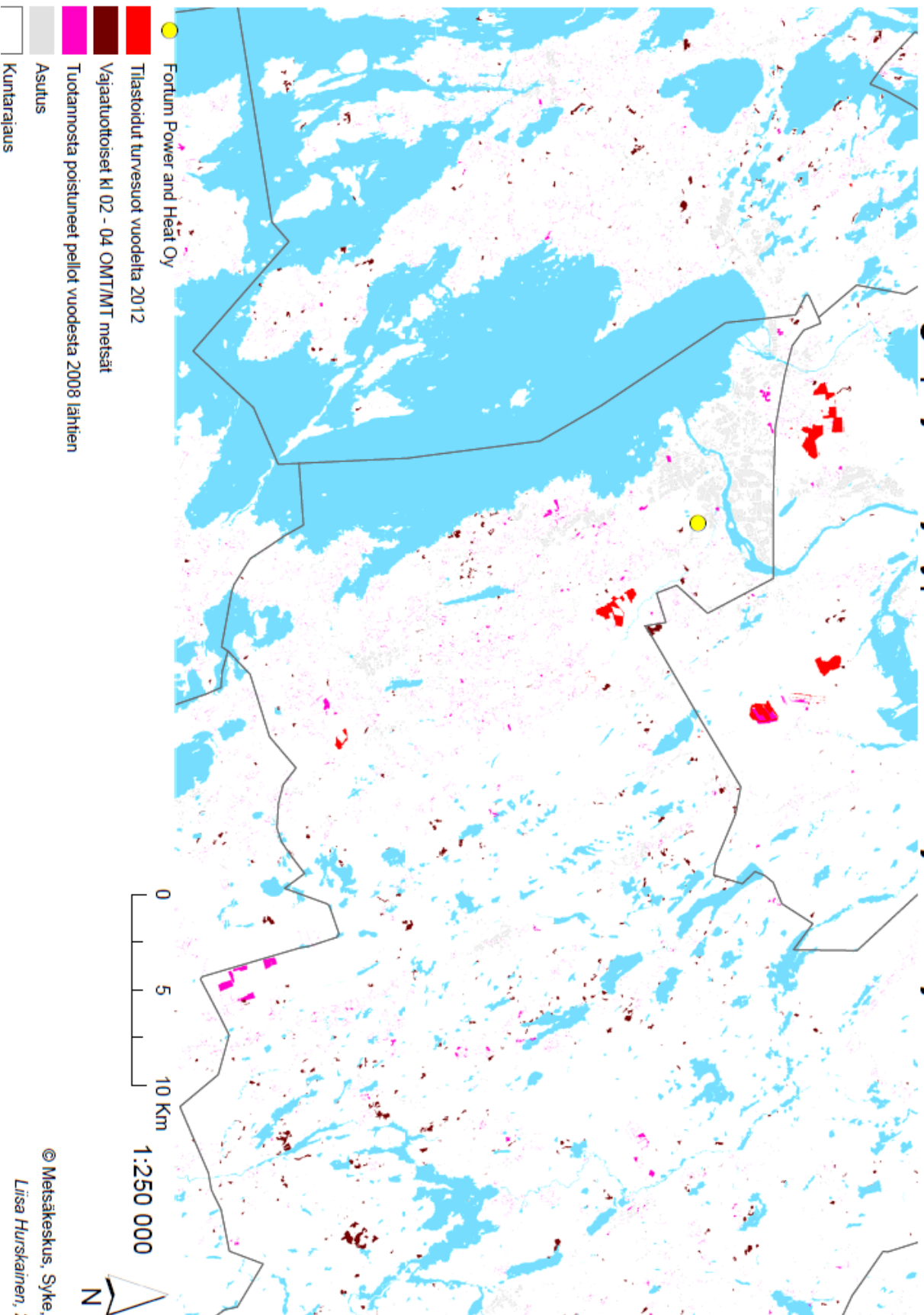
Äijälä, O., Koistinen, A., Sved, J., Vanhatalo, K. & Väisänen, P. (toim.) 2014. Metsänhoidon suositukset. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion julkaisuja.

Varis, E. 1988. Pellonkäytön vaihtoehtoja. Helsingin yliopiston kasvinviljelytieteen laitos.

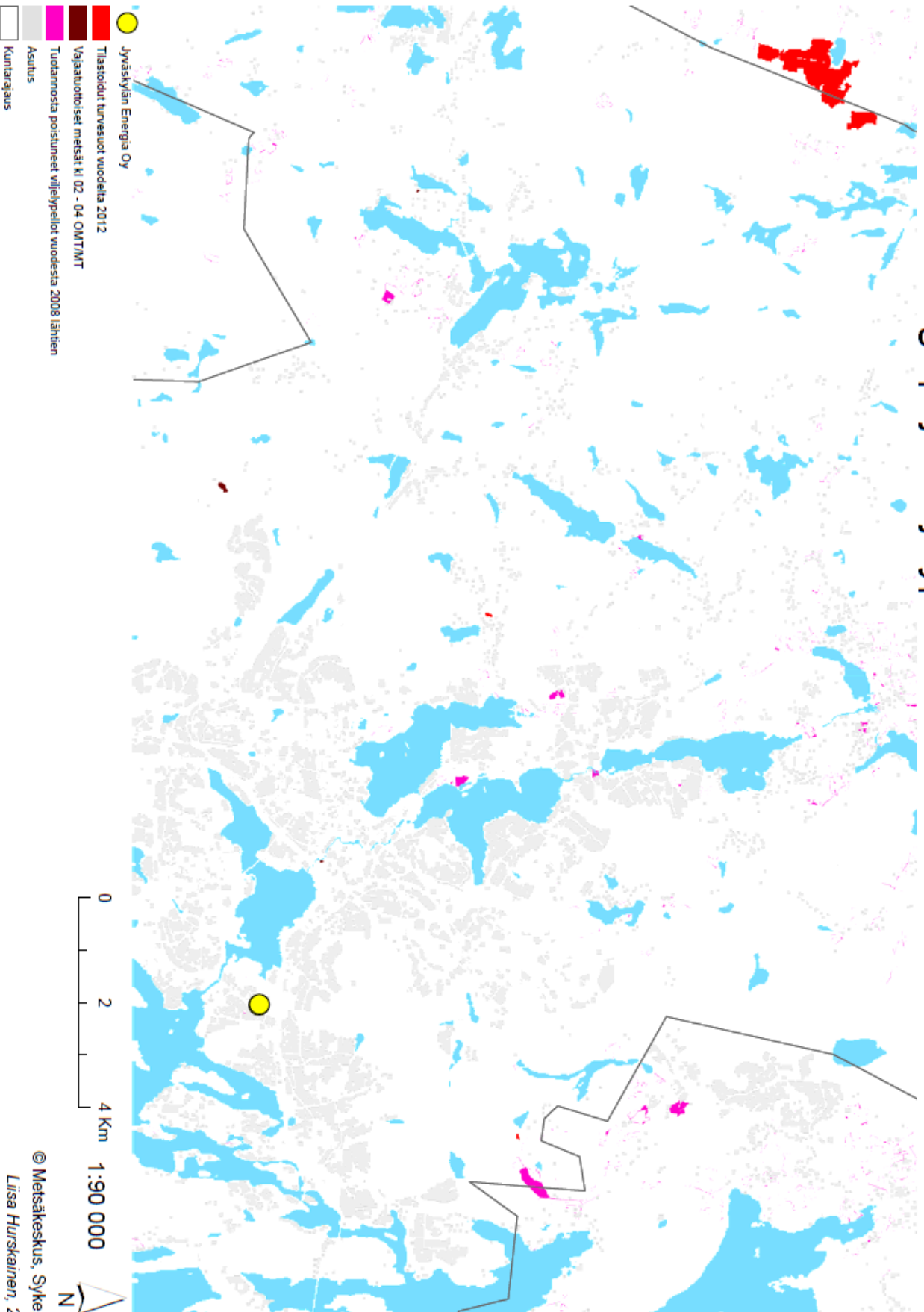
Energiapajun viljelypotentiaali Pohjois-Karjalassa



Energiapajun viljelypotentiaali Pohjois-Karjalassa



Energiapajun viljelypotentiaali Keski-Suomessa



Energiapajun viljelypotentiaali Keski-Suomessa

