

# Moniulotteinen kestävyys- arviointikehikko puuenergian tuotannolle

LUONNON-  
VARAT

Pekka Leskinen, Tanja Kähkönen, Katja Lähtinen,  
Karri Pasanen, Sari Pitkänen, Susanna Sironen,  
Tanja Myllyviita, Lauri Sikanen ja Antti Asikainen





# Moniulotteinen kestävyuden arviointikehikko puuenergian tuotannolle

**Pekka Leskinen, Tanja Kähkönen, Katja Lähtinen,  
Karri Pasanen, Sari Pitkänen, Susanna Sironen,  
Tanja Myllyviita, Lauri Sikanen ja Antti Asikainen**

Raportin kirjoittajat:

Pekka Leskinen, Katja Lähtinen, Tanja Myllyviita, Susanna Sironen  
Suomen ympäristökeskus SYKE, Joensuu

Antti Asikainen, Karri Pasanen  
Metsäntutkimuslaitos, Joensuu

Lauri Sikanen, Sari Pitkänen, Tanja Kähkönen  
Itä-Suomen yliopisto, Joensuu

Lisätiedot ja muut yhteydenotot:  
Pekka Leskinen  
Tutkimusprofessori, SYKE  
etunimi.sukunimi@ymparisto.fi



S Y K E

SUOMEN YMPÄRISTÖ 9 | 2012  
Suomen ympäristökeskus  
Kulutuksen ja tuotannon keskus

Taitto: Pirjo Lehtovaara

Kansikuva: Lauri Sikanen/Itä-Suomen yliopisto, haketta.

Sisäsivujen kuvat: Sivu 10: Jouko Parviainen, Enon energiaosuuskunnan lämpölaitos.

Sivu 11: Perttu Anttila, Fortumin CHP-laitoksen terminaali Joensuussa.

Sivu 11: Metla, pellettejä.

Sivu 12: NSE Biofuels, Varkauden koelaitos.

BioSus-logo: Tanja Myllyviita

Julkaisu on saatavana vain internetistä:  
[www.ymparisto.fi/julkaisut](http://www.ymparisto.fi/julkaisut)

ISBN 978-952-11-3989-5 (PDF)  
ISSN 1796-1637 (verkkokj.)

## ALKUSANAT

Tässä loppuraportissa esitellään "Moniulotteinen kestävyiden arviointikehikko puuenergian tuotannolle" (Multi-dimensional sustainability framework to evaluate forest and wood energy production, BioSus) -tutkimushankkeen sisältöä, hankkeen toteuttamisen keskeisimpiä vaiheita sekä sen tärkeimpiä tuloksia. Loppuraportin toivotaan palvelevan kaikkia puuenergian parissa työskenteleviä ja herättävän sekä keskustelua moniulotteisen kestävyiden arvioinnin merkityksestä suomalaisessa puuenergian tuotannossa että pohdintoja kestävyiden arvioinnin yleisistä haasteista. Tämän julkaisun lisäksi BioSus-hankkeen eri vaiheissa tehtyä tutkimustyötä ja siihen liittyviä tuloksia on esitetty hankkeen aikana valmistelluissa tieteellisissä artikkeleissa sekä muussa tiedotustoiminnassa (liite 1).

Hanke toteutettiin Tekesin rahoituksella (Tekes Dnro 497/31/09) vuosina 2009–2011. Hankkeen yhteistyötahoina ovat olleet Suomen ympäristökeskus (SYKE), Metsäntutkimuslaitos (Metla), Itä-Suomen yliopisto (UEF), Fortum Power and Heat Oy, Karjalan Metsä ja Energia Oy, Metsäpalvelu Turunen Oy ja Vapo Oy. Tutkimusryhmän ovat muodostaneet hankkeen johtaja Pekka Leskinen (SYKE), Antti Asikainen (Metla), Tanja Kähkönen (UEF), Katja Lähtinen (SYKE), Karri Pasanen (Metla), Sari Pitkänen (UEF) ja Lauri Sikanen (UEF). Kiitämme hankkeen johtoryhmää, kaikkia haastateltuja ja kyselyihin vastanneita sekä muissa yhteyksissä hankkeen sisällön pohdintoihin osallistuneita heidän merkittävästä roolistaan hankkeen toteuttamisessa.

## SISÄLLYS

Alkusanat .....	3
Hankkeen keskeiset käsitteet .....	6
<b>Hankkeen tausta: puuenergian merkitys globaalissa ja paikallisessa hyvinvoinnissa</b> .....	7
Hankkeen tieteellinen tausta ja tulosten laskentamenetelmät.....	9
<b>BioSus-hankkeen tutkimusvaiheet</b> .....	10
Tuotantosysteemien ja -prosessien kuvaus .....	10
Paikallinen lämmöntuotanto metsähakkeella .....	10
Yhdistetty lämmön- ja sähköntuotanto puulla ja turpeella (CHP).....	10
Pellettien valmistus puutuoteteollisuuden sivutuotteista.....	11
Biodieselin valmistus puu- ja turvebiomassasta.....	12
Elinkaariarvioinnin rajaukset Biosus-hankkeessa .....	12
Elinkaariarviointien toteuttaminen .....	13
Kestävyyssindikaattorien määrittely ja vaikutusarviointitiedon keruun periaatteet .....	13
Eri kestävyiden dimensioiden indikaattorien ja painokertoimien määrittely asiantuntijakyselyin .....	15
Kestävyyden eri dimensioiden välisten suhteellisten merkitysten arviointi sidosryhmäkyselyin.....	16
<b>Moniulotteisen laskentakehikon rakenne ja laskennan taustaoletukset</b> .....	17
<b>Moniulotteisen kestävyiden arvioinnin tulokset</b> .....	19
Asiantuntijoiden määrittämät eri kestävyiden dimensioita kuvaavat indikaattorit ja niiden painotukset.....	19
Sidosryhmien näkemykset ekologisen, taloudellisen, sosiaalisen ja kulttuurisen kestävyiden merkityksestä itäsuomalaisessa metsäenergiantuotannossa .....	23
Ekologisiin indikaattoreihin liittyvän vaikutusarviointitiedon keruu.....	24
Taloudellisiin indikaattoreihin liittyvän vaikutusarviointitiedon keruu....	27
Sosiaalisiin ja kulttuurisiin indikaattoreihin liittyvän vaikutusarviointitiedon keruu.....	28
<b>Metsäenergian tuotantoketjujen kokonaiskestävyyden tarkastelu</b> .....	32
Tuotantoketjujen toiminnan kestävyys ja tulosten herkkyyden dimensioittain.....	35
Ekologinen dimensio.....	35
Taloudellinen dimensio .....	41
Sosiaalinen dimensio .....	44
Kulttuurinen dimensio .....	47

<b>Moniulotteisen laskentakehikon menetelmien, aineistojen ja tulosten luotettavuus</b> .....	52
Laskentakehikon laadinta.....	52
Indikaattorien määrittely, niihin liittyvä tiedonkeruu sekä laskentakehikon toiminta.....	53
<b>Laskentakehikon tulosten käytettävyys ja hankkeessa esille nousseet jatkotutkimustarpeet</b> .....	56
Lähteet.....	58
<b>Liitteet:</b>	
Liite 1. Hankkeen julkaisut ja muu tiedotus .....	61
Liite 2. Prosessikaavio: Paikallinen metsähakkeen käyttöön perustuva lämmöntuotanto .....	62
Liite 3. Prosessikaavio: yhdistetty lämmön ja sähkön tuotanto puulla ja turpeella.....	63
Liite 4. Prosessikaavio: puutuoteteollisuuden sivutuotteista jalostettavien pellettien valmistus.....	64
Liite 5. Prosessikaavio: puu- ja turvebiomassasta valmistettava biodiesel.....	65
Liite 6. Ekologisten indikaattoreiden asiantuntijakysely: 1. vaihe.....	66
Liite 7. Taloudellisten indikaattoreiden asiantuntijakysely: 1. vaihe.....	76
Liite 8. Sosiaalisten indikaattoreiden asiantuntijakysely: 1. vaihe.....	85
Liite 9. Kulttuuristen indikaattoreiden asiantuntijakysely: 1. vaihe.....	94
Liite 10. Ekologisten indikaattoreiden asiantuntijakysely: 2. vaihe.....	103
Liite 11. Taloudellisten indikaattoreiden asiantuntijakysely: 2. vaihe.....	107
Liite 12. Sosiaalisten indikaattoreiden asiantuntijakysely: 2. vaihe.....	111
Liite 13. Kulttuuristen indikaattoreiden asiantuntijakysely: 2. vaihe.....	115
Liite 14. Yrityskysely metsäenergian tuotantosysteemeille.....	121
Liite 15. Kysely paikallisille asukkaille: kulttuuriset ja sosiaaliset indikaattorit .....	128
Liite 16. Sidosryhmähaastattelu kestävyiden dimensioiden painotuksista .....	136
Kuvailulehti .....	143
Presentationsblad.....	144
Documentation page .....	145

## HANKKEEN KESKEISET KÄSITTEET

<b>3CM-menetelmä</b>	Osallistujalähtöinen cognitive mapping -menetelmä, jossa voidaan henkilökohtaisten haastatteluiden avulla selvittää asiantuntijoiden tärkeinä pitämiä asioita (esim. kulttuurisen kestävyysindikaattorit) ja niiden keskinäistä suhteellista merkitystä.
<b>Allokointi</b>	Tuotantoketjun, esimerkiksi puuenergian tuotannon eri prosessien syöte- ja päästövirtojen vaikutusten kohdentaminen niissä aikaansaatujen tuotteiden tai toimintojen perusteella.
<b>CHP</b>	Yhdistetty sähkön- ja lämmöntuotanto (combined heat and power production).
<b>Elinkaariarviointi</b>	Ympäristövaikutusten arvioinnin menetelmä, jossa yksikköprosessien perusteella selvitetään tuotteen tai palvelun elinkaaren aikaisia ympäristövaikutuksia. Elinkaariarviointia voidaan tietyin oletuksin soveltaa myös muiden kestävyysosa-alueiden vaikutusten arvioinnissa.
<b>Indikaattori</b>	Asian tilaa ja kehitystä kuvaava määrällinen tunnusluku tai laadullinen osoitin.
<b>ISO 14044:2006</b>	Kansainvälisen standardisointijärjestön elinkaariarvioinnin toteutusta kuvaava standardi.
<b>Monikriteeriarviointi</b>	Päätöstukimenetelmien joukko, joiden avulla eri päätösvaihtoehtojen ominaisuuksia voidaan arvioida useiden, tarkastelun kohteena olevien päätöskriteerien suhteen.
<b>SMART-menetelmä</b>	Monikriteeriarviointiin liittyvä menetelmä, jossa päätöskriteereiden suhteellista tärkeyttä tarkastellaan pisteytyksen avulla (esim. pisteet 0–100).
<b>Toiminnallinen yksikkö</b>	Elinkaariarvioinnissa käytettävä, mitattavissa oleva määrällinen vertailuyksikkö, johon suhteutettuna vaikutusarviointitieto kerätään laskelmissa.
<b>Vaikutusarviointi</b>	Elinkaariarvioinnin vaihe, jolla pyritään kvantifioimaan tuotteen tai palvelun aiheuttamat elinkaaren aikaiset ekologiset ja esim. terveydelliset vaikutukset.



# Hankkeen tausta: puuenergian merkitys globaalissa ja paikallisessa hyvinvoinnissa

Metsäbiomassan merkitystä uusiutuvan energian lähteenä on alettu voimakkaasti korostaa 1990-luvulta lähtien, ja erilaisiin bioenergian käytön edistämiskeinoihin kiinnitetään jatkuvasti enemmän huomiota sekä kotimaisissa että kansainvälisissä yhteyksissä. Bioenergian edistämisen erilaisiin keinoihin on kiinnitetty paljon huomiota ja bioenergian intensiivisen tuotannon ja korjuun vaikutuksia metsäluontoon, metsä- ja energiasektoriin ja yhteiskuntaan laajemminkin on tutkittu runsaasti (Egnell ym. 1998, Domac ym. 2005, Röser ym. 2009). Bioenergian kestävyyskriteerit eri ulottuvuuksien samanaikainen tarkastelu on jäänyt vähemmälle huomiolle. Nestemäisille biopolttoaineille on jo Euroopan tasolla luotu yhteiset kestävyyskriteerit tuotantoketjujen vertailuun (EU, 2009). Moniulotteisen kestävyyskriteerit tämän tutkimuksen lähtökohdalla tavalla on käsitelty Suomessa mm. teoksessa Uusi Metsäkirja (Jalonen ym. 2006). Teoksen taustalla olleessa asiantuntijoiden seminaarissa pohdittiin kestävyyttä eri näkökulmista. Seminaari tai Uusi Metsäkirja eivät antaneet vastauksia mutta toivat esille moniulotteisen kestävyyskriteerit olemassaolon ja eri kestävyyskriteerit dimensioiden huomioon otamisen tärkeyden.

Ilmastonmuutoksen ja väestönkasvun kaltaiset globaalit ekologiset ja sosio-ekonomiset muutokset tuovat uusia haasteita luonnonvarojen käyttöön päätöksentekoon niin kansallisella kuin globaalillakin tasolla aiheuttaen mahdollisesti konflikteja esimerkiksi biomassan käyttöön perustuvien energiatuotteiden kansainvälisiin markkinoihin (Asikainen ym. 2010). Bioenergian tuotantoa pidetään yhtenä merkittävimpänä metsäsektorin keinoista ilmastonmuutoksen hillinnässä sekä uusien liiketoimintamahdollisuuksien mahdollistajana (Asikainen ym. 2010). Metsävarojen käytöllä energiantuotannossa on lisäksi positiivisia vaikutuksia paikalliseen hyvinvointiin erityisesti harvaan asutuilla alueilla. Täten on entistä tärkeämpää kiinnittää huomiota bioenergiatuotannon eri kestävyyskriteerit ulottuvuuksien samanaikaiseen arviointiin ja vertailuun siihen liittyvän tietopohjan laajentamiseksi sekä edelleen päätöksenteon avoimuuden lisäämiseksi.

Tulevaisuuden talous on entistä riippuvaisempi uusiutuvien luonnonvarojen kestävästä käytöstä, ainakin jos näkymät biotalouden merkityksestä ja mahdollisuuksista toteutuvat käytännön toiminnaksi. Luonnonvarojen käytön kestävyyttä on laajasti tarkasteltu etenkin ekologisen kestävyyskriteerit näkökulmasta. Biotalous ja ekologisen kestävyyskriteerit paradoksi on, että ekologisen kestävyyskriteerit näkökulmasta on yleensä parasta, ettei luonnonvaraan kohdistu mitään käyttöpainetta. Ekologisesti kestävin hyödyntämismalli on usein ristiriidassa taloudellisen kestävyyskriteerit kanssa, joka kuitenkin on edellytys liiketoiminnan syntymiselle ja kehittymiselle. Taloudellisesti kannattavilla yrityksillä on esimerkiksi työllistäjinä vaikutusta sosiaalisen kestävyyskriteerit toteutumiseen. Kulttuurinen kestävyys on pitkään nähty osana sosiaalista kestävyyskriteerit, vaikka esimerkiksi kulttuuriperintöön liittyvät kysymykset ovat selkeästi itsenäinen osa kestävyyskriteerit toteutumista. Luonnonvarojen kestävä käytön edistämiseksi ja siihen liittyvien tavoitteiden toteutumisen seurannassa kaikki neljä

kestävyyden ulottuvuutta ovat keskinäisessä vuorovaikutuksessa ja ne kaikki on pystyttävä ottamaan huomioon päätöksenteossa.

Kestävän kehityksen tavoitteita noudattavan yhteiskunnallisen päätöksenteon tulisi perustua sekä paikallisella että kansallisella tasolla avoimuudelle ja erilaisten vaihtoehtojen vertailulle siten, että tehdyt päätökset ovat läpinäkyviä kaikille yhteiskunnan osapuolille. Tämä koskee niin yleistä luonnonvarojen koskevaa päätöksentekoa kuin puuenergian tuotantoon liittyvien ratkaisujen tekemistä. Ilmastonmuutoksen ja väestönkasvun kaltaiset globaalit ekologiset sekä sosio-ekonomiset muutokset aiheuttavat uusia haasteita ja konflikteja biomassan käyttöön perustuvien energiatuotteiden käyttöön ja maailmanlaajuiseen kauppaan. Bioenergian tuotantoa pidetään yhtenä merkittävimmistä metsäsektorin keinoista etsiä ratkaisuja ilmastonmuutoksen hillintään. Metsävarojen energiakäytöllä on lisäksi katsottu olevan positiivisia vaikutuksia paikalliseen hyvinvointiin erityisesti harvaanasutuilla alueilla. Puuenergiatuotannon aluepoliittisen merkityksen takia paikalliset ja alueelliset olosuhteet huomioon ottavien monipuolisten kestävyystarkastelujen tekeminen on olennaista, jotta yhteiskunnallinen päätöksenteko perustuisi mahdollisimman kattavaan ja luotettavaan tietoon.

Taloudellisen toiminnan loppuminen vaikuttaa usein kielteisesti esimerkiksi työllisyyteen ja alueelliseen hyvinvointiin heikentäen sosiaalisen kestävyyden toteutumista. Kestävän kehityksen mukaisesti toimivassa kansantaloudessa luonto ja luonnonvarojen käyttö otetaan monin tavoin huomioon yhteiskunnallisissa päätöksenteossa. Toiminnan kestävyttä tulee tarkastella monipuolisesti: on hyväksyttävä, että aiheutamme negatiivisia vaikutuksia kaikissa kestävyden eri ulottuvuuksissa, mutta samanaikaisesti myös toiminnan positiiviset vaikutukset on arvioitava ja kokonaisuus on pystyttävä arvottamaan läpinäkyvästi. Erilaisten vaikutusten arviointiin ja kokonaisuuden hahmottamiseen pyritään moniulotteisen kestävyden mittaamisella ja vaihtoehtojen vertailulla.

BioSus-hankkeessa tarkasteltiin metsäbiomassan käyttöön perustuvien energiantuotantosysteemien vaikutuksia ekologiseen, taloudelliseen, sosiaaliseen ja kulttuuriin kestävyteen Itä-Suomen alueella. Tarkasteluissa oli mukana neljä vaihtoehtoista tuotantosysteemiä: paikallisen metsähakkeen käyttöön perustuva alueellinen lämmöntuotanto, yhdistetty lämmön- ja sähköntuotanto puulla ja turpeella (CHP-laitos), puutuoteteollisuuden sivutuotteista jalostettavien pellettien valmistus, sekä puu- ja turvebiomassasta valmistettava biodiesel. Tuotantosysteemien kuvaukset perustuivat neljän case-yrityksen (taulukko 1) prosesseihin, joiden oletettiin edustavan kunkin tuotantosysteemin tyypillistä rakennetta. Hankkeessa käytetyt menetelmät pohjautuvat elinkaariarviointiin ja päätöstukimenetelmiin.

Taulukko 1. BioSus-hankkeen bioenergian tuotantosysteemien kuvausten perustana olleet case-yritykset ja niiden tuotantoprosessien vaiheet.

	<b>Paikallinen metsähakkeen käyttöön perustuva lämmöntuotanto</b>	<b>Puu- ja turvebiomassan käyttö CHP-laitoksessa</b>	<b>Puu- ja turvebiomassan käyttö CHP-laitoksessa</b>	<b>Puutuoteteollisuuden sivutuotteista jalostettavien pellettien valmistus</b>	<b>Puu- ja turvebiomassasta valmistettava biodiesel</b>
Yritys	Enon energiaosuuskunta	Fortum Power and Heat Oy: Joensuun voimalaitos	Vapo Oy: Ilomantsin pellettitehdas	Stora Enso ja Neste Oil: NSE Biofuels Oy:n koe-laitos Varkaudessa	
Markkina-alue	Paikallinen	Paikallinen	Koti- ja ulkomainen	Koti- ja ulkomainen	
Raaka-aine	Ensiharvennuspuu, hakkuutähteet, kannot	Ensiharvennuspuu, hakkuutähteet, kannot, turve	Sahanpuru ja lastut puutuoteteollisuudesta	Ensiharvennuspuu, hakkuutähteet, kannot, turve	
Lopputuote	Lämpö	Lämpö ja sähkö	Lämpö ja sähkö	Biopolttoaine	

## Hankkeen tieteellinen tausta ja tulosten laskentamenetelmät

Tutkimushankkeessa arvioitiin metsäbiomassan käytön elinkaaren aikaisia vaikutuksia bioenergian eri tuotantoketjuissa, jossa raaka-aineen hyödyntämisen kestävyys määritellään neljän kriteerin perusteella eli sekä ekologisessa, taloudellisessa, sosiaalisessa että kulttuurisessa dimensiossa.

Elinkaariarvioinnin perusvaiheet ovat tavoitteiden ja soveltamisalan määrittely, inventaarioanalyysi, vaikutusarviointi ja tulosten tulkinta (ISO 14044:2006). Elinkaariarvioinnin toteutus on usein iteratiivista, jossa sen eri vaiheet ovat vuorovaikutuksessa toisiinsa. BioSus-hankkeessa tämä tapahtui esimerkiksi inventaarioanalyysi- ja vaikutusarviointivaiheen välisinä kytköksinä: ennen varsinaisen inventaarioanalyysin toteuttamista tehtiin inventaarioanalyysi-vaiheen tietotarpeiden selvittämiseksi vaikutusarviointi-vaiheeseen liittyvät indikaattorien määrittelyt.

Eri kestävyiden osa-alueita kuvaavien indikaattorien määrittelyssä käytettiin lisäksi esimerkiksi monikriteeriarviointiin liittyviä päätöstukimenetelmiä (esim. Myllyviita ym. 2011, Leskinen ym. 2009, Leskinen 2007, Alho ym. 2001, Edwards 1971, Keeney ja Raiffa 1993). Monikriteeriarviointia sovellettiin myös arvioitaessa sidosryhmien näkemyksiä siitä, kuinka hyvin eri tuotantosysteemeissä kestävyiden eri osa-alueet toteutuvat. Tässä tutkimuksessa käytettiin "Simple Multi-Attribute Rating Technique"-monikriteeriarviointimenetelmää (SMART) (Edwards, 1971), jossa eri kriteereiden tärkeyttä arvioidaan hyötyasteikolla, tässä tapauksessa pisteasteikolla 0–100.

# BioSus-hankkeen tutkimusvaiheet

## Tuotantosysteemien ja -prosessien kuvaus

Moniulotteisen kestävyuden tarkasteluissa oli mukana neljä metsäbiomassaa valmistusprosesseissaan hyödyntävää energiantuotantosysteemiä: (1) paikallinen metsähakkeen käyttöön perustuva lämmöntuotanto, (2) yhdistetty lämmön- ja sähköntuotanto puulla ja turpeella (CHP-laitos), (3) puutuoteteollisuuden sivutuotteista jalostettavien pellettien valmistus ja käyttö sekä (4) puu- ja turvebiomassasta valmistettava biodiesel (prosessikaaviot liitteissä 2-5).

Tuotantosysteemien kuvaukset laadittiin kirjallisuuden sekä case-yritysten edustajille tehtyjen yrityshaastattelujen avulla. Kuvaukset laadittiin esittämään kunkin tuotantoprosessin vaiheita raaka-aineen käytön näkökulmasta ja niiden avulla havainnollistettiin hankkeessa tärkeiksi määriteltyihin indikaattoreihin liittyvää vaikutusarviointitiedon keruuta. Tuotantosysteemien kuvausten laadinnan pohjana käytetyt case-yritykset on esitetty alla.

### Paikallinen lämmöntuotanto metsähakkeella

Enon energiaosuuskunta on paikallisten metsänomistajien omistama yritys. Lämpöyrityksessä käytettävä raaka-aine hankitaan paikallisista metsistä ja poltetaan samalla alueella sijaitsevilla lämpövoimaloissa. Metsähakkeen käytöllä korvataan lämmöntuotannossa öljyn ja kaasun polttoa. BioSus-hankkeessa esimerkkilaitoksena käytettiin Alakylän lämpölaitosta. Enon energiaosuuskunnan osakkaat ovat sijoittaneet pääomaa koko tuotantosysteemiin ja he omistavat myös muita lämpölaitoksia alueella. Paikallisten toimitilojen omistajat ovat energiaosuuskunnan asiakkaita ja toiminta perustuu "avaimet käteen" -periaatteeseen. Lämpöyritystoimintaan ja paikallisen metsähakkeen käyttöön liittyviä etuja ovat alueellisen energiaomavaraisuuden lisääminen ja paikallistalouden tukeminen. Toisaalta lämpölaitostoiminnan paikallinen kasvupotentiaali on vähäinen, sillä lämpö on käytettävä paikallisesti, sen tarve on rajallinen, eikä lämpöä voida varastoida myöhempää käyttöä varten.



### Yhdistetty lämmön- ja sähköntuotanto puulla ja turpeella (CHP)

Fortumin Power and Heat Oy:n CHP-laitos tuottaa suurimman osan taajaman 50 000 asukkaan tarvitsemasta lämmöstä sekä lisäksi sähköä valtakunnanverkkoon. Tehtaassa käytetään raaka-aineena metsähakkeen ja turpeen sekoitusta; raaka-aineesta enimmillään noin 80 % on metsähaketta ja noin 20 % on turvetta.

Lisäksi laitos käyttää metsäteollisuuden sivutuotteista kuorta ja sahanpurua. Turvetta käytetään laitoksessa metsähakkeen seospolttoaineena tuotantoteknologisista syistä. Kestävän kehityksen näkökulmasta tilanne on mielenkiintoinen, koska kyseisessä laitoksessa turpeen käyttö mahdollistaa laajamittaisen metsähakkeen käytön. Kotimaisena raaka-aineena turpeella on merkittävä rooli Suomen energiapolitiikassa. Merkittävin metsähakkeen ja turpeen välinen ero on niiden uusiutuvuus: turpeen hiilidioksidipäästöt ovat merkittävät ja se luokitellaan yleensä uusiutumattomaksi luonnonvaraksi, kun taas metsähake luokitellaan yleensä hiilineutraaliksi ja uusiutuvaksi energianlähteeksi. Toisaalta sekä puun että turpeen tuotot jäävät paikallistasolle sen sijaan että ostettaisiin fossiilista energiaa alueen ulkopuolelta.



### Pellettien valmistus puutuoteteollisuuden sivutuotteista

Ilomantsin pellettitehtaalla on ollut merkittävä rooli paikalliselle taloudelle, koska se tarjoaa alueella työtä ja aliurakointitilaisuuksia. Raaka-aine kuljetetaan pääasiassa kunnan ulkopuolelta, ja valmiit pelletit kuljetetaan aina ulkomaille asti. Puupelletit ovat puutuoteteollisuuden sivutuotteista jalostettu biopolttoaine, jolla on suhteellisen korkea energiasisältö. Puupellettejä valmistetaan kuljetuskustannusten laskemiseksi ja polttokattiloiden käytön helpottamiseksi. Pellettitehtaan yhteydessä on voimalaitos, joka tuottaa prosessilämpöä ja sähköä pellettitehtaalalle sekä kaukolämpöä Ilomantsin taajamaan. Voimalaitoksen raaka-aineina käytetään mm. metsähaketta ja turvetta. Hankkeen aineistonkeruun aikana Ilomantsin pellettitehdas oli toiminnassa mutta lokakuun 2011 alussa Vapo tiedotti laitoksen sulkemisesta.





## Biodieselin valmistus puu- ja turvebiomassasta

Stora Enson ja Neste Oilin Varkauden biopolttoaineen koelaitos on Suomen edistynein metsäbiomassaa käyttävä biojalostamo ja sen käyttää noin 50 000 tonnia metsäbiomassaa vuodessa. Täydessä mittakaavassa toimiessaan valmiin jalostamon raaka-aineen käyttö olisi noin 1–2 miljoonaa tonnia metsäbiomassaa, millä olisi suuri vaikutus alueellisten metsävarojen käyttöön. Biojalostaminen ja laaja-alainen biomassan prosessointi nestemäisiksi polttoaineiksi, kuten biodieseliksi, ovat kiinnostuksen kohde monissa EU-kehitysprojekteissa. Suurten biojalostamojen rakentaminen lisää kilpailua raaka-aineesta. Olennainen kysymys on, kuinka paikallisten lämpölaitosten kaltaiset energiantuotantosysteemit voivat kilpailla samasta biomassasta suurien biojalostamojen kanssa.



## Elinkaariarvioinnin rajaukset Biosus-hankkeessa

Metsäbiomassan käyttöön perustuvan energiantuotannon elinkaaren perusvaiheet ovat raaka-aineen korjuu, kuljetus, energiantuotanto, tuotteiden jakelu asiakkaille ja niiden loppukäyttö (Petersen Raymer 2006).

BioSus-hankkeessa kehitettiin moniulotteisen kestävyden arviointiin tarkoitettu laskentapohja, joka mahdollistaa kaikkien hankkeessa tarkasteltavien tuotantosysteemien ja kaikkien neljän kestävyden ulottuvuuden yhtäaikaisen kestävyystarkastelun. Laskenta-alusta tai siinä käytettävä metodologia kestävyden arvioinnissa ei rajoita elinkaaritarkasteluita, vaan laskelmiin voidaan sisällyttää kaikki elinkaaren vaiheet raaka-aineen korjuusta loppukäyttöön saakka, mikäli laskentapohjaan tarvittavaa indikaattoritietoa on saatavilla.

BioSus-hankkeessa tuotantosysteemien elinkaariarviointeihin sisällytettiin raaka-aineen korjuu ja kuljetus sekä energian tai energiatuotteen tuotanto. Tuotteiden jakelu ja loppukäyttö jouduttiin rajaamaan elinkaaritarkasteluiden ulkopuolelle. Poikkeus valittuun rajaukseen tehtiin pelletin poltosta aiheutuvan hiilidioksidipäästön osalta, jotta metsäbiomassan käytöstä aiheutuvat hiilidioksidipäästöt saatiin vertailukelpoiseksi kaikkien tuotantoketjujen osalta. Suurin syy rajaukseen on tiedon puute, sillä kaikkien elinkaaren vaiheiden sisällyttäminen olisi vaatinut, ei pelkästään tiedon hankintaa, vaan täysin uuden tutkimustiedon tuottamista siinä mittakaavassa että

se ei ollut mahdollista tämän hankkeen resurssien puitteissa. Kokonaiskestävyyden arviointia ajatellen ei ole riittävää että tieto on olemassa esimerkiksi ekologisen tiedon osalta elinkaaren kaikista vaiheista joidenkin tuotantosysteemien osalta, vaan laskenta edellyttää, että tieto on olemassa kaikista vaiheista kaikkien tuotantoketjujen osalta. Muutoin tulokset eivät ole vertailukelpoisia keskenään. Siksi rajauksessa on kiinnitetty huomiota erityisesti siihen, että laskennan tulokset säilyvät vertailukelpoisina ja mukaan otettavien elinkaaren vaiheiden osalta tieto on mahdollisimman luotettavaa.

## Elinkaariarviointien toteuttaminen

Elinkaariarvioinnissa tuotteet jaotellaan palveluihin (esim. kuljetus), tietotuotteisiin, tavaratuotteisiin ja prosessoituihin materiaaleihin (esim. voiteluaine) (ISO 14044:2006). Palvelun tuottaminen voi olla aineellista tai aineetonta; se voi olla asiakkaan toimittamalle tavaratuotteelle tai aineettomalle hyödykkeelle suoritettava toimenpide tai aineettoman tuotteen toimittaminen. Tuotantoketjusta riippuen prosessien lopputuotteena muodostuva energia voi olla ainoastaan lämpöä (paikallinen lämmöntuotanto metsähakkeella), lämpöä ja/tai sähköä (CHP-laitos ja pellettien valmistus) tai biodieseliä (biojalostamo).

Eri puuenergian tuotantosysteemien vaikutusarvioinneissa olennaista on tarkastella, mitä fossiilisia polttoaineita eri tuotantosysteemien lopputuotteilla pystytään yhteiskunnassa korvaamaan. Esimerkiksi metsähake korvaa öljyllä tuotettua lämpöä ja sähköä (esim. Mälkki & Virtanen 2003, Petersen Raymer 2006), puupelletit korvaavat öljyä, kivihiiltä ja maakaasua (esim. Zhang 2010) ja sähköä sekä Fischer-Tropsch-biodiesel korvaa petrodieseliä (esim. Lohi 2008). Tässä tutkimuksessa elinkaaritarkastelut tehtiin raaka-ainelähtöisesti, koska metsäbiomassan käytön lopputuotteena tuotantosysteemeissä jalostettavat lopputuotteet eivät osin erilaisten loppukäyttökohteidensa vuoksi ole keskenään suoraan vertailukelpoisia.

Elinkaariarvioinneissa tarvittavat tiedot koostettiin tilastoista, olemassa olevista tutkimusaineistoista sekä case-yritysten edustajien haastatteluista. Osa tiedoista ei ollut saatavilla edellä mainituista lähteistä, joten apuna käytettiin myös muuta kirjallisuutta ja asiantuntijoiden suuntaa antavia arvioita.

Tuotantojärjestelmien yksikköprosessien syöteinä käytettiin raaka-aineita, energiaa sekä koneita ja laitteita. Prosessien tuotoksia olivat energia sekä päästöt veteen, ilmaan ja maahan sekä jätteet ja muut ympäristöä kuormittavat tekijät. Tuotantojärjestelmien suorituskykyä mittaavana toiminnallisena yksikkönä elinkaariarvioinneissa käytettiin kokonaismetsäbiomassan eri energiapuuositteiden (esim. kannot, rangat, hakkuutähteet) megawattitunteina (MWh) mitattua energiasisältöä. Tässä hankkeessa tarkastellun pelletin valmistuksen raaka-aine oli kokonaisuudessaan puutuoteteollisuuden ainespuun jalostuksen sivutuotteena saatavaa purua ja haketta. Jotta pää- ja sivutuotteiden kestävyysvaikutukset kyettiin analyysissä erottamaan toisistaan, tehtiin pelletin kestävyysvaikutusten allokointi puutuoteteollisuuden valmistusprosesseista tulevien pää- ja sivutuotteiden taloudellisen arvon suhteellisten osuuksien perusteella.

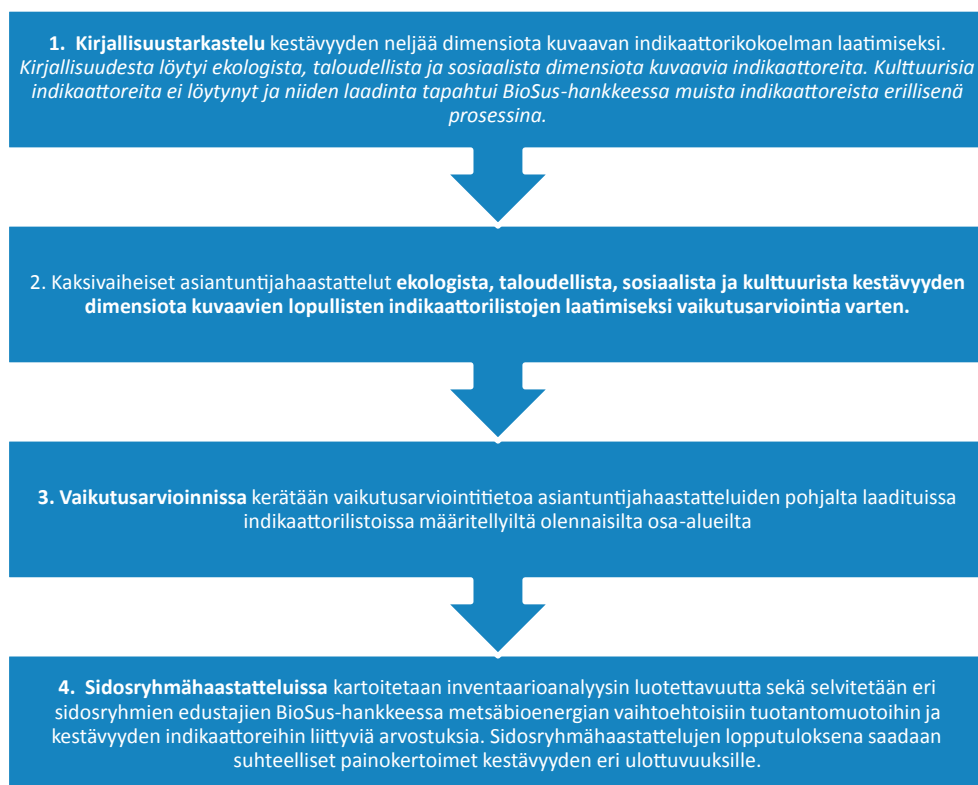
## Kestävyysindikaattorien määrittely ja vaikutusarviointitiedon keruun periaatteet

Luonnonvarojen käytön kestävyyttä kuvaavien indikaattorilistojen laadinta voi perustua "ylhäältä alas" (top-down) tai "alhaalta ylös" (bottom-up) -lähestymistapoihin: "Ylhäältä alas" -lähestymistavalla tarkoitetaan kansainvälisissä poliittisissa prosesseissa tehtyjen painotusten ja päätösten perusteella tehtävää indikaattorien laadintaa

(esim. Euroopan komissio 2007). "Alhaalta ylös" -lähestymistavassa indikaattorien määrittelyssä lähdetään liikkeelle luonnonvarojen käyttöön vaikuttavista alueellisista erityispiirteistä, jossa olennaista on paikallisten sidosryhmien näkemysten huomioon ottaminen (esim. Parkins ym. 2001).

Poliittisiin prosesseihin perustuvien indikaattorien laadinnan heikkous on se, että paikallisten yhteisöjen kannalta olennaiset osa-alueet saattavat jäädä kokonaan huomiotta luonnonvarojen käytön kestävyysarvioinneissa (Reed ym. 2006). On myös epätodennäköistä, että paikalliset yhteisöt osoittavat kiinnostusta indikaattorien mittaamiseen tarvittavan aineiston keruuta kohtaan, jos indikaattorien mittauksesta saavat tulokset eivät kohdistu yhteisön kannalta olennaisiin kysymyksiin ja edistä konkreettisesti alueellista hyvinvointia (Freebairn & King 2003). Poliittisiin prosesseihin ja alueellisiin erityispiirteisiin pohjautuvat lähestymistavat eivät ole toisiaan poissulkevia. Kestävän kehityksen kannalta on olennaista, että "alhaalta ylös" -prosessien tuloksista välitetään tietoa "ylhäältä alas" -prosesseissa mukana oleville tahoille (Dilly & Hüttl 2009), jolloin eri alueilla ilmeneviä samankaltaisia kriittisiä kysymyksiä voidaan ottaa huomioon myös laajemmassa poliittisessä päätöksenteossa. Lisäksi alueellisten erityispiirteiden huomioon ottamiseen suunniteltujen indikaattorilistojen laadinnassa voidaan hyvänä lähtökohtana hyödyntää samankaltaisissa tilanteisiin aikaisemmissa tutkimuksissa laadittuja indikaattorilistoja (Prabhu ym. 2001).

BioSus-hankkeen kestävyysarvioinneissa käytettyjen indikaattorien määrittelyssä noudatettiin "alhaalta ylös" -lähestymistapaa (kuva 1). Indikaattorien määrittely eteni kirjallisuustarkasteluun pohjautuvan, alustavan ja laajan indikaattorikokoelman koostamisesta (Lähtinen ym. 2011) asiantuntijahaastatteluihin, joiden avulla muodostettiin hankkeen tutkimustarpeiden näkökulmasta mahdollisimman oleellinen ja tiivis indikaattorikokoelma. Elinkaariarvioiden vaikutusluokkina käytettiin kestävyysarvioinnin neljää dimensiota (ekologinen, taloudellinen, sosiaalinen ja kulttuurinen kestävyys) kuvaavia indikaattoreita.



Kuva 1. Indikaattorien määrittely "alhaalta-ylös" -lähestymistavalla BioSus-hankkeessa.



## Eri kestävyiden dimensioiden indikaattorien ja painokertoimien määrittely asiantuntijakyselyin

Indikaattorien määrittelyn ensimmäisenä vaiheena toteutettiin kirjallisuustarkastelu, jossa pyrittiin löytämään sekä ekologista, taloudellista, sosiaalista ja kulttuurista kestävyttä bioenergiantuotannon näkökulmasta kattavasti kuvaavia yksittäisiä indikaattoreita tai niiden muodostamia indikaattorilistoja. Kirjallisuustarkastelua seurasivat itäsuomalaiseen metsäenergiantuotantoon eri tavoin perehtyneille asiantuntijoille, kuten tutkijoille, tehdyt kyselyt ja haastattelut, joissa heillä oli käytettävänä tarkat tuotantosysteemien kuvaukset (liitteet 6-9). Indikaattorien määrittelyyn valittiin monipuolisesti asiantuntijoita erilaisista julkisen sektorin organisaatioista. Asiantuntijoiksi valittiin henkilöitä, joilla oli syvällistä kokemusta metsäenergian ekologisen, taloudellisen, sosiaalisen tai kulttuurisen kestävyden arvioinnista tai pohdinnoista.

Kirjallisuustarkastelun (Lähtinen ym. 2011) tulos oli, ettei kaikkia neljää kestävyden ulottuvuutta samanaikaisesti kuvaavia indikaattorikokoelmia ole laadittu aikaisemmissa tutkimuksissa tai muissa selvityksissä. Liitteissä 6-8 esitetyt ekologista, taloudellista ja sosiaalista kestävyttä kuvaavat indikaattorit poimittiin systemaattisesti tämän takia yksittäisistä bioenergia-alan, energiantuotannon ja metsätalouden kestävyttä eri tavoin kuvaavista indikaattorikokoelmista (Lattimore ym. 2009, Mrosek ym. 2006, Buchholz ym. 2009, Hoffmann 2009, Krajnc ja Glavič 2003, Afgan ym. 2000, Carrera ja Mack 2010). Yli puolet kirjallisuudessa esitetyistä indikaattoreista oli ekologisia ja loput joko taloudellisia tai sosiaalisia indikaattoreita. Kulttuurisen kestävyden konkreettiseen mittaukseen soveltuvia indikaattoreita oli kirjallisuudessa vain muutamia, vaikka kulttuurisen kestävyden mittauksen on todettu olevan olennainen osa luonnonvarojen kestävää käyttöä tavoittelevaa päätöksentekoa (esim. Thorsby 1999) ja bioenergiantuotannon näkökulmasta tärkeä osa esimerkiksi teknologian siirtoa. Kulttuurisen kestävyden mittaukseen soveltuvien valmiiden indikaattorien puuttumisen takia kulttuurisen kestävyden indikaattorien määrittely tehtiin ekologisesta, taloudellisesta ja sosiaalisesta dimensiosta erillisenä aineistonkeruuna (liite 9 ja 13).

Asiantuntijakyselyt ekologista, taloudellista ja sosiaalista kestävyden dimensiota mittaavien lopullisten indikaattorilistojen laatimiseksi koostuivat kahdesta vaiheesta. Ensimmäisessä vaiheessa tutkimukseen valitut 30 ekologisen, taloudellisen ja sosiaalisen kestävyden itä-suomalaista tai Itä-suomeen muuten kytkeytyvää, asiantuntijaa saivat ensin kyselylomakkeilla (liitteet 6-8) kommentoitavakseen kirjallisuuden perusteella koostetut, omiin erityisosaamisalueisiinsa liittyvät indikaattorikokoelmat, joihin he halutessaan saivat tehdä lisäyksiä. Aineistonkeruun toisessa vaiheessa asiantuntijoille lähetettiin toisen vaiheen kyselylomake (liitteet 10-12), jossa asiantuntijat arvioivat päätöstukimenetelmää hyödyntäen omia erityisosaamisalueitaan kuvaavien indikaattorien keskinäisiä tärkeyksiä asteikolla 0-100. Asiantuntijakyselyiden toiseen vaiheeseen vastasi kaikkiaan 20 asiantuntijaa (7 ekologinen dimensio, 7 taloudellinen dimensio, 6 sosiaalinen dimensio) ja sen lopullisena tuloksena saatiin BioSus-hankkeen kestävyden arvioinneissa sovellettava indikaattorikokoelma. Asiantuntijakyselyt toteutettiin syyskuun 2010 ja tammikuun 2011 välisenä aikana.

Kulttuurisen kestävyden indikaattorit määriteltiin BioSus-hankkeessa kirjallisuuteen perustuvien indikaattorien puuttuessa kaksivaiheisten asiantuntijahaastattelujen avulla, jotka pohjautuivat "conceptual content cognitive map" (3CM) -menetelmään (Kearney ja Kaplan 1997). Pohjois-Karjalan seudulla touko-syyskuussa 2010 tehtyihin haastatteluihin osallistui kaikkiaan 12 kulttuurisen kestävyden asiantuntijaa. Kaikki asiantuntijat olivat tehneet joko kulttuuriseen kestävyteen ja/tai metsien monikäyttöön liittyvää tai metsistä riippuvaisiin itäsuomalaisiin yhteisöihin liittyvää tutkimusta. Haastateltavien tutkimustausta oli metsätieteissä, teologiassa, historiassa,

ympäristöpolitiikassa ja/tai kulttuuritieteissä. Ensimmäisen vaiheen haastatteluissa asiantuntijat määrittivät yhteensä 74 BioSus-hankkeessa tarkastelun kohteena olevien tuotantosysteemien kulttuurisen kestävyysarvion soveltuvaan käsitteeseen. Haastattelujen toista vaihetta varten 74 käsitteestä osa yhdistettiin keskenään kulttuurisen dimensioon sisällä, osan katsottiin sisältyvän muihin kestävyysarvoihin ulottuvuuksiin kuvaaviin indikaattorilistoihin. Tämän vaiheen jälkeen kulttuurista kestävyyttä kuvaavia indikaattoreita oli toisen vaiheen haastatteluja varten yhteensä 49.

Laskentakehikossa käytettyjen indikaattorien painokertoimet määritettiin SMART-menetelmällä (Edwards, 1971), jonka avulla vastaajat arvottivat toisen vaiheen haastatteluissa kunkin indikaattorin merkityksen suhteessa muihin vertailussa mukana olleisiin indikaattoreihin asteikolla 0–100. Asiantuntijoita pyydettiin antamaan merkitykseltään tärkeimmälle indikaattorille arvo 100 ja muille indikaattoreille arvot suhteessa sataan. Saadut arvot suhteutettiin toisiinsa laskentakehikossa siten, että niiden yhteenlaskettu summa on yksi. Toisen vaiheen lopputuloksena saatiin määritettyä laskentakehikossa käytettävät indikaattorit sekä niiden suhteelliset painokertoimet. Kaksivaiheisten asiantuntijakyselyiden ja -haastatteluiden jälkeen olivat valmiina inventaarioanalyysissä käytettävät kestävyys-dimensioittaiset indikaattorilistat.

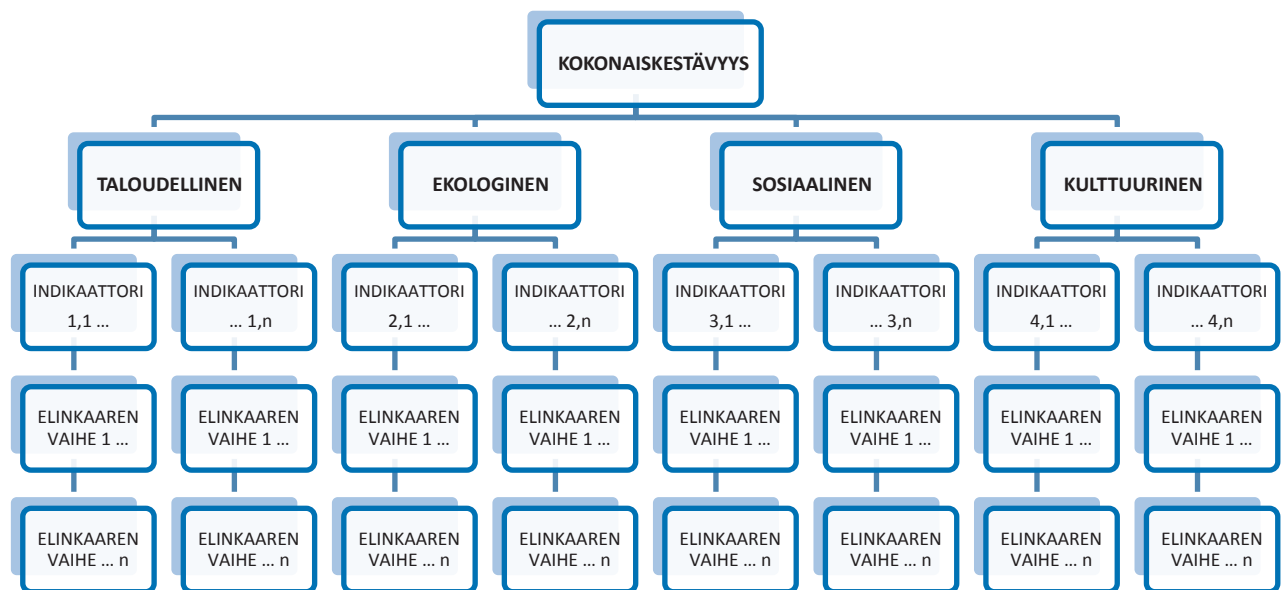
## Kestävyysarvojen eri dimensioitten välisten suhteellisten merkitysten arviointi sidosryhmäkyselyin

Ekologiseen, taloudelliseen, sosiaaliseen ja kulttuuriseen kestävyysarvojen liittyviä arvovalintoja tarkasteltiin asiantuntijahaastattelujen tavoin päätöksentekimenetelmien avulla. Kestävyysarvojen eri ulottuvuuksien painokertoimet saatiin sidosryhmäkyselyssä (liite 16), jossa haastateltavat arvioivat eri ulottuvuuksien suhteellisia tärkeyksiä asteikolla 0–100 marraskuussa 2011. Tavoitteena oli saada mukaan mahdollisimman kattavasti alueellisen metsäenergiatuotannolle olennaisten sidosryhmien edustajia (esim. julkisen sektorin organisaatiot, yritysten edustajat, luontojärjestöt). Sidoryhmien valinnan pohjana käytettiin Pohjois-Karjalan metsäneuvoston\* kokoonpanoa, jotta haastateltavien sidoryhmä-näkemyksistä saataisiin mahdollisimman edustava kokonaisuus. Koska eri tutkimusorganisaatioita edustaneet tutkijat ovat olleet vahvasti edustettuina indikaattorien määrittelyprosesseissa, painotettiin dimensio-kohtaisten painojen määrittelyyn tähtäävien sidoryhmähaastateltavien valinnassa muiden kuin tutkimusorganisaatioiden edustajia. Lisäksi haastateltavien valinnassa pyrittiin keskittymään niihin organisaatioihin, joilla on selkeitä yhteyksiä metsäenergiatuotantoon. Haastateltaville annettiin taustatiedoksi indikaattorien määrittelyssä käytetyissä kysymyslomakkeissa esitetyt tuotantosysteemien kuvaukset ja kuhunkin kestävyys-dimensioon asiantuntijoiden määrittelemät indikaattorit (liite 16). Kyselyyn valittiin mukaan yhteensä 10 Pohjois-Karjalan metsäneuvoston jäsentä, joista 8 vastasi kyselylomakkeeseen.

\*Metsäneuvostot toimivat metsäkeskusten tukena alueellisten metsäohjelmien seurannassa ja toimeenpanossa sekä seuraavat ja ottavat kantaa myös muihin metsäsektorin kannalta tärkeisiin alueellisiin ohjelmiin ja suunnitelmiin (Pohjois-Karjalan metsäkeskus 2011)

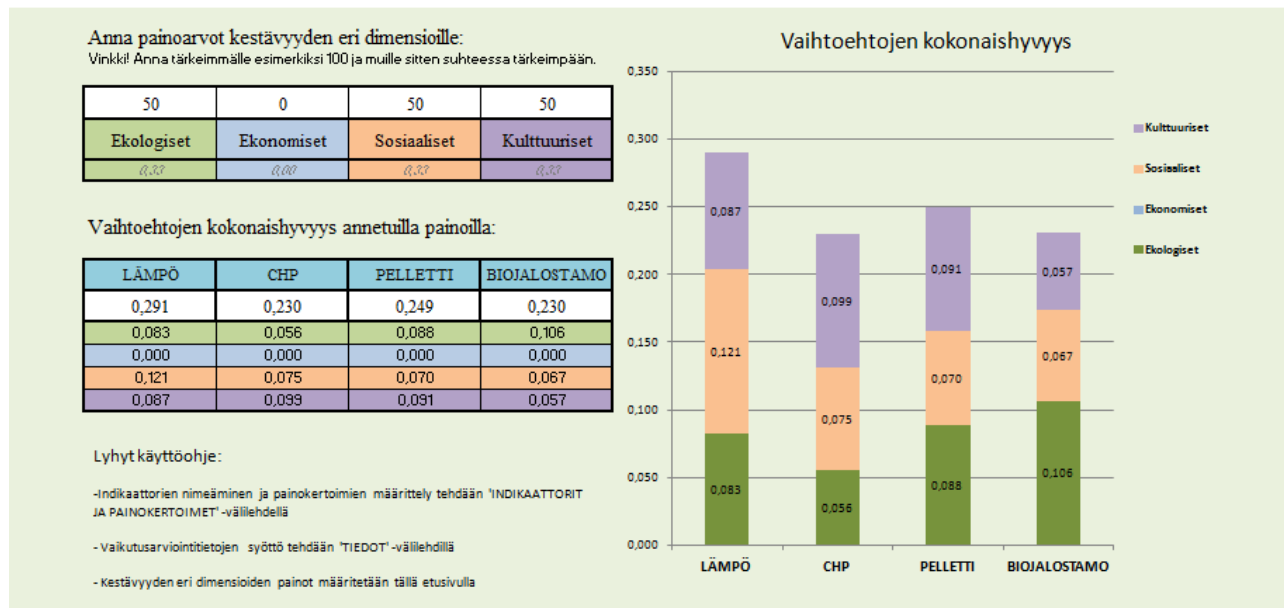
# Moniulotteisen laskentakehikon rakenne ja laskennan taustaoletukset

Monikriteeriarviointiin perustuva (esim. Myllyviita ym. 2011, Leskinen ym. 2009, Leskinen 2007, Alho ym. 2001, Keeney ja Raiffa 1993, Saaty 1980, Saaty 1977) laskentakehikko laadittiin vaikutusarviointitiedon ja haastateltavien indikaattoreille antamien painotusten perusteella. Laskentakehikon avulla laadittiin arviot itäsuomalaisen puuenergiatuotannon ekologisesta, taloudellisesta, sosiaalisesta ja kulttuurisesta kestävydestä sekä kokonaisuudessaan että erikseen kestävyys-dimensioittain. Puuenergiatuotannon vaihtoehtoisiksi tuotantomahdollisuuksiksi katsottiin edellä esitetyt neljä tuotantoketjua.



Kuva 2. Monikriteeriarvioinnin ja elinkaariarvioinnin yhdistävä laskentakehikko.

Indikaattorit määriteltiin jokaisessa kestävyuden ulottuvuudessa edellä kuvatulla asiantuntijakyselyllä ottaen huomioon puuenergiatuotannon elinkaaren eri vaiheet. Laskennassa indikaattoreiden vaikutusarviointitiedot pyrittiin skaalaamaan suhteessa toiminnalliseen yksikköön. Laskentakehikossa mukana olevat indikaattorit ja niiden suhteellista merkitystä kuvaavat painotukset perustuvat asiantuntijakyselyiden ja -haastatteluiden tuloksiin, mutta laskentakehikon käyttäjät voivat halutessaan painottaa omien arvostustensa pohjalta eri indikaattoreita. Tällöin käyttäjä ei kuitenkaan voi perustella tekemiään valintoja tämän tutkimuksen aineistojen tuloksilla. Laskentakehikon käyttöliittymä on Excel-pohjainen (kuva 3), johon laskentakehikon käyttäjä voi muuttaa indikaattorien painotuksia sekä myös halutessaan lisätä uutta



Kuva 3. BioSus-laskentakehikon Excel-pohjainen käyttöliittymä ja esimerkkilaskelma ekologiselle, sosiaaliselle ja kulttuuriselle ulottuvuudelle.

vaikutusarviointitietoa. Todetaan lisäksi, että tämän tutkimuksen ensisijaisena tavoitteena oli nimenomaan laskentakehikon luominen, ei eri tuotantoketjujen keskinäinen arviointi.

Vaihtoehtojen ominaisuudet kunkin indikaattorin suhteen toiminnallista yksikköä kohden mitataan kunkin indikaattorin omalla mitta-yksiköllä, esimerkiksi euroina tai tilavuusyksiköinä. Nämä arvot muunnetaan laskentakehikossa yhteismitalliselle skaalalle (ns. hyötyskaala, joka liittyy monikriteeriarviointiin). Osa indikaattoreista perustuu kansalaisten subjektiivisiin arvioihin, jotka tehdään suoraan hyötyskaalalla alkuperäisten mittayksiköiden puuttuessa. Tutkimuksessa on sovellettu ns. suhdeasteikkoon perustuvaa hyötymallia (esim. Saaty 1980, Saaty 1977). Välimatka-asteikkoon perustuvan hyötymallin käyttö olisi edellyttänyt painotuksien määrittämistä vaikutusarviointitiedon selvittämisen jälkeen. Suhdeasteikollista lähestymistapaa pidettiin sujuvimpana tapana vertailla eri vaiheita yhteismitallisesti ottaen huomioon projektin toteutuksen eri vaiheet. Vaikutusarviointitieto mitattiin hyötyskaalalla oletamalla ns. lineaarinen osahyöty, jonka mukaan esim. tulojen kasvaminen yhdestä eurosta kahteen euroon kasvattaa hyötyä kaksinkertaiseksi laskentakehikossa. Korostettakoon, että hyödyn käyttäytyminen kuvatulla tavalla on oletus, joka paikkansa pitävyys voitaisiin myös selvittää asiantuntija- ja sidosryhmäkyselyjen avulla haluttaessa tarkkaa paikallista tietoa asiasta. Toisaalta esimerkiksi jokainen paikallinen yksikkö hiilipäästöjä on samanarvoinen globaalisti tarkasteltuna, jolloin lineaarisuusoletus on perusteltua ainakin joiltain osin. Toisaalta, jos oletus lineaarisuudesta ei päde, voi hyötysuhde antaa jossain määrin harhaisen kuvan asiasta. Laskentakehikon lopputuloksena saadaan kunkin vaihtoehdon kokonaiskestävyyttä kuvaavia indeksilukuja (kestävyysindeksit), kun otetaan huomioon kaikki kestävyysulottuvuudet ja niitä kuvaavat indikaattorit.

# Moniulotteisen kestävyuden arvioinnin tulokset

## Asiantuntijoiden määrittämät eri kestävyuden dimensioita kuvaavat indikaattorit ja niiden painotukset

Asiantuntijoiden kuhunkin kestävyuden ulottuvuuteen määrittelemät indikaattorit ja niiden painokertoimet on esitetty taulukoissa 2–5. Painot on skaalattu summautumaan yhteen. Asiantuntijoiden kuhunkin kestävyuden dimensioon määrittelemien indikaattoreiden määrä on suuri, minkä takia vaikutusarviointitiedon keruu niihin kaikkiin liittyen ei ollut mahdollista tämän hankkeen resurssien puitteissa. Lisäksi osasta indikaattoreita vaikutusarviointitiedon tuottaminen BioSus-laskentakehikkoon soveltuvassa mitattavassa muodossa oli hankkeen asiakokonaisuus huomioiden ylipäättään liian haasteellista. Tiedonkeruun haasteet ja puutteet koskivat myös joitain sellaisia indikaattoreita, joille asiantuntijat olivat määritelleet suuria painoarvoja. Tutkijat valitsivat hankkeessa laadittavaan laskentamalliin tiedonhankintarajoitteet huomioon ottaen kustakin kestävyysdimensiosta mahdollisimman monta asiantuntijoiden tärkeänä pitämää indikaattoria. Kukin valittu indikaattori sai laskentakehikossa painokertoimen, joka perustui asiantuntijoiden asteikolla 0–100 tekemään arvioon kunkin indikaattorin suhteellisesta merkityksestä. Tämän jälkeen indikaattorien painokertoimet skaalattiin dimensioittain summautumaan yhteen, jotta kokonaiskestävyuden laskenta olisi mahdollista. Laskentakehikossa käytetyt viisi ekologista, viisi taloudellista, kuusi sosiaalista ja seitsemän kulttuurista indikaattoria ja niille skaalatut painokertoimet on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 2. Ekologisen kestävyuden indikaattorit ja painotukset asiantuntijakyselyistä. Laskenta-kehikossa käytetyt indikaattorit on lihavoitu tekstissä.

<b>Indikaattori</b>	<b>Paino</b>
Raaka-aineiden uusiutuvuus	0,069
Luontaisten lajien säilyvyys	0,068
<b>CO<sub>2</sub> (Kasvihuonekaasut)</b>	<b>0,060</b>
Hakkuualueille jätettävän lahopuun määrä säilytetään riittävällä tasolla	0,058
<b>Kiintoainepäästöt vesistöön</b>	<b>0,052</b>
<b>Ravinnepestöt vesistöön</b>	<b>0,051</b>
Metsä- ja luonnonsuojelulakien mukaisten arvokkaiden elinympäristöjen suojelu	0,050
Ekologisesti herkkien alueiden suojelu yli "lakiminimin"	0,046
Uhanalaisten lajien suojelu	0,047
Metsien kasvu	0,045
Metsämaan fysikaalinen rakenne säilyy alkuperäisellä tasolla	0,045
Kantojen poisto	0,043
Energiatuotannon tehokkuus	0,042
Metsämaan ravinnetason säilyminen	0,041
Metsien pirstoutuneisuus	0,040
Vesistöjen suojavyöhykkeet	0,040
Ekosysteemien monimuotoisuuden vaihtelu maisematasolla	0,039
Maankäyttö	0,039
Metsäenergian korjuseen liittyvät tiestötarpeet	0,037
Muut ilmapäästöt	0,037
<b>Jätteet ja kierrätys (tuhka)</b>	<b>0,029</b>
<b>Veden kulutus</b>	<b>0,022</b>
<b>Yhteensä</b>	<b>1,000</b>

Taulukko 3. Taloudellisen kestävyuden indikaattorit ja painotukset asiantuntijakyselyistä. Laskenta-kehikossa käytetyt indikaattorit on lihavoitu tekstissä.

<b>Indikaattori</b>	<b>Paino</b>
<b>Metsäenergian tuotantosysteemissä tuotteille ja palveluille aikaansaatu arvonlisäys</b>	<b>0,114</b>
Metsäbioenergian tuotantosysteemin kapasiteetin suhde alueellisesti kestäviin tuotantomahdollisuuksiin	0,084
<b>Metsäbioenergian tuotantosysteemin liikevoitto tai liiketappio</b>	<b>0,078</b>
<b>Metsäenergian tuotantosysteemin tuotantokustannukset suhteessa tuotettuun energiamäärään</b>	<b>0,063</b>
Metsäenergian tuotantosysteemin tuotantokustannukset verrattuna vastaavaan fossiililla polttoaineilla tuotetun energian tuotantokustannuksiin	0,063
<b>Metsäbioenergian tuotantosysteemissä aikaansaadut myyntitulot</b>	<b>0,059</b>
<b>Metsäenergian tuotantosysteemin aikaansaamat välittömät ja välilliset palkkatulot alueen asukkaille</b>	<b>0,056</b>
Metsäbioenergian tuotantosysteemin maksamat korot ja osingot	0,048
Metsäenergian tuotantosysteemin raaka-aineiden käyttömäärä suhteessa tuotteiden myynnin arvoon	0,047
Metsäbioenergian tuotantosysteemiin tehtyjen perustamisinvestointien arvo suhteessa tuotantosysteemin elinkaaren aikaiseen energiantuotannon määrään	0,046
Metsäenergian tuotantosysteemissä alueen omalla tuotannolla korvattujen, aiemmin muualta tuotujen tuotantopanosten arvo suhteessa kaikkien tuotantosysteemissä käytettyjen tuotantopanosten arvoon	0,041

Metsäbioenergian tuotantosysteemin maksamat verot + tuotekehityspanostukset muuhun kuin varsinaiseen yritystoimintaan + annetut yleishyödylliset lahjoitukset - saadut verohelpotukset ja tuet	0,041
Metsäenergian tuotantosysteemin välitön ja välillinen alueellinen työllistävyys suhteessa tuotettuun energiamäärään	0,034
Metsäenergian tuotantosysteemin maksaman päästöluvan hinta	0,032
Metsäbioenergian tuotantosysteemiin tehtyjen "kestävää kehitystä" tukevien T&K -investointien arvo (10 vuoden keskiarvo) suhteessa yrityksen kokonaisinvestointeihin	0,030
Metsäenergian tuotantosysteemiin aikaansaatuja ja säilytettyjä alueellisten työpaikkojen määrä suhteessa tuotettuun energiamäärään	0,028
Metsäenergian tuotantosysteemin aikaansaamat kunnallisverotulot alueelle	0,027
Metsäenergian tuotantosysteemin alueelliset raaka-ainekustannukset suhteessa raaka-aineiden hankinnan kokonaiskustannuksiin	0,026
Metsäteollisuuden sivutuotteiden osuus (%) metsäbioenergiatuotantosysteemin käyttämästä raaka-ainemäärästä (tonnia)	0,023
Metsäbioenergian tuotantosysteemin raaka-aineiden, koneiden ja muiden tarvikkeiden hankintakulut	0,022
Metsäenergian tuotantosysteemin aikaansaamien alueellisten työpaikkojen määrä suhteessa tuotantoyksiköiden määrään	0,019
Metsäenergian tuotantosysteemiin alueen ulkopuolelta tulevan investointirahoituksen osuus (%) tuotantosysteemiin tehtyjen perustamisinvestointien kokonaisarvosta	0,017
<b>Yhteensä</b>	<b>1,000</b>

Taulukko 4. Sosiaalisen kestävyuden indikaattorit ja painotukset asiantuntijakyselyistä. Laskenta-kehikossa käytetyt indikaattorit on lihavoitu tekstissä.

<b>Indikaattori</b>	<b>Paino</b>
<b>Metsäenergian tuotantosysteemin yhteisöllinen merkitys: sitoutuneisuus paikkakunnalle ja vaikutus tulevaisuuden visioiden mahdollistamiseen</b>	<b>0,087</b>
<b>Metsäenergian tuotantosysteemiin liittyvien pk-yritysten työllistävyys ja lukumäärä</b>	<b>0,075</b>
<b>Metsäenergian tuotantosysteemin alueen muulle metsäsektorille sekä muille elinkeinoille aikaansaamat hyödyt</b>	<b>0,070</b>
<b>Metsäenergian tuotantosysteemiin liittyvä verkostoituneisuus</b>	<b>0,064</b>
<b>Metsäenergian tuotantosysteemin saama institutionaalinen tuki</b>	<b>0,063</b>
<b>Metsäbioenergian tuotantosysteemien vakaus ja joustavuus</b>	<b>0,063</b>
Metsäenergian tuotantosysteemiin nivoutuva yrittäjyys ja niiden tarjoamat omatoimisen työllistymisen mahdollisuudet	0,062
Metsäenergian tuotantosysteemin oikeudenmukaisuus	0,062
Metsäenergian tuotantosysteemien alueelle mukanaan tuomat osaamis- ja koulutustarpeet	0,061
Metsäenergian tuotantosysteemien ja metsäenergiatuotteiden kulutuksen aiheuttamat terveysvaikutukset	0,057
Metsäenergian tuotantosysteemiin liittyvien työtapaturmien ja työperäisten sairauksien esiintyvyys	0,056
Metsäenergian tuotantosysteemeissä työskentelevien työtyytyväisyys	0,055
Metsäenergian tuotantosysteemin vaikutukset metsien monikäyttöön, ml. virkistys	0,050
Metsäenergian tuotantosysteemin sisäiset ohjauskeinot liittyen päätösprosessien hallintaan ja palautemekanismeihin	0,050
Metsäenergian tuotantosysteemiin palkatun työvoiman kausivaihtelu	0,046
Metsäenergian tuotantosysteemien vaikutukset merkitykselliseen elämän sisältöön	0,044
Metsäenergian tuotantosysteemin vaikutukset sukupuolten väliseen tasa-arvoon	0,035
<b>Yhteensä</b>	<b>1,000</b>

Taulukko 5. Kulttuurisen kestävyuden indikaattorit ja painotukset asiantuntijahaastatteluista ja -kyselystä. Laskentakehikossa käytetyt indikaattorit on lihavoitu tekstissä.

<b>Indikaattori</b>	<b>Paino</b>
<b>Raaka-aineen paikallisuus</b>	<b>0,044</b>
<b>Raaka-aineen käytön aiheuttamat laaja-alaiset haitalliset maisemavaikutukset</b>	<b>0,038</b>
<b>Käyttäjien mielikuvat metsäenergian loppukäytöstä</b>	<b>0,032</b>
<b>Haitallisten vaikutusten ajallinen kesto</b>	<b>0,028</b>
<b>Sidosryhmien osallistaminen päätöksentekoon</b>	<b>0,028</b>
<b>Tuotantotoiminnan haitalliset maisemavaikutukset erityisesti asutuksen lähellä</b>	<b>0,028</b>
<b>Tuotantosysteemin hyväksyttävyyys</b>	<b>0,028</b>
Haitat virkistyskäytölle	0,028
Raaka-aineen jalostus alueella	0,027
Kantojen nosto	0,026
Tiedottaminen sidosryhmille	0,026
Fossiilisten polttoaineiden korvaaminen	0,025
Hakkuutähteiden keruun haitalliset maisemavaikutukset	0,024
Kilpailu raaka-aineen käytöstä	0,024
Paikallinen omistajuus	0,024
Alueen elinvoimaisuuden lisäys yritystoiminnan myötä	0,023
Soiden käyttöönotto turvetuotantoon	0,023
Raaka-aineen paikallinen omistus	0,023
Vihreät arvot	0,023
Turvetuotannon aiheuttamat kiintoainepäästöt	0,022
Metsien henkisen merkityksen huomioon ottaminen	0,021
Vaikutukset perinteisten metsänhoitomenetelmien säilymiselle	0,021
Yrittäjien itsenäinen päätäntävalta liiketoiminnassa	0,021
Metsäenergian käytön aiheuttamat koulutustarpeet	0,020
Omavaraisuus raaka-aineen ja lopputuotteiden käytössä	0,020
Tuotantosysteemin pysyvyys alueella	0,020
Hakkuutähteiden korjuun positiivinen vaikutus virkistyskäyttöön	0,019
Monikansallisten suuryritysten haitat paikalliselle kulttuurille	0,019
Organisaatiokulttuureiden monimuotoisuus	0,019
Ensiharvennusaktiivisuuden kasvu	0,018
Jatkuvan kasvatuksen mahdollisuuksien paraneminen	0,018
Suuryritysten tilavaatimukset sekä melu-, päästö- ja maisemahaitat alueella	0,018
Viennin lisäyksen mukanaan tuomat mahdollisuudet kulttuurivaihdon lisäykselle	0,017
Tuotannon ja kulutuksen tasapaino	0,016
Bioenergia-työvoiman arvostus	0,015
Parannukset alueellisiin tieverkkoihin	0,015
Puun käytön perinteet lämmityksessä	0,015
Raaka-aineen ja sivutuotteiden käytön tehokkuus	0,015
Bioenergian viennin hyväksyttävyyys	0,013
Liikennemäärien kasvu raaka-aineen kuljetuksen takia	0,013
Muutostarpeet nykyisiin bioenergian tuotantoketjuihin	0,013
Metsiin liittyvän perinnetiedon säilyminen	0,012
Pelletinkäytön haasteet	0,012
Toimijoiden yhtenäinen kulttuuritausta	0,012
Uusien raaka-aineiden (esim. kannot) käytön aiheuttama vastarinta	0,012
Metsäkoneteknologian uusiutuminen, tehokkuuden ja mukavuuden paraneminen	0,011
Raaka-aineen varastoinnin aiheuttamat haitalliset maisemavaikutukset	0,011
Tuotannon meluvaikutukset	0,011
Turvetuotantoperinteen säilyttäminen	0,009
<b>Yhteensä</b>	<b>1,000</b>



Taulukko 6. Laskentakehikkoon valitut indikaattorit ja niiden painokertoimet. Kunkin kestävyysdimension painokertoimet on skaalattu summautumaan yhteen.

Kestävyyden dimensio ja indikaattorit	Painokerroin
<b>Ekologinen</b>	
Kasvihuonekaasut (CO <sub>2</sub> )	0,280
Kiintoainepäästöt vesistöön	0,243
Ravinnepestöt vesistöön	0,238
Jätteet ja kierrätys (tuhka)	0,136
Veden kulutus	0,103
<b>Taloudellinen</b>	
Metsäenergian tuotantosysteemissä tuotteille ja palveluille aikaansaatu arvonlisäys	0,308
Metsäenergian tuotantosysteemin tuotantokustannukset suhteessa tuotettuun energiamäärään	0,170
Metsäbioenergian tuotantosysteemin liikevoitto tai liiketappio	0,211
Metsäbioenergian tuotantosysteemissä aikaansaadut myyntitulot	0,159
Metsäenergian tuotantosysteemin aikaansaamat välittömät ja välilliset palkkatulot alueen asukkaille	0,151
<b>Sosiaalinen</b>	
Metsäenergian tuotantosysteemin yhteisöllinen merkitys: sitoutuneisuus paikkakunnalle ja vaikutus tulevaisuuden visioiden mahdollistumiseen	0,205
Metsäenergian tuotantosysteemiin liittyvien pk-yritysten työllistävyys ja lukumäärä	0,177
Metsäenergian tuotantosysteemin alueen muulle metsäsektorille sekä muille elinkeinoille aikaansaamat hyödyt	0,167
Metsäenergian tuotantosysteemeihin liittyvä verkostoituneisuus	0,152
Metsäenergian tuotantosysteemiin suotuisasti vaikuttavien institutionaalisten rakenteiden olemassaolo	0,150
Metsäbioenergian tuotantosysteemien vakaus ja joustavuus	0,150
<b>Kulttuurinen</b>	
Raaka-aineen paikallisuus	0,195
Raaka-aineen käytön aih. laaja-alaiset haitalliset maisemavaikutukset	0,168
Käyttäjien mielikuvat metsäenergian loppukäytöstä	0,142
Tuotantosysteemin hyväksyttävyys	0,125
Sidosryhmien osallistaminen päätöksentekoon	0,125
Haitallisten vaikutusten ajallinen kesto	0,123
Tuotantotoiminnan haitalliset vaikutukset erityisesti asutuksen lähellä	0,122

## Sidosryhmien näkemykset ekologisen, taloudellisen, sosiaalisen ja kulttuurisen kestävyysdimension merkityksestä itäsuomalaisessa metsäenergiantuotannossa

Sidosryhmäkyselyllä hankittiin tietoa eri sidosryhmien itäsuomalaisen puuenergiantuotannon ekologiseen, taloudelliseen, sosiaaliseen ja kulttuuriseen kestävyysdimension liittyvistä arvostuksista. Kyselyn perusteella saatiin numeerista tietoa siitä, millaisia eri kestävyysdimension välistä merkitystä kuvaavia painokertoimia tulisi sidosryhmien näkemysten kuvaamiseksi käyttää laskentakehikossa. Marraskuussa 2011 toteutettuun kyselyyn osallistujat valittiin yhteistyössä johtoryhmän jäsenten kanssa Pohjois-Karjalan metsäneuvoston edustajia, jotka toimivat julkiseen sektoriin tai yritystoimintaan liittyvissä tehtävissä ja jotka ovat suoraan tai epäsuoraan tekemisissä metsäenergian tuotannon kanssa (tarkempi kuvaus tiedonkeruusta edellä). Koska indikaattorien määrittely oli perustunut pääosin tutkijoiden näkemyksiin, jätettiin tutkimusorganisaatioiden edustus pois sidosryhmäkyselystä. Kyselyn tu-

loksena eri kestävyiden dimensioille saadut painokertoimet on esitetty taulukossa 7. Yksittäisten vastaajien mielipiteiden suojaamiseksi painokertoimet on esitetty eri vastausten aritmeettisena keskiarvona.

Taulukko 7. Sidosryhmäkyselyn tulokset kestävyiden eri dimensioiden painotuksista SMART-pisteytyksinä (n=8).

	Kestävyyden dimensioiden painotukset			
	Ekologinen	Taloudellinen	Sosiaalinen	Kulttuurinen
Keskiarvo	88,1	90,7	67,2	52,3

## Ekologisiin indikaattoreihin liittyvän vaikutusarviointitiedon keruu

Tuotannon ekologiset indikaattorit suhteutettiin laskentaa varten raaka-aineen sisältämään energiamäärään (MWh). Vaikutusarviointilaskennassa käytettiin vain niitä indikaattoreita, jotka olivat luotettavasti määritettävissä kaikille vaihtoehdoille kaikissa bioenergian tuotantoketjuissa. Lisäksi niiden tuli olla luotettavasti mitattavissa. Asiantuntijoiden määrittämistä ja valitsemista ekologisista indikaattoreista laskentakehikkoa varten valittiin metsä- ja turveraaka-aineen hankinnan osalta seuraavat viisi ekologista indikaattoria: kasvihuonekaasut (CO<sub>2</sub>), kiintoainepäästöt vesistöön, ravinnepäästöt vesistöön, jätteet ja kierrätys (tuhka) ja veden kulutus.

Vaikutusarviointilaskennassa oletustilanteena olivat asiantuntijoiden eri tuotantoketjuille valitsemat indikaattorit. Lisäksi kerättiin vaikutusarviointitietoa seuraavasta kolmesta indikaattorista, joiden arvojen muuttumista ja tilanteen kehittymistä seurataan jokaisen tuotantolaitoksen ympäristöraportin keinoin: polttoaineen kulutus, jäteveden määrä ja sähköenergian kulutus. Nämä kolme indikaattoria valittiin täydentämään asiantuntijoiden arvioita laskentakehikon herkkyysanalyysissä, koska näiden indikaattoreiden vaikutuksia ympäristöön seurataan koko ajan. Ekologisten indikaattorien vaikutusarviointitietoja kerättiin alan tutkimuksista, tuotantolaitoshaastatteluilla ja tuotantolaitosten ympäristöraporteista.

Tutkimukseen valituista bioenergian tuotantoketjuista CHP-laitos ja pellettitehdas käyttävät turvetta. Jätteiden ja kierrätyksen osalta kaikille laitoksille oli saatavissa tuhkan määrä. Eri tuotantoketjujen vaikutusarviointitiedot on esitetty taulukoissa 8 - 11. Taulukoissa on huomattava, että indikaattori "Jätteet ja kierrätys" tarkoittavat käytännössä tuhkaa, mikä oli ainoa jäteosite, jonka määrälle löytyi tiedot kaikille tuotantoketjuille. Metsäraaka-aineen tuotannon hiilidioksidipäästöjen tarkastelu on tehty ekosysteemitaseen pohjalta, kiertoajan yli laskettuna, perustuen kirjallisuudesta (Pasanen 2011, Routa 2011, Routa ym. 2012) poimituihin keskiarvoihin.

Taulukko 8. Paikallinen lämmöntuotanto metsähakkeella: (tuotanto 15 400 MWh/v). Vaikutusarviointitiedot sisältävät raaka-aineen hankinnan, tuotantolaitosprosessit (varastointi ja käyttö, poltto- ja puhdistusprosessit, lämmön- ja sähköntuotannon) sekä lämmön siirron ja jakelun.

Ekologinen indikaattori	Vaikutusarviointitiedot
Raaka-aine	Uusiutuvasta metsäraaka-aineesta (100%): 15 400 MWh
CO <sub>2</sub> -päästöt *	150 kg/MWh
Kiintoainepäästöt vesistöön	Ei tapahdu.
Ravinnepäästöt (N,P) vesistöön **	Ei tapahdu.
Jätteet ja kierrätys ***	2,40 kg/MWh
Vedenkulutus	0,0014 m <sup>3</sup> /MWh
Polttoaineen kulutus*	2,4 l/MWh
Jätevesi **	0 m <sup>3</sup> /MWh
Energiankulutus **	0,008 MWh/MWh

\* Pasanen (2011).. Routa (2011). Routa ym. (2012).

\*\* Hassinen (2011).N=typpi ja P=fosfori.

\*\*\*Penttilä (2004), Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio (2006). Hassinen (2011) : 100% tuhkan kierrätys metsälannoitukseen.

Taulukko 9. Yhdistetty lämmön- ja sähköntuotanto: keskisuuri CHP-laitos (tuotanto v. 2010: 483,92 GWh + HOB\* 98,52 GWh). Vaikutusarviointitiedot sisältävät raaka-aineen hankinnan, tuotantolaitosprosessit (varastointi ja käyttö, poltto- ja puhdistusprosessit, lämmön- ja sähköntuotannon) sekä lämmön siirron ja jakelun.

Ekologinen indikaattori	Vaikutusarviointitiedot
Raaka-aine	Metsähake 420 GWh, kannot 100 GWh, sivutuotteet 230 GWh, turve 408 GWh. Yhteensä 1158 GWh.
CO <sub>2</sub> -päästöt **	242 kg/MWh
Kiintoainepäästöt vesistöön ****	0,00885 kg/MWh
Ravinnepäästöt (N,P) vesistöön ****	0,00153/MWh
Jätteet ja kierrätys *****	7,08 kg/MWh
Vedenkulutus ***	24,24 m <sup>3</sup> /MWh
Polttoaineen kulutus*****	2,59 l/MWh
Jätevesi ***	0,143 m <sup>3</sup> /MWh
Energiankulutus ***	0,0034 MWh/MWh

\*HOB=lämpökattila, jolla tuotetaan pelkästään lämpöä.

\*\* Fortum (2011). Pasanen (2011). Alm ym. (2007). Nykänen ym. (1995). Vesterinen (2003). Routa (2011). Routa ym. (2012).

\*\*\* Fortum (2011).

\*\*\*\* Fortum (2011), Fortum Power and Heat (2010). Maa- ja metsätalousministeriö (2007). N=typpi ja P=fosfori.

\*\*\*\*\* Penttilä (2004), Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio (2006). Fortum (2011), Fortum Power and Heat (2010).

\*\*\*\*\* Pasanen (2011). Ruohomäki & Juvonen (2011).

Taulukko 10. Pellettitehdas (taulukon luvut vuodelta 2010). Vaikutusarviointitiedot sisältävät raaka-aineen hankinnan, tuotantolaitos-prosessit (raaka-aineen varastointi, pelletin tuotanto, pelletin paikallinen käyttö) sekä kuljetuksen ja jakelun.

Ekologinen indikaattori	Vaikutusarviointitiedot
Raaka-aineen uusiutuvuus	Keskimäärin 285 000 MWh lämpöenergiaa pellettinä, mikä vastaa 60 000 ton/v; vuonna 2010: 10267 ton/v = 48768 MWh lämpöenergiaa
CO <sub>2</sub> -päästöt *	258 kg/MWh
Kiintoainepäästöt vesistöön **	Ei merkittäviä muutoksia veden laadussa ennen ja jälkeen tuotantolaitoksen otetuissa näytteissä.
Ravinnepäästöt (N,P) vesistöön **	Ei merkittäviä muutoksia veden laadussa ennen ja jälkeen tuotantolaitoksen otetuissa näytteissä.
Jätteet ja kierrätys ****	0,176 kg/MWh
Vedenkulutus ***	Ei kuluteta vettä tuotannossa.
Polttoaineen kulutus *****	3,84 l/MWh
Jätevesi	Ei kuluteta vettä tuotannossa.
Energiankulutus ***	0,17 MWh/MWh

\* Vapo Oy (2010). Koskela (2002): käytetty I l dieselä tuottama CO<sub>2</sub> päästöt. Pasanen (2011): keskimääräisestä kulutuksesta kaukokuljetus. Alm ym. (2007). Nykänen ym. (1995). Vesterinen (2003). Routa (2011). Routa ym. (2012).

\*\* Vapo Oy (2010). Maa- ja metsätalousministeriö (2007). N=typpi ja P=fosfori.\*\*\* Vapo Oy (2010).

\*\*\*\* Penttilä (2004), Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio (2006). Vapo Oy (2010). Jätteiden ja kierrätyksen osalta vain tuhka.

\*\*\*\*\* Pasanen (2011): käytetty samaa arviota kuin pienpuun kuljetus rekalla Etelä-Suomessa. Ruohomäki & Juvonen (2011)

Kaupallista biodieselin tuotantoa ei vielä ole Suomessa, minkä takia biodieseliä tuottavan biojalostamon ekologisten indikaattoreiden vaikutusarviointitietojen pääasiallisena tietolähteenä on käytetty NSE Biofuelsin Porvooseen tai Imatralle suunnitteleman biovahan tuotantolaitoksen ympäristövaikutusten arviointiraporttia. Tämän takia biojalostamo koskevaa vaikutusarviointitietoa on pidettävä suuntaa-antavana (taulukko 11). Biojalostamon tuotannossa noin puolet käytetyn raaka-aineen energiamäärästä pystytään muuntamaan lopputuotteeseen biodieseliksi (Metsäliitto 2009). Tuotannon määräksi on arvioitu laskentakehikossa 200 000 tonnia biovaha, joka vastaa 2,4 miljoonaa kuutiometriä metsäraaka-ainetta, hakkuutähdettä ja pienpuuta.

Taulukko II. Biodieseliä tuottava biojalostamo (tuotanto 4,8 TWh/v). Vaikutusarviointitiedot sisältävät raaka-aineen hankinnan sekä tuotantolaitosprosessit (varastointi ja käyttö, tuotantoprosessit mukaan lukien kuljetus jatkojalostukseen).

Ekologinen indikaattori	Vaikutusarviointitiedot
Raaka-aineen uusiutuvuus *	Metsäraaka-ainetta 2,4 miljoonaa m <sup>3</sup> (=4,8 TWh), josta 56,25% hakkuutähdettä ja 33,75% pienpuuta. Yhteensä 4,8 TWh.
CO <sub>2</sub> -päästöt **	170 kg/MWh
Kiintoainepäästöt vesistöön *	0 kg/MWh
Ravinnepäästöt (N,P) vesistöön *	N: 0,00555 kg/MWh P: oletus 0 kg/MWh
Jätteet ja kierrätys ***	0,0095833 t/MWh
Vedenkulutus *	0,02667 m <sup>3</sup> /MWh
Polttoaineen kulutus **	1,98 l/MWh
Jätevesi *	0,16 m <sup>3</sup> /MWh
Energiankulutus *	0,1167 MWh/MWh

\* NSE Biofuels (2011). N=typpi ja P=fosfori.

\*\* Pasanen (2011). NSE Biofuels (2011). Routa ym. (2012).

\*\*\* Penttilä (2004), Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio (2006). NSE Biofuels (2011). Jätteet ja kierrätys sisältää vain tuhkan.

## Taloudellisiin indikaattoreihin liittyvän vaikutusarviointitiedon keruu

Taloudelliset indikaattorit valittiin laskentakehikkoon asiantuntijakyselyistä saatujen tulosten perusteella. Valituksi tulivat indikaattorit "Metsäbioenergian tuotantosysteemissä aikaansaadut myyntitulot", "Metsäbioenergian tuotantosysteemin liikevoitto tai liiketappio", "Metsäenergian tuotantosysteemissä tuotteille ja palveluille aikaansaatu arvonnäisyys", "Metsäenergian tuotantosysteemin tuotantokustannukset suhteessa tuotettuun energiamäärään" ja "Metsäenergian tuotantosysteemin aikaansaamat välittömät ja välilliset palkkatulot alueen asukkaille". Poikkeuksena valinnassa oli indikaattori "Metsäbioenergian tuotantosysteemin kapasiteetin suhde alueellisesti kestäviin tuotantomahdollisuuksiin", jolle ei löydetty laskentatapaa, joka olisi ollut vertailukelpoinen eri raaka-aineita käyttäville ja eri kokoluokissa toimiville tuotantolaitoksille.

Taloudellisten indikaattoreiden osalta kestävyuden laskennassa on käytetty vaikutusarviointitietojen oletusarvoja, jotka pohjautuvat tiedon keruussa tehtyihin haastatteluihin, kirjallisuuteen sekä saaduista arvoista tehtyihin laskelmiin. Jokaisen indikaattorin arvo on laskettu yhtä raaka-ainemWh:ia kohti. Taulukossa 12 esitetyt luvut eivät edusta yhtä olemassa olevaa tuotantolaitosta, vaan indikaattoriarvot ovat keskimääräisiä laskennallisia arvioita tässä raportissa esitettyjen tuotantolaitosten kaltaisista laitoksista. Biojalostamon osalta taloudellista indikaattoritietoa ei kerätty kokeilulaitoksen salassapitoon liittyvien seikkojen takia.

Vaikutusarviointitietojen laskennassa on käytetty seuraavia oletuksia: (1) Palkkatulojen laskennassa on käytetty raaka-aineen hankintaan syntyvien (korjuu, haketus, kuljetus) ja energialaitoksen suorien työpaikkojen lukumäärää ja keskipalkkaa 2500 €/kk. Epäsuorien työpaikkojen ja niissä syntyvien palkkatulojen arvioinnin osalta ongelmana on tiedon saatavuus sekä vaikutusten kohdistuminen myös alueen ulkopuolelle, joten ne on jätetty pois laskelmista. (2) Arvonlisäyksen laskennassa on käytetty lopputuotteen hintaa (€/MWh) tehtaalla verrattuna raaka-aineen hankintahintaan (€/MWh): arvonlisä ei sisällä lämpötoimitusten tai sopimusten hintaa tai

perusmaksuja, sillä ne vaihtelevat sekä alueellisesti että käyttäjäkohtaisesti. (3) Tuotantokustannusten laskennassa raaka-aineina on käytetty pelletin osalta sahanpurua, lämpölaitoksella metsähaketta pienpuusta (94 %) ja hakkuutähteestä (6 %) sekä CHP-laitoksella metsähaketta hakkuutähteestä, pienpuusta ja kannoista (yhteensä 520 GWh = 44 % raaka-aineen kokonaiskäytön energiasisällöstä), turvetta (408 GWh = 35 %) sekä sahanpurua ja kuorta (230 GWh = 20 %). (4) Myyntitulojen ja liikevoiton laskenta perustuu haastatteluihin sekä vuosikertomuksiin ja vastaavat tuotantoketjujen laitosten normaalin tuotantokapasiteetin tasoa.

Taulukko 12. Taloudellisten indikaattoreiden vaikutusarviointitiedot tuotantoketjuittain. Biojalostamolle ei ollut saatavissa taloudellista tietoa.

Taloudellinen indikaattori	Lämpö	CHP	Pelletti	Biojalostamo
	€/MWh raaka-ainetta			
Metsäbioenergian tuotantosysteemissä aikaansaadut myyntitulot**	36,33	33,31	42,98	--
Metsäbioenergian tuotantosysteemin liikevoitto tai liiketappio**	4,92	7,40	0,00	--
Metsäenergian tuotantosysteemissä tuotteille ja palveluille aikaansaatua arvonlisäys **	13,27	16,64	24,84	--
Metsäenergian tuotantosysteemin tuotantokustannukset suhteessa tuotettuun energiamäärään ***	31,42	25,91	42,98	--
Metsäenergian tuotantosysteemin aikaansaamat välittömät ja välilliset palkkatulot alueen asukkaille****	9,44	4,68	5,46	--

\* Laitila ym. (2008), Virtanen ym. (2003), Ylitalo (2011).

\*\* Enon energiaosuuskunta (2010), Fortum Oyj (2010), Partanen (2011), Fortum Oyj (2011), Pelli (2010), Vapo Oyj (2010), Ruohomäki & Juvonen (2011).

\*\*\* Enon energiaosuuskunta (2010), Fortum Oyj (2010), Partanen (2011), Fortum Oyj (2011), Pelli (2010), Vapo Oyj (2010), Ruohomäki & Juvonen (2011), Alakangas (2000), Laitila (2011), Tilastokeskus (2011).

\*\*\*\* Enon energiaosuuskunta (2010), Fortum Oyj (2010), Partanen (2011), Fortum Oyj (2011), Pelli (2010), Vapo Oyj (2010), Ruohomäki & Juvonen (2011), Asikainen ym. (2011).

## Sosiaaliin ja kulttuuriin indikaattoreihin liittyvän vaikutusarviointitiedon keruu

Sosiaalinen ja kulttuurinen kestävyys ovat BioSus-laskentakehikossa toisistaan erilisiä dimensiota, jotka laadullisten indikaattorien suuren määrän vuoksi eroavat ekologisesta ja taloudellisesta ulottuvuudesta. Tämän takia sosiaalisen ja kulttuurisen kestävyysvaikutusarviointitiedon keruu yhdistettiin kahteen samanaikaiseen aineistonkeruukokonaisuuteen, joista ensimmäinen perustui yrityshaastatteluihin ja toinen postikyselyihin. Paikallisen lämpölaitoksen, CHP-laitoksen ja pellettitehtaan edustajien yrityshaastattelut (liite 14) tehtiin touko-kesäkuussa 2011. Kutakin tuotantolaitosta edusti yksi vastaaja. Biojalostamoa koskevaa tietoa ei sen sijaan ollut mahdollista hankkia kokeilulaitoksen salassapitoon liittyvien seikkojen takia.

Postikyselyt toteutettiin elokuussa 2011 Enon, Ilomantsin, Joensuun ja Varkauden alueen asukkaille. Kullakin alueella toimii vähintään yksi tarkastelukohteina olevista metsäenergian tuotantoketjuista. Kyselylomakkeiden (liite 15) vastaanottajatiedot poimittiin Väestörekisterikeskuksen tietopalvelusta yksinkertaisella satunnaisotannalla ja poiminnat kohdistettiin postinumeroiden perusteella neljällä kohdealueella asuviin 18–70 -vuotiaisiin henkilöihin. Kultakin alueelta poimittiin 250 henkilön tiedot, jolloin otannan kokonaismääräksi muodostui yhteensä 1000 henkilöä.

Asukaskyselyt oli alun perin tarkoitus toteuttaa Enon, Ilomantsin, Joensuun ja Varkauden alueella henkilökohtaisin haastatteluin "katugallupina". Haastattelut oli tarkoitus aloittaa 6. kesäkuuta Enossa ja jatkaa siitä edelleen peräkkäisinä päivinä Ilomantsiin, Joensuun ja Varkauden alueille. Enossa 6. kesäkuuta aloitetulla haastattelukierroksella jokainen tiedonkeruuseen kadulla pyydetystä paikallisesta asukkaasta kuitenkin kieltäytyi vastaamasta kyselyyn. Haastatteluun pyydettyjä ja siitä kieltäytyneitä paikallisia asukkaita oli kaikkiaan 15. Haastattelusta kieltäytyneiden syyt liittyivät heidän mukaansa siihen, etteivät he itse omistaneet metsää tai siihen, ettei heillä ollut kiinnostusta pohtia metsiin tai metsäenergiantuotantoon liittyviä asioita. Lisäksi erityisesti naiset pitivät metsäasioita heille yleisesti vieraina, miesten osaamis- ja vastuualueeseen kuuluvina asioina.

Paikallisten kielteisten asenteiden seurauksena hankkeessa todettiin kadulla tehtävien henkilökohtaisten haastattelujen ja niihin pohjautuvan aineistonkeruun toteuttaminen mahdottomaksi; alun perin tavoitteena oli ollut saada haastateltua yhteensä noin 60 henkilöä eli 15 henkilöä jokaisella alueella. Seuraavana aineistonkeruuvaihtoehtona hankkeessa päädyttiin toteuttamaan riittävän vastausmäärän saamiseksi laajamittainen, otoskooltaan riittävän suuri postikysely. Henkilökohtaisten haastatteluiden tilalla toteutettuun postikyselyyn vastasi yhteensä 54 henkilöä, joten sen avulla saatiin kerättyä hankkeen tulosten kannalta olennainen sosiaalisen ja kulttuurisen kestävyuden vaikutusarviointitieto. Henkilökohtaisiin haastatteluihin liittyneen vastahakoisuuden perusteella alhaiseen vastausaktiivisuuteen (vastausprosentti 5,4) osattiin etukäteen varautua. Tämän takia lukumääräisesti riittävän suurta otoskokoja pidettiin olennaisena postikyselyn otannan suunnittelussa, jotta alhaisellakin vastausaktiivisuudella saataisiin riittävästi vastaajakohtaista sosiaalista ja kulttuurista kestävyyttä kuvaavaa vaikutusarviointitietoa.

Sosiaalista ja kulttuurista kestävyyttä koskevaa vaikutusarviointitietoa kerättiin molempien dimensioiden osalta indikaattoreista, joita niiden määrittelyyn osallistuneet asiantuntijat olivat pitäneet BioSus-hankkeen kestävyysarviointien näkökulmasta tärkeimpinä ja joista lisäksi oli mahdollista saada suoraan tai epäsuoraan kvantitatiivista vaikutusarviointitietoa. Vaikutusarviointitiedon hankkimiseen liittyvien haasteiden vuoksi joitain suurimpia prioriteetti-arvoja saaneita indikaattoreita jouduttiin siten jättämään pois laskelmista. Kuusi tärkeintä sosiaalisen ja seitsemän kulttuurisen kestävyuden indikaattoria, niiden vaikutusarvioinnin tietolähteet kyselylomakkeissa sekä vaikutusarviointitiedon laskentatavat on esitetty taulukoissa 13 ja 14.

Taulukko 13. Sosiaalisen vaikutusarviointitiedon lähteet ja laskenta.

Sosiaalinen indikaattori	Tietolähde	Vaikutusarviointitieto	Tiedon laskenta
Metsäenergian tuotantosysteemin yhteisöllinen merkitys: sitoutuneisuus paikkakunnalle ja vaikutus tulevaisuuden visioiden mahdollistumiseen	Postikysely	Vastaajat vertailivat neljään metsäenergiantuotantotyyppiin liittyviä mielikuviaan antamalla kunkin hyväksyttävyydelle pisteet 0–100. (Kysymys: Sosiaalinen kestävyys 1.b)	Tiedot suoraan lomakkeesta
Metsäenergian tuotantosysteemiin liittyvien pk-yritysten työllistävyys ja lukumäärä	Yrityshaastattelut	Haastateltavat arvioivat pk-sektoriin kuuluvien yhteistyökumppaniensa kokonaismäärän sekä lyhyt- että pitkäaikaisissa toimitussopimuksissa. (Kysymys: Sosiaalinen kestävyys 5.4)	Tiedot suoraan lomakkeesta
Metsäenergian tuotantosysteemin alueen muulle metsäsektorille sekä muille elinkeinoille aikaansaamat hyödyt	Yrityshaastattelut	Haastateltavat arvioivat pk-sektoriin kuuluvien yritysten merkitystä omassa liiketoiminnassaan toiminnoittain. (Kysymys: Sosiaalinen kestävyys 5.3 a–e).	Eniten "Kyllä"-vastauksia antanut metsäenergian tuotantosysteemi sai 100 pistettä, muut systeemit saivat pisteet "Kyllä"-vastauksien määrän perusteella suhteutettuna (%) eniten "Kyllä"-vastauksia antaneeseen systeemiin.
Metsäenergian tuotantosysteemiin liittyvä verkostoituneisuus	Postikysely	Vastaajat vertailivat neljään metsäenergiantuotantotyyppiin liittyviä mielikuviaan antamalla kunkin paikallisen yhteisön verkostoitumista tukevalle toiminnalle pisteet 0–100. (Kysymys: Sosiaalinen kestävyys 2.b)	Tiedot suoraan lomakkeesta
Metsäenergian tuotantosysteemiin suotuisasti vaikuttavien institutionaalisten rakenteiden olemassaolo	Yrityshaastattelut	Haastateltavat arvioivat erilaisten institutionaalisten tekijöiden positiivista vaikutusta omaan toimintaansa erityisesti Itä-Suomessa (Kysymys: 4.3)	Eniten "Kyllä"-vastauksia antanut metsäenergian tuotantosysteemi sai 100 pistettä, muut systeemit saivat pisteet "Kyllä"-vastauksien määrän perusteella suhteutettuna (%) eniten "Kyllä"-vastauksia antaneeseen systeemiin.
Metsäbioenergian tuotantosysteemien vakaus ja joustavuus	Yrityshaastattelut	Haastateltavat ilmoittivat raaka-aineositteittain mahdollisuudet muuttaa nykyisiä raaka-aineenkäyttösuhteita ilman tuotantoteknologiaan tehtäviä muutoksia, mahdollisuudet sopeuttaa tuotantoa joustavasti käyttösuhteita, kapasiteettia tai lopputuotteita sekä arvioivat toimintaansa liittyviä lyhyen ja pitkän aikavälin uhkia sekä mahdollisuuksia (Kysymykset: 3.4, 3.6, 4.1 a–n, 4.2 a–n).	Kysymyksissä 3.4, 3.6 ja 4.2 a–n eniten "Kyllä"-vastauksia antanut metsäenergian tuotantosysteemi sai 100 pistettä, muut systeemit saivat pisteet "Kyllä"-vastauksien määrän perusteella suhteutettuna (%) eniten "Kyllä"-vastauksia antaneeseen systeemiin. Kysymyksessä 4.1 a–n vähiten "Kyllä"-vastauksia antanut metsäenergian tuotantosysteemi sai 100 pistettä, muut systeemit saivat pisteet "Kyllä"-vastauksien määrän perusteella suhteutettuna (%) vähiten "Kyllä"-vastauksia antaneeseen systeemiin. Vaikutusarviointitieto on neljän kysymyksen lopullisten pisteiden aritmeettinen keskiarvo.



Taulukko 14. Kulttuurisen vaikutusarviointitiedon lähteet ja laskenta.

Indikaattori	Tietolähde	Vaikutusarviointitieto	Tiedon laskenta
Raaka-aineen paikallisuus	Yrityshaastattelut	Haastateltavat ilmoittivat raaka-aineenkäyttönsä (MWh) raaka-aineositteittain, raaka-aineen hankinnan keskimääräiset hankintamatkat raaka-aineositteittain ja ulkomaisen raaka-aineenkäytön suhteellisen osuuden raaka-aineenkokonaiskäytöstä raaka-aineositteittain (Kysymykset 3.1, 3.2 ja 3.3).	Raaka-aineen paikallisuus on raaka-aineenkäytön suhteellisilla osuuksilla painotettu keskiarvo maks. 100 km:n päästä tuotavista kotimaisista raaka-aineositteista.
Raaka-aineen käytön aiheuttamat haitalliset maisemavaikutukset	Postikysely	Vastaajat vertailivat neljään metsäenergiaantuotantotyyppiin liittyviä mielikuviaan antamalla 0–100 pistettä sen mukaan, kuinka haitallisiksi he kokivat eri metsäenergiaantuotantotyyppien maisemavaikutukset. (Kysymys: Kulttuurinen kestävyys 3.b).	Tiedot suoraan lomakkeesta
Käyttäjien mielikuvat metsäenergian loppukäytöstä	Postikysely	Vastaajat vertailivat neljään metsäenergiaantuotantotyyppiin liittyviä positiivisia mielikuviaan niiden lopputuotteista antamalla systeemeille 0–100 pistettä niiden hyvyyden perusteella (Kysymys: Kulttuurinen kestävyys 2.b)	Tiedot suoraan lomakkeesta
Tuotantosysteemin hyväksyttävyyttä	Postikysely	Vastaajat vertailivat neljän metsäenergiaantuotantotyyppiin hyväksyttävyyttä antamalla niille 0–100 pistettä niiden hyväksyttävyyden mukaan. (Kysymys: Kulttuurinen kestävyys 1.b)	Tiedot suoraan lomakkeesta
Sidosryhmien osallistaminen päätöksentekoon	Postikysely	Vastaajat vertailivat neljän metsäenergiaantuotantotyyppiin hyväksyttävyyttä antamalla niille 0–100 pistettä sen mukaan, kuinka hyvin eri systeemit ovat osallistaneet paikallisia asukkaita päätöksentekoonsa (Kysymys: Kulttuurinen kestävyys 6.b).	Tiedot suoraan lomakkeesta
Haitallisten vaikutusten ajallinen kesto	Postikysely	Vastaajat vertailivat neljää metsäenergiaantuotantotyyppiä antamalla niille 0–100 pistettä sen mukaan, kuinka suuriksi he kokivat niiden toiminnasta aiheutuvien haittojen ajallisen merkityksen (Kysymys: Kulttuurinen kestävyys 5.b).	Tiedot suoraan lomakkeesta
Tuotantotoim. haitall. maisemavaik. erit. asutuksen lähellä	Postikysely	Vastaajat vertailivat neljää metsäenergiaantuotantotyyppiä antamalla niille 0–100 pistettä sen mukaan, kuinka epämieluisiksi he kokivat niiden toiminnasta aiheutuvat vaikutukset erityisesti asutuksen lähellä (Kysymys: Kulttuurinen kestävyys 4.b).	Tiedot suoraan lomakkeesta

# Metsäenergian tuotantoketjujen kokonaiskestävyyden tarkastelu

Kokonaiskestävyyttä tarkasteltiin eri tuotantoketjujen välillä sidosryhmäkyselyn tulosten (taulukko 7) ja kuvitteellisten skenaarioiden (taulukko 15) perusteella. Tuotantoketjun kokonaiskestävyys-laskelmiin mukaan ottaminen edellytti, että siitä oli saatavissa jokaiseen kestävyys-dimensioon liittyvää vaikutusarviointi-tietoa. Biojalostamo on kattavan vaikutusarviointitiedon puuttumisen takia siten jätetty tässä raportissa esitettyjen kokonaiskestävyydlaskelmien ulkopuolelle niiltä osin kun ne koskevat kaikkia neljää kestävyden ulottuvuutta.

Sidosryhmäkyselyssä saatuja kestävyden eri ulottuvuuksien tärkeyttä itäsuomalaisessa metsäenergiatuotannossa kuvaavia keskiarvoja käytettiin tuotantoketjujen välisen kokonaiskestävyyden vertailuissa. Sidosryhmäkyselyn pienen otoskoon (n = 10) ja vastaajamäärän (8 henkilöä) takia kyselyn tulokset ovat suuntaa-antavia. Lisäksi pienen otoskoon takia laskentakehikon tulosten laskennassa on käytetty ainoastaan kyselyn vastausten keskiarvoa. Sidosryhmäkyselyn tulosten suppeuden takia laskelmia on täydennetty kuvitteellisilla skenaarioilla, joiden avulla on tarkasteltu eri kestävyden ulottuvuuksien painokertoimien muutosten vaikutusta laskentakehikon avulla saataviin tuloksiin.

Taulukko 15. Kestävyden ulottuvuuksien painokertoimet tuotantoketjujen välistä kokonaiskestävyyttä kuvaavissa kuvitteellisissa skenaarioissa.

Kestävyden ulottuvuus	Skenaario				
	Kaikki tärkeitä	Ekologinen	Taloudellinen	Sosiaalinen	Kulttuurinen
Ekologinen	0,25	0,70	0,10	0,10	0,10
Taloudellinen	0,25	0,10	0,70	0,10	0,10
Sosiaalinen	0,25	0,10	0,10	0,70	0,10
Kulttuurinen	0,25	0,10	0,10	0,10	0,70

Sidosryhmäkyselyn tuloksiin pohjautuvissa vertailuissa lämpölaitos oli kokonaiskestävyydeltään paras vähäisellä erolla pellettilaitokseen. Pellettilaitos sai ekologisessa kestävydessä parhaan tuloksen, vaikka taloudelliselta ja sosiaaliselta kestävydeltään lämpölaitos ja CHP-laitos olivat pellettilaitosta parempia.

Kuvitteellisiin skenaarioihin pohjautuvissa laskelmissa tuotantoketjujen paremmuusjärjestys kestävydessä muuttui joiltakin osin. Kolme tuotantoketjua sisältävässä, kaikki kestävyden ulottuvuudet (ekologinen, taloudellinen, sosiaalinen, kulttuurinen) yhtä tärkeiksi kuvaavassa skenaariossa parhaimman tuloksen sai lämpölaitos (taulukko 16). Taloudelliselta kestävydeltään tässä skenaariossa paras oli CHP-laitos ja ekologiselta kestävydeltään pellettilaitos.

Ekologisen kestävyden tärkeyttä kuvaavassa skenaariossa pellettitehdas oli kokonaiskestävyydeltään paras ja lämpölaitos toiseksi paras. Taloudellisen dimension merkitystä korostavassa skenaariossa kokonaiskestävyydeltään paras oli CHP-laitos lämpölaitoksen sijoittuessa jälleen toiseksi. Sosiaalista dimensiota painottavassa ske-

naario-laskelmassa CHP-laitos oli kokonaiskestävyydeltään selvästi paras. Kulttuurista kestävyttä korostavassa skenaariossa pellettilaitos oli kokonaiskestävyydeltään paras hyvin pienellä erolla CHP-laitokseen.

Taulukko 16. Kolmen tuotantoketjun kokonaiskestävyys ja sen koostuminen dimensiokohtaisista tuloksista. Tuotantoketjujen kestävyysindeksien summa on yksi.

Tuotantoketju	Ekologinen	Taloudellinen	Sosiaalinen	Kulttuurinen	Kestävyysindeksi
Sidosryhmähaastattelut					
Lämpö	0,117	0,104	0,074	0,050	0,345
CHP	0,043	0,114	0,097	0,063	0,316
Pelletti	0,135	0,087	0,054	0,062	0,338
Biodiesel	-	-	-	-	-
Skenaario: kaikki kestävyden dimensiot tärkeitä					
Lämpö	0,099	0,085	0,082	0,072	0,338
CHP	0,037	0,093	0,107	0,089	0,327
Pelletti	0,114	0,071	0,060	0,089	0,335
Biodiesel	-	-	-	-	-
Skenaario: ekologinen dimensio tärkeä					
Lämpö	0,277	0,034	0,033	0,029	0,373
CHP	0,103	0,037	0,043	0,036	0,219
Pelletti	0,320	0,029	0,024	0,036	0,408
Biodiesel	-	-	-	-	-
Skenaario: taloudellinen dimensio tärkeä					
Lämpö	0,040	0,239	0,033	0,029	0,340
CHP	0,015	0,262	0,043	0,036	0,355
Pelletti	0,046	0,200	0,024	0,036	0,305
Biodiesel	-	-	-	-	-
Skenaario: sosiaalinen dimensio tärkeä					
Lämpö	0,040	0,034	0,231	0,029	0,333
CHP	0,015	0,037	0,300	0,036	0,388
Pelletti	0,046	0,029	0,169	0,036	0,279
Biodiesel	-	-	-	-	-
Skenaario: kulttuurinen dimensio tärkeä					
Lämpö	0,040	0,034	0,033	0,201	0,308
CHP	0,015	0,037	0,043	0,250	0,345
Pelletti	0,046	0,029	0,024	0,249	0,347
Biodiesel	-	-	-	-	-

Kaikkien neljän tuotantoketjun tuotannon kestävyttä tarkasteltiin ekologisen, sosiaalisen ja kulttuurisen dimension osalta sidosryhmähaastattelujen tulosten (taulukko 7) ja kuvitteellisten skenaarioiden (taulukko 15) perusteella. Biojalostamo koskevan taloudellisen vaikutusarviointitiedon puuttumisen takia taloudellinen dimensio jouduttiin jättämään pois kaikki neljä tuotantoketjua sisältävistä kestävyyslaskelmista. Tuotantoketjujen välisessä vertailussa sosiaalista kestävyttä kuvaamaan käytettiin vain kahta indikaattoria; "Metsäenergian tuotantosysteemin yhteisöllinen merkitys" ja "Metsäenergian tuotantosysteemiin liittyvä verkostoituneisuus", koska biojalostamon osalta oli saatavissa vain näihin sosiaalisiin indikaattoreihin liittyvää, postikyselyiden tuloksiin perustuvaa vaikutusarviointitietoa. Muiden kestävyden

dimensioiden osalta laskentakehikossa käytetyissä indikaattoreissa ei tapahtunut muutoksia.

Neljän tuotantoketjun ekologista, sosiaalista ja kulttuurista kestävyttä koskevissa, sidosryhmäkyselyiden tuloksiin perustuvissa laskelmissa lämpölaitos oli kestävydeltään paras (taulukko 17). Lämpölaitos oli kestävydeltään paras myös skenaariolaskelmassa, joissa ekologisen, sosiaalisen ja kulttuurisen kestävyuden osa-alueet arvioitiin yhtä tärkeiksi. Tämän skenaario-laskelman tuloksissa sosiaalisen kestävyuden toteutuminen nousi eniten esille lämpölaitoksessa ja kulttuurisen kestävyuden toteutuminen CHP-laitoksessa.

Ekologisen kestävyuden tärkeyttä painottavassa skenaariossa neljän tuotantoketjun paremmuusjärjestys muuttui biojalostamon noustessa parhaaksi. Ero kestävydeltään toiseksi parhaaseen eli lämpölaitokseen oli kuitenkin vähäinen. Sosiaalisen dimension merkitystä korostavassa skenaariossa lämpölaitos oli kestävydeltään selkeästi paras, mikä oli selkeä muutos verrattuna taulukon 16 kolmen tuotantoketjun vertailua kuvaaviin tuloksiin. Kulttuurista dimensiota painottavassa skenaariossa CHP-laitos oli kestävydeltään paras ja biojalostamo huonoin.

Taulukko 17. Neljän tuotantoketjun ekologinen, sosiaalinen ja kulttuurinen kestävyys sekä sen koostuminen dimensiokohtaisista tuloksista. Tuotantoketjujen kestävyysindeksien summa on yksi.

Tuotantoketju	Ekologinen	Taloudellinen	Sosiaalinen	Kulttuurinen	Kestävyysindeksi
Sidosryhmähaastattelut					
Lämpö	0,119	-	0,118	0,065	0,302
CHP	0,058	-	0,073	0,075	0,206
Pelletti	0,106	-	0,068	0,069	0,242
Biodiesel	0,142	-	0,065	0,043	0,250
Skenaario: kaikki kestävyysdimensiot tärkeitä					
Lämpö	0,094	-	0,121	0,087	0,301
CHP	0,045	-	0,075	0,099	0,219
Pelletti	0,083	-	0,070	0,091	0,244
Biodiesel	0,111	-	0,067	0,057	0,235
Skenaario: ekologinen dimensio tärkeä					
Lämpö	0,218	-	0,040	0,029	0,287
CHP	0,106	-	0,025	0,033	0,164
Pelletti	0,194	-	0,023	0,030	0,247
Biodiesel	0,260	-	0,022	0,019	0,301
Skenaario: taloudellinen dimensio tärkeä					
Lämpö	-	-	-	-	-
CHP	-	-	-	-	-
Pelletti	-	-	-	-	-
Biodiesel	-	-	-	-	-
Skenaario: sosiaalinen dimensio tärkeä					
Lämpö	0,031	-	0,283	0,029	0,343
CHP	0,015	-	0,176	0,033	0,224
Pelletti	0,028	-	0,163	0,030	0,221
Biodiesel	0,037	-	0,156	0,019	0,212
Skenaario: kulttuurinen dimensio tärkeä					
Lämpö	0,031	-	0,040	0,202	0,273
CHP	0,015	-	0,025	0,230	0,271
Pelletti	0,028	-	0,023	0,212	0,263
Biodiesel	0,037	-	0,022	0,133	0,193

## Tuotantoketjujen toiminnan kestävyys ja tulosten herkkyydet dimensioittain

### Ekologinen dimensio

Ekologisen dimension osalta tulosten herkkyyttä laskennassa käytettyjen oletusten ja lähtötietojen muutoksille tarkasteltiin täydentämällä laskentakehikkoon asiantuntijakyselyihin pohjautuvien indikaattorien lisäksi kolme hankkeen tutkijoiden määrittelemää ekologista, YVA-raportteihin perustuvaa indikaattoria (jäteveden määrä, polttoaineen kulutus ja energian kulutus) (taulukko 18). Tutkijat ovat antaneet esille nostamilleen YVA-indikaattoreille laskentakehikon herkkyyksanalyysiin korkeahkot painokertoimet, koska kyseisiin indikaattoreihin liittyviä arvoja seurataan yleisesti esimerkiksi ympäristöraporteissa. Nämä painokertoimet tutkijat johtivat asiantuntijahaastattelussa annetuista korkeimmista painokertoimista. Ekologisessa dimensiossa laskentakehikon herkkyyttä testattiin myös tarkastelemalla indikaattoreiden painokertoimien vaikutusta ketjujen toiminnan kestävyteen. Ekologisten rasitteiden erilainen allokointi metsätuoteteollisuuden sivutuotevirtoihin, metsähakkeeseen ja pelletin raaka-aineena käytettävään sahanpuruun vaikuttavat myös ekologisen kestävyden arviointiin: mikäli esimerkiksi sahatavara tai sellu kantaisivat koko ekologisen dimension rasitekuorman, voisivat esimerkiksi polttoaine- ja CO<sub>2</sub>-päästöt muuttua näitä raaka-aineita käyttävissä tuotantoketjuissa.

Taulukko 18. Painokertoimet ekologisen kestävyden dimension herkkyyksanalyysissä sisältäen kolme hankkeen tutkijoiden määrittelemää ekologista indikaattoria\*. Painokertoimet on skaalattu summautumaan yhteen. Muiden dimensioiden painokertoimet ovat samat kuin taulukossa 6.

Indikaattori	Painokerroin
Kasvihuonekaasut (CO <sub>2</sub> )	0,172
Kiintoainepäästöt vesistöön	0,149
Ravinnepäästöt vesistöön	0,146
Jätteet ja kierrätys (tuhka)	0,083
Veden kulutus	0,063
*Polttoaineen kulutus	0,132
*Jäteveden määrä	0,143
*Energiankulutus.	0,112

Lisättäessä kolme ekologista indikaattoria laskentakehikkoon ketjujen välisen kokonaiskestävyyden järjestys muuttui kolmen tuotantoketjun välisessä tarkastelussa: sidosryhmähaastattelussa saatuja painotuksia käyttäen lämpölaitos oli edelleen kokonaiskestävyydeltään paras mutta tässä tarkastelussa pellettilaitos nousi toiseksi (taulukko 19). Erot tuotantoketjujen välillä eivät kuitenkaan olleet suuria. Eri dimensioita painotettaessa tuotantoketjujen välinen kestävyysjärjestys muuttui, tosin hyvin pienellä kokonaiskestävyyden erolla. Kaikki kestävyden ulottuvuudet yhtä tärkeiksi kuvaavassa skenaariossa kestävydeltään paras oli CHP-laitos pienellä erolla muihin tuotantoketjuihin verrattuna. Ekologista dimensiota painotettaessa lämpölaitos nousi kestävydeltään parhaimmaksi. Taloudellista ja sosiaalista dimensiota painotettaessa tuotantoketjujen välinen kestävyys säilyi samana kuin taulukossa 16. Kulttuurista dimensiota painotettaessa CHP-laitos oli kestävydeltään paras.

Taulukko 19. Kestävyyden eri ulottuvuuksien kestävyys ja tuotantoketjujen kokonaiskestävyys eri skenaarioissa, kun laskentakehikkoon on lisätty kolme uutta ekologista indikaattoria (polttoaineen kulutus, jäteveden määrä, energian kulutus), joita asiantuntijat eivät maininneet. Tuotantoketjujen kestävyysindeksien summa on yksi.

Tuotantoketju	Ekologinen	Taloudellinen	Sosiaalinen	Kulttuurinen	Kestävyysindeksi
Sidosryhmähaastattelut					
Lämpö	0,115	0,104	0,074	0,050	0,344
CHP	0,068	0,114	0,097	0,063	0,341
Pelletti	0,112	0,087	0,054	0,062	0,315
Biodiesel	-	-	-	-	-
Skenaario: kaikki kestävyysdimensiot tärkeitä					
Lämpö	0,098	0,085	0,082	0,072	0,337
CHP	0,058	0,093	0,107	0,089	0,348
Pelletti	0,094	0,071	0,060	0,089	0,315
Biodiesel	-	-	-	-	-
Skenaario: ekologinen dimensio tärkeä					
Lämpö	0,274	0,034	0,033	0,029	0,369
CHP	0,162	0,037	0,043	0,036	0,278
Pelletti	0,264	0,029	0,024	0,036	0,353
Biodiesel	-	-	-	-	-
Skenaario: taloudellinen dimensio tärkeä					
Lämpö	0,039	0,239	0,033	0,029	0,340
CHP	0,023	0,262	0,043	0,036	0,363
Pelletti	0,038	0,200	0,024	0,036	0,297
Biodiesel	-	-	-	-	-
Skenaario: sosiaalinen dimensio tärkeä					
Lämpö	0,039	0,034	0,231	0,029	0,333
CHP	0,023	0,037	0,300	0,036	0,397
Pelletti	0,038	0,029	0,169	0,036	0,271
Biodiesel	-	-	-	-	-
Skenaario: kulttuurinen dimensio tärkeä					
Lämpö	0,039	0,034	0,033	0,201	0,307
CHP	0,023	0,037	0,043	0,250	0,353
Pelletti	0,038	0,029	0,024	0,249	0,339
Biodiesel	-	-	-	-	-

Tuotantoketjujen väliset paremmuusjärjestykset muuttuivat myös neljän tuotantoketjun välisiä muutoksia tarkasteltaessa, (taulukko 20), vaikka muutokset olivat pieniä. Kun ekologinen dimensio oli tärkeä, tuotantoketjujen väliset kokonaiskestävyyden erot tasoittuivat ja lämpölaitos oli kestävyydeltään paras. Sosiaalista dimensiota painotettaessa ketjujen järjestys säilyi samana taulukkoon 17 verrattuna. Kulttuurista dimensiota painottavan skenaarion osalta CHP-laitos oli kestävyydeltään paras kuitenkin hyvin pienellä erolla pellettilaitokseen verrattuna.

Taulukko 20. Tuotantoketjujen kokonaiskestävyys eri skenaarioissa, kun laskentakehikkoon on lisätty kolme uutta ekologista indikaattoria (polttoaineen kulutus, jäteveden määrä, energian kulutus), joita asiantuntijat eivät maininneet. Tuotantoketjujen kestävyysindeksien summa on yksi.

Tuotantoketju	Ekologinen	Taloudellinen	Sosiaalinen	Kulttuurinen	Kestävyysindeksi
Sidosryhmähaastattelut					
Lämpö	0,125	-	0,118	0,065	0,308
CHP	0,088	-	0,073	0,075	0,235
Pelletti	0,098	-	0,068	0,069	0,235
Biodiesel	0,113	-	0,065	0,043	0,222
Skenaario: kaikki kestävyysindikaattorit tärkeitä					
Lämpö	0,098	-	0,121	0,087	0,306
CHP	0,069	-	0,075	0,099	0,243
Pelletti	0,077	-	0,070	0,091	0,238
Biodiesel	0,089	-	0,067	0,057	0,213
Skenaario: ekologinen dimensio tärkeä					
Lämpö	0,229	-	0,040	0,029	0,298
CHP	0,161	-	0,025	0,033	0,219
Pelletti	0,180	-	0,023	0,030	0,234
Biodiesel	0,208	-	0,022	0,019	0,249
Skenaario: taloudellinen dimensio tärkeä					
Lämpö	-	-	-	-	-
CHP	-	-	-	-	-
Pelletti	-	-	-	-	-
Biodiesel	-	-	-	-	-
Skenaario: sosiaalinen dimensio tärkeä					
Lämpö	0,033	-	0,283	0,029	0,344
CHP	0,023	-	0,176	0,033	0,231
Pelletti	0,026	-	0,163	0,030	0,219
Biodiesel	0,030	-	0,156	0,019	0,205
Skenaario: kulttuurinen dimensio tärkeä					
Lämpö	0,033	-	0,040	0,202	0,275
CHP	0,023	-	0,025	0,230	0,278
Pelletti	0,026	-	0,023	0,212	0,261
Biodiesel	0,030	-	0,022	0,133	0,185

Tuotantoketjujen kokonaiskestävyyttä tarkasteltiin myös asettamalla metsäbiomassan poltolla hiilidioksidipäästöksi 0 (taulukko 21, taulukko 22). Sidosryhmähaastattelujen painotuksilla lämpölaitos oli edelleen kestävyydeltään paras pienellä kestävyysindeksillä pellettilaitokseen verrattuna (vertaa taulukko 16). Vain ekologista dimensiota painottavassa skenaariossa tuotantoketjujen välinen kestävyysperusteva paremmuus muuttui niin, että lämpölaitos oli kestävyydeltään selkeästi parhain ja pellettilaitos toiseksi parhain. CHP-laitos sai tässä skenaariossa pienimmän kestävyysindeksin.



Taulukko 21. Kestävyyden eri ulottuvuuksien kestävyys ja tuotantoketjujen kokonaiskestävyys eri skenaarioissa, kun metsäbiomassan poltolle on annettu hiilidioksidipäästöksi 0. Tuotantoketjujen kestävyysindeksien summa on yksi.

Tuotantoketju	Ekologinen	Taloudellinen	Sosiaalinen	Kulttuurinen	Kestävyysindeksi
Sidosryhmähaastattelut					
Lämpö	0,155	0,104	0,074	0,050	0,383
CHP	0,023	0,114	0,097	0,063	0,296
Pelletti	0,118	0,087	0,054	0,062	0,321
Biodiesel	-	-	-	-	-
Skenaario: kaikki kestävyysdimension tärkeitä					
Lämpö	0,131	0,085	0,082	0,072	0,371
CHP	0,019	0,093	0,107	0,089	0,309
Pelletti	0,100	0,071	0,060	0,089	0,320
Biodiesel	-	-	-	-	-
Skenaario: ekologinen dimensio tärkeä					
Lämpö	0,367	0,034	0,033	0,029	0,463
CHP	0,054	0,037	0,043	0,036	0,170
Pelletti	0,279	0,029	0,024	0,036	0,367
Biodiesel	-	-	-	-	-
Skenaario: taloudellinen dimensio tärkeä					
Lämpö	0,052	0,239	0,033	0,029	0,353
CHP	0,008	0,262	0,043	0,036	0,348
Pelletti	0,040	0,200	0,024	0,036	0,299
Biodiesel	-	-	-	-	-
Skenaario: sosiaalinen dimensio tärkeä					
Lämpö	0,052	0,034	0,231	0,029	0,346
CHP	0,008	0,037	0,300	0,036	0,381
Pelletti	0,040	0,029	0,169	0,036	0,273
Biodiesel	-	-	-	-	-
Skenaario: kulttuurinen dimensio tärkeä					
Lämpö	0,052	0,034	0,033	0,201	0,321
CHP	0,008	0,037	0,043	0,250	0,338
Pelletti	0,040	0,029	0,024	0,249	0,341
Biodiesel	-	-	-	-	-

Vertailtaessa kaikkia tuotantoketjuja kolmen kestävyysdimension (ekologinen, sosiaalinen, kulttuurinen) osalta metsäbiomassan polton hiilidioksidipäästöjen ollessa 0, tuotantoketjujen välinen kestävyys muuttui vain ekologista dimensiota painotettaessa (vertaa taulukko 17). Lämpölaitos sai selkeästi parhaimman kestävyysindeksin muihin ketjuihin verrattuna.

Taulukko 22. Kestävyyden eri ulottuvuuksien kestävyys ja tuotantoketjujen kokonaiskestävyys eri skenaarioissa, kun metsäbiomassan poltolle on annettu hiilidioksidipäästöksi 0. Tuotantoketjujen kestävyysindeksien summa on yksi.

Tuotantoketju	Ekologinen	Taloudellinen	Sosiaalinen	Kulttuurinen	Kestävyysindeksi
Sidosryhmähaastattelut					
Lämpö	0,172	-	0,118	0,065	0,355
CHP	0,037	-	0,073	0,075	0,185
Pelletti	0,089	-	0,068	0,069	0,226
Biodiesel	0,126	-	0,065	0,043	0,234
Skenaario: kaikki kestävyysdimensiot tärkeitä					
Lämpö	0,135	-	0,121	0,087	0,343
CHP	0,029	-	0,075	0,099	0,203
Pelletti	0,070	-	0,070	0,091	0,231
Biodiesel	0,099	-	0,067	0,057	0,223
Skenaario: ekologinen dimensio tärkeä					
Lämpö	0,316	-	0,040	0,029	0,385
CHP	0,068	-	0,025	0,033	0,126
Pelletti	0,163	-	0,023	0,030	0,216
Biodiesel	0,231	-	0,022	0,019	0,273
Skenaario: taloudellinen dimensio tärkeä					
Lämpö	-	-	-	-	-
CHP	-	-	-	-	-
Pelletti	-	-	-	-	-
Biodiesel	-	-	-	-	-
Skenaario: sosiaalinen dimensio tärkeä					
Lämpö	0,045	-	0,283	0,029	0,356
CHP	0,010	-	0,176	0,033	0,218
Pelletti	0,023	-	0,163	0,030	0,217
Biodiesel	0,033	-	0,156	0,019	0,208
Skenaario: kulttuurinen dimensio tärkeä					
Lämpö	0,045	-	0,040	0,202	0,287
CHP	0,010	-	0,025	0,230	0,265
Pelletti	0,023	-	0,023	0,212	0,259
Biodiesel	0,033	-	0,022	0,133	0,188

Lisäksi painokertoimien herkkyyttä testattiin ns. tilastolliseen t-jakaumaan perustuvan 95 % luottamusvälin avulla (taulukko 23). Luottamusväleihin perustuviin vaihteluväleihin liittyen laskettiin tuotantoketjujen kestävyys eri skenaarioissa (taulukko 24) sekä painokertoimien raja-arvot sille (taulukko 25), milloin kukin tuotantoketju on ekologiselta kestävyydeltään paras.

Taulukko 23. Ekologisten indikaattoreiden keskiarvo ja t-jakauman 95 % luottamusvälin ala- ja ylärajat.

	Kasvihuonekaasut (CO <sub>2</sub> )	Kiintoainepäästöt vesistöön	Ravinnepäästöt vesistöön	Jätteet ja kierrätys (tuhka)	Veden kulutus
Keskiarvo	0,060	0,052	0,051	0,029	0,022
95 % lv:n alaraja	0,049	0,030	0,029	0,007	0,003
95 % lv:n yläaraja	0,072	0,074	0,073	0,050	0,041

Neljän tuotantoketjun välisessä ekologisten indikaattorien painokertoimien herkkyystarkastelussa pellettilaitos ja biojalostamo olivat toiminnaltaan kestävimpiä (taulukko 24). Pellettilaitos oli paras kaikissa tarkastelumalleissa paitsi, kun tarkasteltiin jätteitä ja kierrätystä (eli tuhkan määrää) maksimiarvona, kasvihuonekaasuja minimiarvona, vedenkulutusta minimiarvona tai antamalla kaikille indikaattoreille samat painot: tällöin biojalostamo oli paras ekologiselta kestävyydeltään. Kolmen tuotantoketjun välisessä ekologisten indikaattorien painokertoimien herkkyystarkastelussa pellettilaitos sai parhaimman kestävyuden, kun tarkasteltiin kiintoainepäästöjä vesistöön maksimiarvona, ravinnepäästöjä vesistöön maksimiarvona, vedenkulutusta maksimiarvona tai kasvihuonepäästöjä maksimiarvona. Muissa tarkastelumalleissa pellettilaitos oli paras.

Taulukko 24. Ekologisen dimension herkkyystarkastelu kunkin ekologisen indikaattorin painokerroimen luottamusvälin ala- ja ylärajojen suhteen. Taulukon tyhjät kohdat merkitsevät, ettei kyseistä arvoa ole voitu laskea. Biodieselin osalta taloudellista tietoa ei ollut saatavilla, eikä YVA-indikaattoreiden painokertoimille ollut saatavissa vaihteluväliä asiantuntija haastatteluista.

Tarkastelumalli	Lämpö	CHP	Pelletti	Biodiesel
<b>Neljän tuotantoketjun vertailu</b>				
Kiintoainepäästöt vesistöön maksimi, muut minimi	0,306	0,138	0,267	0,288
Ravinnepäästöt vesistöön maksimi, muut minimi	0,318	0,175	0,279	0,228
Veden kulutus maksimi, muut minimi	0,306	0,141	0,266	0,287
Vedenkulutus minimi, muut maksimi	0,267	0,135	0,240	0,359
Jätteet ja kierrätys (tuhka) maksimi, muut minimi	0,226	0,117	0,199	0,458
Kasvihuonekaasut (CO <sub>2</sub> ) maksimi, muut minimi	0,309	0,166	0,242	0,282
Kasvihuonekaasut (CO <sub>2</sub> ) minimi, muut maksimi	0,268	0,122	0,253	0,357
Kaikille indikaattoreille samat painot	0,258	0,116	0,240	0,385
<b>Kolmen tuotantoketjun vertailu</b>				
Kiintoainepäästöt vesistöön maksimi, muut minimi	0,431	0,159	0,410	--
Ravinnepäästöt vesistöön maksimi, muut minimi	0,431	0,159	0,410	--
Veden kulutus maksimi, muut minimi	0,431	0,161	0,409	--
Vedenkulutus minimi, muut maksimi	0,378	0,140	0,482	--
Jätteet ja kierrätys (tuhka) maksimi, muut minimi	0,330	0,136	0,534	--
Kasvihuonekaasut (CO <sub>2</sub> ) maksimi, muut minimi	0,431	0,194	0,376	--
Kasvihuonekaasut (CO <sub>2</sub> ) minimi, muut maksimi	0,380	0,125	0,495	--
Kaikille indikaattoreille samat painot	0,371	0,128	0,502	--
<b>Neljän tuotantoketjun vertailu – (jätevesi, energian kulutus ja polttoaineen kulutus mukana)</b>				
Kiintoainepäästöt vesistöön maksimi, muut minimi	0,311	0,220	0,238	0,230
Ravinnepäästöt vesistöön maksimi, muut minimi	0,317	0,240	0,245	0,198
Veden kulutus maksimi, muut minimi	0,311	0,223	0,237	0,229
Vedenkulutus minimi, muut maksimi	0,283	0,196	0,228	0,293
Jätteet ja kierrätys (tuhka) maksimi, muut minimi	0,267	0,209	0,201	0,323
Kasvihuonekaasut (CO <sub>2</sub> ) maksimi, muut minimi	0,313	0,241	0,223	0,223
Kasvihuonekaasut (CO <sub>2</sub> ) minimi, muut maksimi	0,283	0,185	0,237	0,295
Kaikille indikaattoreille samat painot	--	--	--	--
<b>Kolmen tuotantoketjun vertailu – (jätevesi, energian kulutus ja polttoaineen kulutus mukana)</b>				
Kiintoainepäästöt vesistöön maksimi, muut minimi	0,409	0,252	0,338	--
Ravinnepäästöt vesistöön maksimi, muut minimi	0,409	0,252	0,338	--
Veden kulutus maksimi, muut minimi	0,409	0,255	0,336	--
Vedenkulutus minimi, muut maksimi	0,379	0,215	0,406	--
Jätteet ja kierrätys (tuhka) maksimi, muut minimi	0,354	0,240	0,406	--
Kasvihuonekaasut (CO <sub>2</sub> ) maksimi, muut minimi	0,407	0,277	0,315	--
Kasvihuonekaasut (CO <sub>2</sub> ) minimi, muut maksimi	0,381	0,202	0,417	--
Kaikille indikaattoreille samat painot	--	--	--	--

Kun tarkastelussa oli kolme tuotantoketjua, ketjujen väliset erot olivat selkeämmät kuin neljän ketjun välisessä tarkastelussa, erityisesti jätteiden ja kierrätyksen sekä kasvihuonekaasupäästöjen osalta. Otettaessa mukaan laskentaan kolme tutkijoiden määrittelemää indikaattoria (polttoaineen kulutus, jäteveden määrä, energian kulutus) lämpölaitos oli kestävyydeltään paras kaikissa ketjuissa lukuun ottamatta jätteitä ja kierrätystä maksimiarvona, vedenkulutusta miniminä tai kasvihuonekaasuja minimiarvona: tällöin biojalostamo sai parhaimman kestävyuden sekä neljän tuotantoketjun että kolmen tuotantoketjun välisessä tarkastelussa.

Taulukko 25. Ekologisten indikaattoreiden painokertoimien herkkyyssanalyysin tulokset: painokertoimien vaihteluväli, jolla tuotantoketju saa parhaimman kestävyuden muihin tuotantoketjuihin suhteutettuna.

Tuotantoketju	Lämpö	CHP	Pelletti	Biodiesel
Neljän tuotantoketjun vertailu				
Kasvihuonekaasut (CO <sub>2</sub> )	--	--	--	0,049 - 0,072
Kiintoainepäästöt vesistöön	--	--	--	0,030 - 0,074
Ravinnepäästöt vesistöön	--	--	--	0,029 - 0,073
Jätteet ja kierrätys (tuhka)	0,007 - 0,016	--	--	0,017 - 0,050
Veden kulutus	--	--	--	0,003 - 0,041
Kolmen tuotantoketjun vertailu				
Kasvihuonekaasut (CO <sub>2</sub> )	--	--	0,049 - 0,072	Ei tietoa
Kiintoainepäästöt vesistöön	--	--	0,030 - 0,074	Ei tietoa
Ravinnepäästöt vesistöön	--	--	0,029 - 0,073	Ei tietoa
Jätteet ja kierrätys (tuhka)	0,007 - 0,013	--	0,014 - 0,050	Ei tietoa
Veden kulutus	--	--	0,003 - 0,041	Ei tietoa
Neljän tuotantoketjun vertailu – (jätevesi, energian kulutus ja polttoaineen kulutus mukana)				
Kasvihuonekaasut (CO <sub>2</sub> )	0,049 - 0,072	--	--	--
Kiintoainepäästöt vesistöön	0,030 - 0,074	--	--	--
Ravinnepäästöt vesistöön	0,029 - 0,073	--	--	--
Jätteet ja kierrätys (tuhka)	0,007 - 0,039	--	--	0,039 - 0,050
Veden kulutus	0,003 - 0,041	--	--	--
Kolmen tuotantoketjun vertailu – (jätevesi, energian kulutus ja polttoaineen kulutus mukana)				
Kasvihuonekaasut (CO <sub>2</sub> )	0,049 - 0,072	--	--	Ei tietoa
Kiintoainepäästöt vesistöön	0,030 - 0,074	--	--	Ei tietoa
Ravinnepäästöt vesistöön	0,029 - 0,073	--	--	Ei tietoa
Jätteet ja kierrätys (tuhka)	0,007 - 0,034	--	0,035 - 0,050	Ei tietoa
Veden kulutus	0,003 - 0,041	--	--	Ei tietoa

## Taloudellinen dimensio

Taloudellisten indikaattoreiden osalta tehtiin herkkyyssanalyysiä sekä valittujen indikaattoreiden painokertoimille että laskentapohjassa käytettäville indikaattoritiedoille. Indikaattoreiden painokertoimien osalta herkkyyssanalyysi toteutettiin laskemalla taloudellisten indikaattoreiden kyselyyn vastanneiden asiantuntijoiden vastauksista t-jakaumaan perustuva 95 %:n luottamusväli (taulukko 26).

Taulukko 26. Taloudellisten indikaattoreiden keskiarvo ja t-jakauman 95 % luottamusvälin ala- ja ylärajat.

	Arvonlisäys	Liikevoitto tai -tappio	Tuotanto-kustannukset	Myyntitulot	Palkkatulot
Keskiarvo	0,116	0,079	0,064	0,059	0,057
95 % lv:n alaraja	0,067	0,044	0,044	0,014	0,030
95 % lv:n yläaraja	0,165	0,113	0,085	0,103	0,084

Luottamusvälin ylä- ja alarajan arvoja käyttämällä testattiin kuinka taloudellinen kestävyys muuttuu tuotantoketjujen välillä muuttamalla indikaattoreiden painoarvoja. Koska mahdollisten kombinaatioiden määrä olisi noussut huomattavan suureksi, painokertoimet valittiin kullekin indikaattorille tarkoituksena löytää mahdollisimman ääreviä yhdistelmiä, joilla voitaisiin todentaa testaukselle asetettu oletamus; mikään tuotantoketjuista ei ole indikaattoreiden painokertoimien 95 %:n luottamusväli ja vaikutusarviointitiedot huomioon ottaen toisiin tuotantoketjuihin nähden dominoiva. Toisin sanoen, mikä tahansa tuotantoketju voi saada kerätyn vaikutusarviointitiedon puitteissa suurimman taloudellisen kestävyysarvon kun painokerroin valitaan sopivasti asiantuntijoiden vastauksista saatujen 95 % luottamusvälien sisältä.

Taulukko 27 esittää muutamia herkkyystarkastelussa käytettyjä painotusvaihtoehtoja. Painokertoimet ovat valitun luottamusvälin sisällä kaikkien indikaattoreiden osalta. Ennen laskentaa painokertoimet skaalataan siten että niiden yhteenlaskettu summa on yksi. Skaalaus ei muuta painokertoimien keskinäisiä suhteita. BioSus-laskentapohjalla saatiin taulukon mukaiset tulokset käyttämällä indikaattoreiden osalta vaikutusarviointitietojen oletusarvoja (taulukko 27). Tulokset osoittavat että mikä tahansa kolmesta ketjusta voi saada suurimman taloudellisen kestävyysarvon kun indikaattoreiden painotusta muutetaan.

Taulukko 27. Painokertoimien herkkyyksanalyysissä käytettyjä painotuksia ja niillä lasketut tuotantoketjujen kestävyystulokset.

Painokertoimet	Arvonlisäys	Liikevoitto tai -tappio	Tuotanto-kustannukset	Myyntitulot	Palkkatulot
Alkuperäinen painotus	0,116	0,079	0,064	0,059	0,057
Painotus 2	0,067	0,044	0,044	0,014	0,084
Painotus 3	0,165	0,044	0,044	0,103	0,030
Tasapaino	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Tulokset	Lämpö		CHP	Pelletti	
Alkuperäinen painotus	0,34		0,37	0,29	
Painotus 2	0,37		0,35	0,28	
Painotus 3	0,31		0,34	0,35	
Tasapaino	0,36		0,37	0,27	

Vaikutusarviointitiedon osalta herkkyyksanalyysissä testattiin metsähakkeen, turpeen ja puuseoksen (sahanpuru ja kuori) käyttösuhteiden sekä hinnan muutoksen vaikutusta taloudellisten indikaattoreiden arvoihin ja taloudelliseen kestävyysarvoon. Koska lämpölaitoksen pääraaka-aine on lähes pelkästään metsähake ja pellettituotannon raaka-aineena käytetään sahojen sivutuotteita, käyttösuhteiden muutos vaikuttaa ainoastaan CHP:n raaka-aineen käyttöön. CHP:n eri raaka-aineiden käyttömäärien vaikutus laskettiin taulukon 28 mukaisilla käyttösuhteilla. Tuloksista voidaan havaita että muutosten vaikutus taloudelliseen kestävyysarvoon on vähäinen indikaattoreiden oletuspainoarvoja käyttämällä, mikäli muut olosuhdetekijät (raaka-aineen hinta, sähkön- ja lämmöntuotannon määrä sekä energianmyynnin arvo) säilyvät ennallaan.

Taulukko 28. CHP:n raaka-aineiden käyttösuhteiden vaikutus tuotantoketjujen taloudelliseen kestävyteen indikaattoreiden oletuspainokertoimilla.

CHP -tuotannon raaka-aineiden Käyttösuhde, %	Metsähake	Turve	Kuori ja puru
Nykykäyttö	44	35	20
Käyttösuhde 2	80	20	-
Käyttösuhde 3	30	60	10
Tulokset	Lämpö	CHP	Pelletti
Nykykäyttö	0,34	0,37	0,29
Käyttösuhde 2	0,35	0,36	0,29
Käyttösuhde 3	0,34	0,37	0,29

Raaka-aineiden hinnanmuutoksen osalta tutkittiin metsähakkeen hinnannousun ja -laskun vaikutusta CHP-laitoksen ja lämpölaitoksen tuotantokustannuksiin muiden raaka-aineiden hinnan pysyessä ennallaan (taulukko 29). Laskennassa käytettiin neljää metsähakkeen hintatasoa nykyiseen hintaan nähden: +25 %, +50 %, -25 % ja -50 %. Metsähakkeen hinnan muutos laskettiin suoraan osaksi tuotantokustannuksia, joten se vaikutti indikaattoreista CHP:n ja lämpölaitoksen tuotantokustannuksiin sekä tuotannon arvonnäkökulmaan. Vaikutukset lämmön myyntihintaan tai tuotetun energian määrään jätettiin tarkastelun ulkopuolelle. Raaka-aineiden käyttösuhteet säilyivät CHP:n osalta nykykäytön mukaisina.

Hinnanmuutoksilla ei ollut suurta vaikutusta tuotantoketjujen väliseen paremmuuteen, ainoastaan korkeimmalla +50 % hinnannousulla pelletin tuotanto nousi yhtä hyväksi kokonaiskestävyydeltään kuin CHP-tuotanto. Matalampi raaka-aineen hinta luonnollisesti paransi lämpölaitoksen ja CHP:n kestävyttä pellettiin nähden, mutta ei vaikuttanut niiden järjestykseen taloudellista kokonaiskestävyyttä ajatellen.

Raaka-aineiden käyttömäärien ja hinnan yhteisvaikutusta taloudelliseen kestävyteen tarkasteltiin kahden eri skenaarion kautta verrattuna nykytilanteeseen. Ensimmäisessä vaihtoehdossa metsähakkeen hinta nousee 25 %, mutta saatavuus on hyvä ja sitä käytetään CHP-tuotannossa maksimaaliset 80 %, lopun 20 % ollessa turvetta. Toisessa vaihtoehdoisessa skenaariossa metsähake kallistuu 50 %, sillä sen saatavuus on heikentynyt ja sitä käytetään tuotantoon CHP-laitoksella 60 % osuudella, muut raaka-aineet CHP:n osalta ovat 30 % sekä kuori ja puru 10 %. Muiden tuotantoketjujen raaka-aineet säilyvät ennallaan eli lämpölaitos käyttää ainoastaan metsähaketta ja pellettilaitos sahanpurua.

Lämpölaitos sai parhaan kestävyden molemmissa vaihtoehdoissa. Raaka-aineiden hinnannousu paransi pellettituotannon kestävyttä suhteessa CHP- ja lämpölaitokseen, mutta lämpölaitos nousi silti parhaaksi vaihtoehdoksi molemmissa tarkasteluissa. Erot laitosten kestävyden välillä ovat kuitenkin melko pieniä (taulukko 30).

Taulukko 29. Metsähakkeen hinnanmuutoksen vaikutus tuotantoketjujen taloudelliseen kestävyteen indikaattoreiden oletuspainokertoimilla.

Metsähakkeen hintamuutos, %	Lämpö	CHP	Pelletti
Hinta ennallaan	0,34	0,37	0,29
Hinta +25 %	0,33	0,36	0,31
Hinta +50 %	0,32	0,34	0,34
Hinta -25 %	0,35	0,38	0,27
Hinta -50 %	0,36	0,39	0,25

Taulukko 30. Metsähakkeen hinnanmuutoksen ja CHP:n käyttösuhteiden vaikutus tuotantoketjujen taloudelliseen kestävyteen indikaattoreiden oletuspainokertoimilla.

Hinnan ja käyttömäärien muutokset, %	Lämpö	CHP	Pelletti
Hinta ja käyttösuhteet ennallaan	0,34	0,37	0,29
CHP: metsähake 80 % ja turve 20 %. Metsähakkeen hinta +25 %	0,36	0,32	0,32
CHP: metsähake 60 %, turve 30 % sekä Kuori ja puru 10 %. Metsähakkeen hinta +50 %	0,36	0,30	0,35

## Sosiaalinen dimensio

Sosiaalisen dimension herkkyyksanalyysissä testattiin sekä laskentakehikossa käytettyjen sosiaalisten indikaattorien painokertoimien että indikaattoreihin liittyvän vaikutusarviointitiedon vaihtelun vaikutusta laskentakehikon tuloksiin. Indikaattorien painokertoimien testauksessa käytettiin asiantuntijoiden määrittelemien sosiaalisten indikaattoreiden painokertoimien keskiarvojen 95 %:n luottamusvälien ala- ja ylärajoja, jotka laskettiin otoskoon pienuuden takia t-jakauman avulla (taulukko 31). Koska sosiaalista vaikutusarviointitietoa ei ollut kaikkien sosiaalisten indikaattorien osalta biojalostamosta, jätettiin se myös painokertoimien herkkyyksanalyysissä sosiaalisen dimension herkkyyksanalyysien ulkopuolelle.

Arvioitaessa indikaattorien suhteellisten painojen muutosten vaikutusta tuotantoketjujen sosiaalista kestävyttä kuvaaviin tuloksiin laskentakehikossa muutettiin ensin yhden indikaattorin painokerrointa kerrallaan syöttämällä sille joko luottamusvälin ala- tai yläraja. Kaikkien indikaattoreiden painot skaalautuivat laskentakehikossa automaattisesti uudestaan summautuen yhteen. Tämän lisäksi testattiin muutamaa erilaista painokertoimien yhdistelmää, joissa testattavat painokertoimet valittiin tärkeänä pidettäville indikaattoreille luottamusvälin ylärajalta ja vähemmän tärkeille taas pääasiassa alarajalta. Ensimmäisessä yhdistelmässä oletettiin asiantuntijoiden pitävän työllistävyyttä sekä alueen muulle metsäsektorille ja elinkeinoille aikaansaamia hyötyjä muita tärkeämpinä. Toisessa painotettavien joukkoon otettiin mukaan myös systeemien joustavuus ja vakaus. Kolmannessa yhdistelmässä asiantuntijoiden oletettiin painottavan yhteisöllisyyttä ja verkostoituneisuutta, joiden vaikutusarviointitieto oli kerätty postikyselyillä Enon, Joensuun, Ilomantsin ja Varkauden alueelta.

Alkuperäisten painokertoimien mukaan energiantuotanto CHP-laitoksessa on sosiaalisesti kestäväintä (42,93 %), paikallisen lämmöntuotannon toiseksi kestäväintä (32,94 %) ja pelletin valmistus kolmanneksi kestäväintä (24,13 %). Sosiaalisten indikaattoreiden painokertoimiin liittyvät herkkyyksanalyysin tulokset osoittavat, ettei indikaattorien painokertoimien keskiarvon 95 %:n luottamusvälin sisällä muutettujen arvojen käyttö laskentakehikossa muuta sosiaalisen kestävyysdimension sisäisiä tuloksia (taulukko 32). Muutoksia tuotantoketjujen järjestykseen ei tule äärevämmissäkään vaihtoehdoissa, vaan tulokset pysyttelevät hyvin lähellä alkuperäisiä, mikäli kuitenkin pysytään luottamusvälien sisällä. Erot sosiaalisessa kestävydessä eri tuotantosysteemien välillä ovat niin suuret, että tuotantosysteemien sosiaalisen

Taulukko 31. Laskentakehikon kestävyys-arvioinneissa käytettyjen sosiaalisten indikaattoreiden alkuperäiset painokertoimet ja painokertoimien keskiarvon 95 %:n luottamusvälin ala- ja ylärajat.

	Yhteisöllinen merkitys <sup>1</sup>	Työllistävyys (ja lkm) <sup>2</sup>	Aikaansaavat hyödyt <sup>3</sup>	Verkostoituneisuus <sup>4</sup>	Institutionaaliset rakenteet <sup>5</sup>	Systeemien joustavuus ja vakaus <sup>6</sup>
Keskiarvo	0,0868	0,0747	0,0703	0,0640	0,0634	0,0632
95 % lv:n alaraja	0,0715	0,0640	0,0550	0,0566	0,0430	0,0526
95 % lv:n yläraja	0,1026	0,0857	0,0861	0,0716	0,0838	0,0741



kestävyyden järjestyksen muuttuminen edellyttäisi hyvin suurta muutosta indikaattorien painokertoimissa, mikäli vaikutusarviointitieto pysyisi samana. Paikallinen lämmöntuotanto näyttäisi sosiaalisen kestävyyden osalta hieman hyötyvän yhteisöllisen merkityksen ja verkostoituneisuuden suuremmasta painottamisesta. Toisaalta CHP-laitoksen sosiaalinen kestävyys paranee jonkin verran sitä mukaa, mitä tärkeämpänä pidetään tuotantosysteemiin liittyvien pk-yritysten työllistävyyttä.

Taulukko 32. Tuotantoketjujen sosiaalinen kestävyys laskettuna indikaattorien alkuperäisillä painoarvoilla sekä t-jakauman vaihteluvälin perusteella määritellyillä minimi- ja maksimiarvoilla (Paikallinen lämmöntuotanto = 1, CHP-laitos = 2, Pellettien valmistus = 3).

Tuotantoketju	Yhteisöllinen merkitys <sup>1</sup>			Työllistävyys (ja lkm) <sup>2</sup>			Aikaansaavat hyödyt <sup>3</sup>		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
95 % lv:n alaraja	32,49	<b>43,47</b>	24,04	33,53	<b>41,80</b>	24,67	33,43	<b>43,03</b>	23,53
95 % lv:n yläraja	33,37 4243,47 24,04	<b>42,41</b>	24,22	32,37	<b>44,02</b>	23,61	32,48	<b>42,82</b>	24,70
Verkostoituneisuus <sup>4</sup>			Institutionaaliset rakenteet <sup>5</sup>			Systeemien joustavuus ja vakaus <sup>6</sup>			
Tuotantoketju	1	2	3	1	2	3	1	2	3
95 % lv:n alaraja	32,71	<b>43,19</b>	24,10	32,08	<b>43,58</b>	24,34	33,10	<b>42,92</b>	23,98
95 % lv:n yläraja	33,18	<b>42,66</b>	24,16	33,73	<b>42,33</b>	23,94	32,80	<b>42,93</b>	24,28
Työllistävyys (ja lkm) <sup>2</sup> ja aikaansaavat hyödyt <sup>3</sup> tärkeämpiä			Työllistävyys (ja lkm) <sup>2</sup> , aikaansaavat hyödyt <sup>3</sup> sekä systeemien joustavuus ja vakaus <sup>6</sup> tärkeämpiä			Yhteisöllinen merkitys <sup>1</sup> ja verkostoituneisuus <sup>4</sup> tärkeämpiä			
Tuotantoketju	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	30,28	<b>45,45</b>	24,27	30,20	<b>45,39</b>	24,42	34,09	<b>41,64</b>	24,27

1 Yhteisöllinen merkitys

2 Tuotantosysteemiin liittyvien pk-yritysten työllistävyys (ja lukumäärä)

3 Alueen muulle metsäsektorille ja muille elinkeinoille aikaansaavat hyödyt

4 Verkostoituneisuus

5 Tuotantosysteemiä tukevien institutionaalisten rakenteiden olemassaolo

6 Tuotantosysteemien joustavuus ja vakaus

Sosiaalisten indikaattorien herkkyysanalyysin lisäksi sosiaalisen kestävyyden dimensiossa tehtiin herkkyysanalyysi sekä Enon, Ilomantsin, Joensuun ja Varkauden alueelta postikyselyllä kerätylle vaikutusarviointitiedolle (indikaattorit "Yhteisöllinen merkitys" ja "Verkostoituneisuus") että yrityshaastatteluihin perustuvalle vaikutusarviointitiedolle (indikaattorit "Tuotantosysteemien joustavuus ja vakaus" ja "Tuotantosysteemiä tukevien institutionaalisten rakenteiden olemassaolo"). "Alueen muulle metsäsektorille ja muille elinkeinoille aikaansaavat hyödyt" sekä "Tuotantosysteemiin liittyvien pk-yritysten työllistävyys (ja lukumäärä)" -indikaattoreihin liittyvälle tiedolle ei tehty herkkyysanalyysiä, koska ne perustuivat yritysten edustajien ilmoittamiin yksittäisiin lukuarvoihin, jolle ei ollut joko mahdollista määrittää luottamusväliä tai mielekäästä tehdä toimintaympäristön mahdollisiin muutoksiin perustuvia skenaario-olettamuksia.

Laskentakehikon tulosten herkkyyttä vaikutusarviointitiedon muutoksiin testattiin laskemalla keskiarvon 95 % luottamusvälin ala- ja ylärajat normaalijakaumaan perustuen postikyselyllä kerätylle vaikutusarviointitiedolle eli yhteisölliselle merkitykselle ja verkostoituneisuudelle (taulukko 33). Ensimmäiseksi muutettiin ainoastaan CHP-ketjun vaikutusarviointitietoa, koska kyseinen tuotantoketju oli saanut postikyselyiden perusteella suurimman hajonnan verkostoituneisuuden ja yhteisöllisen merkityksen keskiarvolle. Tämän jälkeen testattiin vaikutusarviointitiedon vaikutusta painottamalla paikallisen lämmöntuotannon vaikutusarviointitietoa verrattuna mui-

hin tuotantoketjuihin. Yrityshaastatteluihin perustuvan vaikutusarviointitiedon herkkyyksanalyysissä oletettiin toimintaympäristössä tapahtuvan yritysten liiketoimintaan vaikuttavia muutoksia. Muutokset liittyivät muun muassa osaavan työvoiman ja raaka-aineen saatavuuteen sekä koti- ja vientimarkkinoiden kehittymiseen. Katso- matta alkuperäisiä tuloksia muutokset mietittiin mahdollisimman järkeviksi, tule- vaisuudessa mahdollisesti tapahtuviksi kokonaisuuksiksi. Esimerkiksi taulukossa 15 esitettyyn "Tuotantosysteemiä tukevien institutionaalisten rakenteiden olemassaolo" -indikaattoriin liittyen oletettiin joidenkin institutionaalisten rakenteiden muuttuvan, jolloin kyseinen tuotantoketju saattoi saada alkuperäistä suuremman määrän "Kyllä" -vastauksia liittyen kyseiseen indikaattoriin. Tämän seurauksena eri tuotantoketju- jen vaikutusarviointitietojen suhteet tosiinsa muuttuivat, kun vaikutusarviointitieto laskettiin suhteutettuna eniten "Kyllä"-vastauksia antaneeseen metsäenergian tuo- tantosysteemiin. Tuotantosysteemien joustavuudelle ja vakaudelle laskettiin uuden skenaarion mukaiset arvot perustuen etenkin metsäenergiatuotannon toimintaym- päristön kehitykseen nivoutuvien mahdollisuuksien ja uhkien hallinnan muutoksiin. Toimintaympäristössä oletettiin tapahtuvan muutosta positiivisempaan suuntaan, jolloin tuotantoketju sai mahdollisesti uusia mahdollisuuksia alkuperäiseen verrat- tuna tai joitakin alkuperäisiä uhkia poistui.

Taulukko 33. Sosiaalista kestävyttä kuvaavan vaikutusarviointitiedon alkuperäiset keskiarvot, keskiarvojen 95 % luottamusvälin ala- ja ylärajat sekä uusien skenaarioiden mukaiset keskiarvot.

Vaikutusarviointitieto	Lämpö	CHP	Pelletti
Yhteisöllinen merkitys			
Keskiarvo	<b>85,24</b>	54,21	50,64
95 % lv:n alaraja	<b>76,78</b>	43,84	42,96
95 % lv:n yläraja	<b>93,71</b>	64,59	58,32
Verkostoituneisuus			
Keskiarvo	<b>85,22</b>	51,30	47,57
95 % lv:n alaraja	<b>74,55</b>	38,62	37,20
95 % lv:n yläraja	<b>95,88</b>	63,99	57,93
Tuotantosysteemiä tukevien institutionaalisten rakenteiden olemassaolo			
Keskiarvo	<b>100</b>	60	40
Toimintaympäristön muutosten mukainen keskiarvo	59,38	<b>89,58</b>	60,83
Systeemien joustavuus ja vakaus			
Keskiarvo	63	<b>100</b>	69,5
Toimintaympäristön muutosten mukainen keskiarvo	<b>83,3</b>	66,7	100

Herkkyysanalyysin tulokset osoittavat, että sen enempää postikysely- kuin haastat- teluaineistollakaan tehdyt herkkyyksanalyysit eivät merkittävästi muuttaneet tuloksia (taulukko 34). Laskentakehikon tulosten mukaan CHP-laitoksen tuotanto on sosiaa- lisesti kestäväntä, paikallinen lämmöntuotanto toiseksi kestäväntä ja pelletin jalostus sosiaaliselta kestävyydeltään huonointa. Yksi huomattavimmista muutoksista on se, että paikallisen lämmöntuotannon sosiaalinen kestävyys pienenisi suhteellisesti muihin muutoksiin verrattuna melko paljon, mikäli tuotantosysteemiä tukevissa institutionaalisisissa rakenteissa tapahtuisi muutoksia. Institutionaalisisissa rakenteissa tapahtuvat muutokset parantaisivat muiden tuotantosysteemien asemaa verrattuna paikalliseen lämmöntuotantoon.

Taulukko 34. Sosiaalisen kestävyuden vaikutusarviointitiedon herkkyyksanalyysin tulokset.

	Lämpö	CHP	Pelletti
Alkuperäinen keskiarvo			
	32,95	42,92	24,13
Yhteisöllinen merkitys			
95 % lv:n alaraja CHP:lle	33,48	42,08	24,45
95 % lv:n yläraja CHP:lle	32,47	43,68	24,45
Verkostoituneisuus			
95 % lv:n alaraja CHP:lle	33,46	42,12	24,42
95 % lv:n yläraja CHP:lle	32,49	43,63	22,85
Yhteisöllinen merkitys ja verkostoituneisuus			
95 % lv:n ylärajat Lämmölle, muut alkuperäiset	33,87	42,45	23,68
95 % lv:n ylärajat Lämmölle, alarajat CHP:lle, pelletille alkuperäiset	34,93	40,84	24,22
Tuotantosysteemiä tukevien institutionaalisten rakenteiden olemassaolo			
Toimintaympäristön muutosten mukainen keskiarvo	29,69	44,83	25,48
Systeemien joustavuus ja vakaus			
Toimintaympäristön muutosten mukainen keskiarvo	33,88	40,48	25,64

## Kulttuurinen dimensio

Kulttuurisen dimension herkkyyksanalyysissä testattiin sosiaalisen dimension tavoin sekä indikaattorien painokertoimien että niihin liittyvän vaikutusarviointitiedon vaihtelun vaikutusta laskentakehikolla saataviin tuloksiin. Kulttuuristen indikaattorien painokertoimien testauksessa käytettävät arvot laskettiin asiantuntijoiden määrittämien painokertoimien keskiarvojen 95 %:n luottamusvälien ala- ja ylärajoista t-jakauman taulukkoarvoon perustuen (taulukko 35).

Luottamusvälien ala- ja ylärajoja käytettiin arvioitaessa indikaattorien suhteellisten painojen muutosten vaikutusta tuotantoketjujen kulttuurisen kestävyuden tuloksiin (taulukko 36). Kulttuuristen indikaattorien herkkyyksanalyysissä laskentakehikossa muutettiin ensimmäiseksi aina yhden indikaattorin painokerrointa erikseen syöttämällä sille joko luottamusvälin alaraja tai yläraja. Taulukossa on esitetty alkuperäiset syöttöarvot, mutta laskentakehikossa indikaattoreiden arvot skaalautuivat uudelleen jokaisella kerralla automaattisesti summautuen yhteen. Tämän jälkeen testattiin mielekkäiksi koettuja indikaattoreiden painokertoimien yhdistelmiä. Ensimmäisessä painotettiin maisemallisia arvoja (laaja-alaiset haitalliset maisemavaikutukset,

Taulukko 35. Laskentakehikon kestävyys-arvioinneissa käytettyjen kulttuuristen indikaattoreiden alkuperäiset painokertoimet ja keskiarvon 95 % luottamusvälin ala- ja ylärajat.

Painokertoimet	Raaka-aineen paikallisuus <sup>1</sup>	Laaja-alaiset haitalliset maisemavaikutukset <sup>2</sup>	Käyttäjien mielikuvat <sup>3</sup>	Hyväksyttävyyttä <sup>4</sup>	Osallistaminen <sup>5</sup>	Haitallisten vaikutusten ajallinen kesto <sup>6</sup>	Haitalliset maisemavaikutukset asutuksen lähellä <sup>7</sup>
Keskiarvo	0,0441	0,0379	0,0321	0,0282	0,0282	0,0279	0,0275
95 % lv:n alaraja	0,0144	0,0283	0,0272	0,0231	0,0223	0,0228	0,0228
95 % lv:n yläraja	0,0738	0,0475	0,0370	0,0333	0,0340	0,0330	0,0322

Taulukko 36. Tuotantoketjujen kulttuurinen kestävyys laskettuna indikaattorien alkuperäisillä painoarvoilla sekä painokertoimien keskiarvon luottamusvälin alarajan ja ylärajan arvoilla. (Paikallinen lämmöntuotanto = 1, CHP-laitos = 2, Pellettien valmistus = 3, Biojalostamo = 4).

Painokertoimet	Raaka-aineen paikallisuus <sup>1</sup>				Laaja-alaiset haitalliset maisemavaikutukset <sup>2</sup>				Käyttäjien mielikuvat <sup>3</sup>				Hyväksyttävyyt <sup>4</sup>			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
95 % lv:n alaraja	<b>28,56</b>	24,68	27,05	19,71	25,92	30,06	27,13	<b>16,89</b>	25,89	<b>29,72</b>	27,36	17,03	25,88	<b>29,70</b>	27,40	17,02
95 % lv:n yläraja	23,96	<b>33,41</b>	27,51	15,12	26,00	29,21	27,47	<b>17,32</b>	26,03	<b>29,52</b>	27,26	17,19	26,04	<b>29,53</b>	27,22	17,20
	Osallistaminen <sup>5</sup>				Haitallisten vaikutusten ajallinen kesto <sup>6</sup>				Haitalliset maisemavaikutukset asutuksen lähellä <sup>7</sup>							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
95 % lv:n alaraja	25,66	<b>29,78</b>	27,48	17,07	25,89	29,84	27,28	<b>17,00</b>	25,88	29,90	27,22	<b>17,00</b>				
95 % lv:n yläraja	26,24	<b>29,46</b>	27,14	17,15	26,03	29,41	27,33	<b>17,22</b>	26,04	29,34	27,39	<b>17,22</b>				
	Maisemavaikutukset tärkeämpiä, muut alkuperäisiä				Maisemavaikutukset tärkeämpiä, muut vähemmän tärkeitä				Kansalaisten mielikuvat, hyväksyttävyyt ja osallistaminen tärkeämpiä, muut alkuperäisiä				Kansalaisten mielikuvat, hyväksyttävyyt ja osallistaminen tärkeämpiä, muut vähemmän tärkeitä			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
	26,14	<b>28,77</b>	27,57	17,51	28,27	<b>24,11</b>	27,71	19,91	26,33	29,32	27,04	<b>17,30</b>	28,86	25,27	26,37	19,48

1 Raaka-aineen paikallisuus

2 Raaka-aineen käytön aiheuttamat laaja-alaiset haitalliset maisemavaikutukset

3 Käyttäjien mielikuvat metsäenergian loppukäytöstä

4 Tuotantosysteemin hyväksyttävyyt

5 Sidosryhmien osallistaminen päätöksentekoon

6 Haitallisten vaikutusten ajallinen kesto

7 Tuotantotoiminnan haitalliset maisemavaikutukset erityisesti asutuksen lähellä

haitallisten vaikutusten ajallinen kesto ja haitalliset maisemavaikutukset asutuksen lähellä) verrattuna muihin indikaattoreiden alkuperäisiin painokertoimiin käyttäen maisemallisille arvoille luottamusvälin ylärajaa. Toisessa skenaariossa vielä laskettiin muiden tärkeyttä käyttämällä niille luottamusvälin alarajaa testauksessa alkuperäisen keskiarvon sijaan. Kolmannessa skenaariossa käyttäjien mielikuvia, sidosryhmien osallistamista ja tuotantosysteemin hyväksyttävyyttä pidettiin tärkeämpänä eli testattiin niiden keskiarvon luottamusvälin ylärajoja ja muiden indikaattoreiden alkuperäisiä painoarvoja. Viimeiseksi muiden indikaattoreiden painoa vielä laskettiin suhteessa edellä mainittuihin indikaattoreihin testaamalla luottamusvälien alarajoja näille indikaattoreille.

Alkuperäisten painokertoimien mukaan energiantuotanto CHP-laitoksessa on kulttuurisesti kestäväntä (29,62 %), pelletin valmistuksen toiseksi kestäväntä (27,31 %), paikallisen lämmöntuotannon kolmanneksi kestäväntä (25,96 %) ja biojalostamossa vähiten kestäväntä (17,11 %). Kulttuuristen indikaattoreiden herkkyyksianalyysin perusteella voidaan todeta, että indikaattorien painokertoimien luottamusvälien ala- ja ylärajojen käyttö laskentakehikossa muuttaa kulttuurisen kestävyuden dimension sisäisiä laskentatuloksia ainoastaan raaka-aineen paikallisuutta koskevissa tuloksissa, mikäli muutetaan vain yhtä painokerrointa kerrallaan. Kyseisen indikaattorin painokertoimen keskihajonta laskettuna asiantuntijoiden määrittelemistä arvoista olikin huomattavasti suurempi kuin muiden indikaattoreiden painokertoimien keskihajonta. Käytettäessä laskelmissa raaka-aineen paikallisuutta kuvaavan indikaattorin 95 % luottamusvälin alarajaa, on laskentatulosten mukaan paikallinen lämmöntuotanto

CHP-laitoksen tuotantoa kulttuurisesti kestävämpää. Tulokset eivät muilta osin yksittäisten kulttuuristen indikaattorien herkkyysanalyysien myötä muutu: energiantuotanto CHP-laitoksessa on kulttuurisesti kestäväntä. Tilanne on sama myös, mikäli painotetaan maisemallisiin haittoihin liittyviä indikaattoreita tai käyttäjien mielikuviin ja osallistamiseen liittyviä indikaattoreita ja pidetään muita painokertoimia alkuperäisinä. Mutta mikäli maisemalliset haitat ovat huomattavasti tärkeämpiä kuin muut (yläraja ensin mainituille, alaraja muille), CHP-laitoksen kulttuurinen kestävyys on sekä paikallista lämmöntuotantoa että pelletin valmistusta heikompaa. Tilanne on sama, mikäli muutetaan kansalaisten mielikuviin, hyväksyttävyyteen ja osallistamiseen liittyvien indikaattoreiden painoarvoa huomattavasti suhteessa muihin. Tällöin paikallinen lämmöntuotanto on kulttuurisesti kestäväntä ja pelletin valmistus toiseksi kestäväntä. Myös biojalostamon kulttuurinen kestävyys suhteessa muihin nousee.

Kulttuuristen indikaattorien herkkyysanalyysin lisäksi kulttuurista kestävyyttä kuvaaviin tuloksiin liittyen tehtiin herkkyysanalyysi Enon, Ilomantsin, Joensuun ja Varkauden alueelta postikyselyllä kerätylle vaikutusarviointitiedolle (taulukko 37). Yrityshaastatteluilla kerättyyn, raaka-aineen paikallisuutta kuvaavaan indikaattoriin liittyvälle vaikutusarviointitiedolle ei tehty herkkyysanalyysiä, koska se perustui edustajien ilmoittamiin yksittäisiin lukuarvoihin, jolle ei ollut mahdollista määrittää luottamusväliä. Kulttuurisen vaikutusarviointitiedon herkkyysanalyysissä aineistolle määritettiin niiden keskiarvojen 95 % luottamusvälin ala- ja ylärajat perustuen normaalijakaumaan. Näiden avulla tarkasteltiin laskentakehikon tulosten herkkyyttä vaikutusarviointitiedon muutoksiin. Herkkyysanalyysin toteutuksessa muutettiin

Taulukko 37. Kulttuurista kestävyyttä kuvaavan vaikutusarviointitiedon keskiarvot sekä testatut arvot niiden keskiarvon 95 % luottamusvälin ala- ja ylärajalla.

Vaikutusarviointitieto	Lämpö	CHP	Pelletti	Biojalostamo
Raaka-aineen käytön aiheuttamat laaja-alaiset haitalliset maisemavaikutukset				
Keskiarvo	55,13	<b>75,61</b>	47,30	67,04
95 % lv:n alaraja	40,89	63,48	35,78	55,78
95 % lv:n yläraja	69,37	87,74	58,82	78,31
Käyttäjien mielikuvat metsäenergian loppukäytöstä				
Keskiarvo	76,05	64,93	64,35	53,72
95 % lv:n alaraja	66,35	55,75	54,35	43,53
95 % lv:n yläraja	85,74	74,11	74,35	63,91
Tuotantosysteemin hyväksyttävyyttä				
Keskiarvo	<b>77,24</b>	67,53	60,87	55,29
95 % lv:n alaraja	<b>68,35</b>	57,36	51,49	46,49
95 % lv:n yläraja	86,13	<b>77,70</b>	70,25	64,19
Sidosryhmien osallistaminen päätöksentekoon				
Keskiarvo	<b>87,68</b>	55,21	49,11	44,07
95 % lv:n alaraja	77,78	42,96	40,01	33,85
95 % lv:n yläraja	97,58	67,47	58,20	54,29
Haitallisten vaikutusten ajallinen kesto				
Keskiarvo	51,18	<b>73,91</b>	52,50	67,45
95 % lv:n alaraja	37,67	62,16	40,26	54,53
95 % lv:n yläraja	64,69	85,66	64,74	80,38
Tuotantotoiminnan haitalliset maisemavaikutukset erityisesti asutuksen lähellä				
Keskiarvo	53,92	<b>99,56</b>	51,04	71,16
95 % lv:n alaraja	39,01	49,08	37,77	58,60
95 % lv:n yläraja	68,83	150,04	64,31	83,72

aluksi yhtä kulttuuri-indikaattorin vaikutusarviointitietoa kerrallaan, kun taas muihin kulttuurisiin indikaattoreihin liittyvä vaikutusarviointitieto otettiin laskentakehikosta annettuna eli alkuperäisenä. Tähän testaukseen valittiin kulloisenkin indikaattorin kohdalla sen tuotantoketjun vaikutusarviointitieto, joka oli saanut suurimman keskihajonnan postikyselyn vastauksista laskettuna (taulukko 38). Tämän jälkeen testattiin maisemallisten indikaattoreiden vaikutusarviointitietojen vaikutusta, sillä indikaattoreiden painoarvojen testauksessa paikallinen lämmöntuotanto oli hyötynyt niiden korostamisesta kulttuurisen kestävyys-suhteen. Tämän vuoksi näiden vaikutusarviointitietona käytettiin paikalliselle lämmöntuotannolle luottamusvälien alarajoja muiden pysyessä alkuperäisinä. Samoin tehtiin käyttäjien mielikuviin, osallistamiseen ja hyväksyttävyyteen liittyvälle vaikutusarviointitiedolle, mutta hyötysuuntien ollessa nousevia, käytettiin ylärajoja. Tämän lisäksi molemmissa tapauksissa myös muutettiin CHP-ketjun vaikutusarviointitietoa negatiivisempaan suuntaan. Viimeiseksi testattiin vaihtuuko järjestys kulttuurisen kestävyys-suhteen, mikäli kunkin tuotantoketjun kaikkia vaikutusarviointitietoja muutetaan positiivisempaan suuntaan muiden ollessa alkuperäisiä.

Kulttuuriselle vaikutusarviointitiedolle tehdyn herkkyysanalyysin tulokset osoittavat, että raaka-aineen käytön aiheuttamia laaja-alaisia haitallisia maisemavaikutuksia lukuun ottamatta tuotantoketjujen järjestys kulttuurisen kestävyys-suhteen ei muuttunut muutettaessa vain yhden tuotantoketjun vaikutusarviointitietoa kerrallaan (taulukko 38). Mikäli paikalliselle lämmöntuotannolle otetaan vaikutusarviointitiedoksi luottamusvälin alaraja, on sen kulttuurinen kestävyys pellettien valmistusta parempi, muutoin huonompi. CHP-ketjun arvioidaan kulttuurisesti kestävimmäksi vaihtoehdoksi näissä kaikissa vaihtoehdossa, joissa muutettiin vaikutusarviointitietoa vain yhden ketjun osalta. Erot paikallisen lämmöntuotannon, CHP:n ja pellettien välillä ovat kuitenkin huomattavasti pienemmät kuin sosiaalisessa kestävyys-suhteessä. Maisemallisiin haittoihin liittyvien indikaattoreiden vaikutusarviointitiedon muuttaminen positiivisemmaksi paikallisen lämmöntuotannon osalta ei vielä nostanut sen kulttuurista kestävyyttä suuremmaksi kuin CHP-ketjun. Mikäli tämän lisäksi CHP-ketjulle oletettiin negatiivisempi maisemallisten haittojen vaikutusarviointitieto, tuli paikallisesta lämmöntuotannosta kulttuurisesti kestävimpiä. Kansalaisten mielikuviin, hyväksyttävyyteen ja osallistamiseen liittyvän vaikutusarviointitiedon muuttaminen ei vaikuttanut samoin, vaan CHP-ketju oli kulttuurisesti kestävin vaihtoehto. Kunkin tuotantoketjun vaikutusarviointitiedon muuttaminen positiivisemmaksi nosti kyseisen ketjun kulttuurisesti kestävimmäksi vaihtoehdoksi, lukuun ottamatta Biojalostamo. Biojalostamon huonoon kulttuuriseen kestävyys-suhteen vaikuttaa eniten raaka-aineen paikallisuus, jonka painoarvo indikaattorina on huomattavasti muita korkeampi, ja Biojalostamolla raaka-aineen paikallisuudelle vaikutusarviointitieto on 0.

Taulukko 38. Kulttuurisen kestävyden vaikutusarviointitiedon herkkyyshanalyysin tulokset.

	Lämpö	CHP	Pelletti	Biojalostamo
Alkuperäiset keskiarvot				
	25,96	29,62	27,31	17,11
Raaka-aineen käytön aiheuttamat laaja-alaiset haitalliset maisemavaikutukset				
95 % lv:n alaraja Lämmölle	27,01	29,33	26,86	16,80
95 % lv:n yläaraja Lämmölle	25,24	29,81	27,62	17,33
Käyttäjien mielikuvat metsäenergian loppukäytöstä				
95 % lv:n alaraja Pelletille	26,13		26,89	17,23
95 % lv:n yläaraja Pelletille	25,81		27,70	17,00
Tuotantosysteemin hyväksyttävyyttä				
95 % lv:n alaraja CHP:lle	26,11	29,24	27,42	17,22
95 % lv:n yläaraja CHP:lle	25,82	29,96	27,20	17,01
Sidosryhmien osallistaminen päätöksentekoon				
95 % lv:n alaraja CHP:lle	24,13	30,30	27,92	17,66
95 % lv:n yläaraja CHP:lle	25,23	29,89	27,55	17,33
Haitallisten vaikutusten ajallinen kesto				
95 % lv:n alaraja Lämmölle	26,77	29,39	26,89	16,86
95 % lv:n yläaraja Lämmölle	25,40	29,78	27,53	17,29
Tuotantotoiminnan haitalliset maisemavaikutukset erityisesti asutuksen lähellä				
95 % lv:n alaraja CHP:lle	25,44	31,07	26,76	16,72
95 % lv:n yläaraja CHP:lle	26,17	29,03	27,53	17,27
Maisemavaikutusten vaikutusarviointitieto positiivisempaa "Lämmölle", muut alkuperäisiä				
	28,69	28,90	26,14	16,26
Maisemavaikutusten vaikutusarviointitieto positiivisempaa "Lämmölle", negatiivisempaa "CHP:lle"				
	29,18	27,76	26,52	16,54
Kansalaisten mielikuvat, hyväksyttävyyttä ja osallistaminen positiivisempia "Lämmölle", muut alkuperäisiä				
	26,93	29,26	26,98	16,83
Kansalaisten mielikuvat, hyväksyttävyyttä ja osallistaminen positiivisempia "Lämmölle", negatiivisempia "CHP:lle"				
	27,50	28,01	27,34	17,14
Kaikki "Lämmölle" positiivisempia, muut alkuperäisiä				
	29,66	28,55	25,82	15,98
Kaikki "CHP:lle" positiivisempia, muut alkuperäisiä				
	24,64	33,09	26,09	16,18
Kaikki "Pelletille" positiivisempia, muut alkuperäisiä				
	24,45	28,57	30,97	16,00
Kaikki "Biojalostamolle" positiivisempia, muut alkuperäisiä				
	24,95	28,90	26,40	19,74



# Moniulotteisen laskentakehikon menetelmien, aineistojen ja tulosten luotettavuus

## Laskentakehikon laadinta

Hankkeessa käytettiin sekä laadullisia (kvalitatiivisia) että määrällisiä (kvantitatiivisia) tutkimusmenetelmiä. Kvalitatiivisia tutkimusmenetelmiä olivat aikaisemmissa tutkimuksissa esitettyjen, uusiutuvien luonnonvarojen kestävyden arviointiin soveltuvien ekologisten, taloudellisten, sosiaalisten ja kulttuuristen indikaattorien kartoittamista varten toteutettu kirjallisuuskatsaus sekä kirjallisuudesta puuttuviksi todettujen kulttuuristen indikaattorien määrittämiseksi tehdyt haastattelut. Kvantitatiivisia, monikriteeri- ja elinkaariarviointiin perustuvia tutkimusmenetelmiä käytettiin asiantuntijoiden eri kestävyden dimensioihin määrittämien indikaattoreiden suhteellisten merkitysten ja sidosryhmäarvostusten arvioimiseksi sekä tuotantoketjujen toiminnan elinkaaren aikaisten vaikutusten laskemiseksi.

Kirjallisuuskatsauksen tuloksia lukuun ottamatta hankkeessa käytetyt aineistot olivat kvantitatiivisia, vaikka sisällöllisesti erityisesti sosiaalisista ja kulttuurisista indikaattoreista suuri osa kuvasi tuotantoketjujen toiminnan hyväksyttävyyden kaltaisia laadullisia asioita. Laskelmien tekemiseksi indikaattoreihin liittyvän vaikutusarviointitiedon tuli kuitenkin olla indikaattorien sisällöllisistä ominaisuuksista huolimatta aina kvantitatiivista ja mitattavissa olevaa. Tämän takia osa laadullisten indikaattorien sisältämästä informaatiosta pilkottiin yrityshaastattelu- ja asukaskyselylomakkeissa määrällisesti arvioitavissa oleviin osatekijöihin (kts. taulukot 15 ja 16), jolloin laadullisiinkin indikaattoreihin liittyen saatiin laskelmien tekemiseen soveltuvaa kvantitatiivista vaikutusarviointitietoa.

Kvalitatiiviseen ja kvantitatiiviseen aineistoon perustuvien tutkimustulosten luotettavuutta voidaan tarkastella eri tavoin: kun kvalitatiivisessa tutkimuksessa tutkijan riippumattomuus subjektiivisista tulkinnoista ja niiden läpi käyminen itsereflektoinnin avulla on olennaista varmistettaessa tulosten luotettavuutta, on kvantitatiivisessa tutkimuksessa painopiste enemmän mittauksen ja niihin perustuvien aineistojen laskennallisissa analyyseissä (Eskola & Suoranta 1998), joiden perusteella on mahdollista arvioida tulosten ja johtopäätelmien luotettavuutta. Luotettavat tutkimustulokset ovat riippumatta tutkimuksen kvalitatiivisesta tai kvantitatiivisesta tutkimusotteesta johdonmukaisia (reliabiliteetti) ja harhattomia kuvaten tutkimuskysymysten näkökulmasta olennaisia asioita (validiteetti).

BioSus-tutkimushankkeen aineistonkeruumenetelmien ja niihin perustuvan tiedon analysointiprosessien luotettavuutta on tässä raportissa tarkasteltu monin tavoin. Luotettavuuden tarkastelemiseksi raportissa on käyty läpi yksityiskohtaisesti sekä laskentakehikossa käytettyjen kestävyysindikaattorien määrittelyä ja arvottamista, sidosryhmänäkemyksen huomioon ottamista laskelmien toteutuksessa että laskentakehikon vaikutusarviointitiedolle asettamat vaatimuksia. Laskentakehikon laadinnan näkökulmasta hankkeessa tehty tutkimustyö on siten menetelmällisesti yksiselitteisesti toistettavissa eli reliaabeli. Tutkimuskehikon laadinnan validiteetti eli kestävyden arvioinnin kannalta olennaisiin kysymyksiin paneutuminen on taas

pyrityt takaamaan perehtymällä monipuolisesti kirjallisuuteen, asiantuntija- ja sidosryhmänäkemyksiin sekä käymällä syvällistä keskustelua hankkeen aihepiiristä eri yhteyksissä sekä ohjausryhmän jäsenten että tutkijayhteisöön kuuluvien henkilöiden kanssa.

Moniulotteisen laskentakehikon laadinnassa käytettyihin tiedonkeruumenetelmiin liittyy varsinaista laskentakehikon menetelmällistä laadintaa enemmän luotettavuuteen nivoutuvia haasteita. BioSus-hankkeen laskentakehikossa on käytetty monenlaisia, tiedonkeruun vaikeudet huomioon ottaen parhaita käytettävissä olevia aineistoja. Aineistojen moninaisuus on mahdollistanut syvälliset ja kattavat kestävyys-analyysit, mutta se on myös aiheuttanut aineistojen vertailukelpoisuuteen ja kattavuuteen liittyviä ongelmia.

Kaikilla kvalitatiivisilla ja kvantitatiivisilla aineistoilla saatavien tulosten reliabiliteettiin vaikuttavat yleisesti muun muassa aineiston keruun kohderyhmä (esim. kaikki itäsuomalaiset, tietyillä alueilla asuvat itäsuomalaiset, tietyn tieteenalan tutkijat), aineistolähde (esim. tilastot, yritysten tuottama tieto), otoksen koko (esim. kuinka suuri osa kohderyhmästä otetaan mukaan otokseen ja millä menetelmällä otos valitaan) ja otoksen edustavuus (esim. edustavatko otokseen valitut asiantuntijat monipuolisesti erilaisia tutkimustaustoja). Lisäksi erityisesti kvalitatiivisten aineistojen keruun ja niiden tulosten tulkinnan reliabiliteettiin vaikuttavat niin tutkijoiden kuin vastaajienkin tutkimusongelmaan liittyvät tiedostetut ja tiedostamattomat arvostukset. Kvantitatiivisten aineistojen reliabiliteettiin taas vaikuttavat erityisesti tiedonkeruun kattavuus ja kerätyn tiedon luotettavuus.

BioSus-hankkeen tiedonkeruun kysymyksenasettelu on ollut tulosten validiteetin näkökulmasta erityisesti haastatteluilla tai kyselyillä kerättyihin kvalitatiivisiin ja kvantitatiivisiin aineistoihin liittyvä haaste. Yleinen edellytys validien haastattelu- ja kyselytulosten saamiselle on paneutua tiedonhankinnassa käytännön ongelmanratkaisun kannalta olennaisiin seikkoihin ja esittää kysymykset vastaajille muodossa, jotka ovat heille ymmärrettäviä mutta silti oikein aseteltu teoreettisesta näkökulmasta. Suurikaan otoskoko tai korkea vastausaktiivisuus ei takaa valideja tutkimustuloksia, jos vastaajat ovat ymmärtäneet väärin heille esitetyt kysymykset tai kysymykset eivät käsittele tutkimusongelman selvittämisen näkökulmasta olennaisia asioita. Toisaalta, kysymyksenasettelun yksinkertaisuus ei saa vaarantaa sen teoreettista perustaa; mikäli esimerkiksi tutkimusongelman kannalta olennaiset käsitteet esitetään liian yleisellä tasolla, voivat eri vastaajat ymmärtää ne eri tavoin. Tämän seurauksena vastausaineistojen mittausten laatu heikentyy huonontaen aineistoista laskettavien tulosten johdonmukaisuutta. Hankkeen tutkimusongelma on ollut moninainen ja käsitteistöltään rikas, minkä seurauksena haastattelijien ja kyselyiden kysymyksenasetteluun on jouduttu kiinnittämään erityistä huomiota. Laskentakehikolla aikaansaatavien tulosten validiteetin parantamiseksi niin haastatteluiden kuin kyselyiden toteuttamisen suunnitteluun käytettiin runsaasti aikaa hankkien palautettua niiden kysymyksenasetteluun, sisältöön ja toteuttamistapoihin sekä tutkimusryhmän sisältä että muilta kestävyys-kysymyksiin perehtyneiltä tutkijoilta.

## **Indikaattorien määrittely, niihin liittyvä tiedonkeruu sekä laskentakehikon toiminta**

Laskentakehikossa käytettyjen indikaattorilistojen kerääminen "alhaalta-ylös"-lähestymistavalla toi esille sekä kvantitatiivisten että kvalitatiivisten seikkojen tärkeyden moniulotteisen kestävyuden arvioinnissa. "Alhaalta ylös" lähestymistavassa asiantuntijat määrittelivät sekä laskentakehikossa käytetyt indikaattorit että niiden suhteelliset painoarvot. Indikaattorien painoarvot kuvaavat vastaajien kestävyteen vaikuttaviin tekijöihin liittyvää asiantuntemusta mutta toisaalta mahdollisesti myös

heidän tiedostettuja tai tiedostamattomia arvojaan, mikä voi vaikuttaa indikaattoritulosten luotettavuuteen. Lisäksi osa laskelmiin sovellettavissa olevista indikaattoreista ei tullut mainituksi asiantuntijahaastattelussa, vaikka ne on nostettu esille yleisessä aihealuetta käsittelevässä kirjallisuudessa. Näitä asiantuntijoiden mainitsematta jättämiä indikaattoreita ei myöskään noussut esille asiantuntijakyselyiden taustaksi tehdystä kirjallisuustarkastelussa, jossa rajauduttiin englanninkielisissä kansainvälisissä tutkimussarjoissa bioenergiantuotannon kestävyteen liittyen esiteltyihin tuloksiin. Yleisessä aihealuetta käsittelevässä kirjallisuudessa esiin nostettujen indikaattorien puuttuminen asiantuntijavastauksista voi aiheutua monesta syystä: asiantuntijat eivät ehkä pitäneet kyseisiä seikkoja BioSus-hankkeen arvioinnin näkökulmasta tärkeinä, asiantuntijoiden omat tiedostetut tai tiedostamattomat arvot vaikuttivat heidän vastauksiinsa tai kysymyslomakkeen kysymyksenasettelu saattoi olla puutteellinen validien indikaattoritulosten saamiseksi.

Laskentakehikossa esitettyjen ekologisiin indikaattoreihin liittyvän tiedon reliabiliteettiin vaikuttaa mitattujen arvojen epävarmuus: vaikka mittaustulokset voivat olla tarkkoja, ne eivät välttämättä suoraan kuvaa laskentakehikossa mukana olevien tuotantoketjujen tuotantoa. Ekologisiin indikaattoreihin liittyvän tiedon hankinnassa korvattiin tarkasteluissa mukana olevien tuotantolaitosten puuttuvia tietoja samankaltaisten tuotantolaitosten YVA-raporteista saatavalla, samansuuntaiseksi oletetulla tiedolla. Erityisesti biojalostamon ekologiset tiedot perustuvat suurelta osin eri yhtiöiden biojalostamoille tekemiin lupahakemuksiin liittyviin YVA-raportteihin.

Taloudellisiin indikaattoreihin liittyvän tiedon reliabiliteetin näkökulmasta on haaste, ettei esimerkiksi laitosten toimintaan olennaisena liittyvien yhteistyöryitysten taloudellinen kestävyys tule suoraan sisällytetyksi laskelmiin ja arvioiduksi niiden tuloksissa. Tuotantoketjun taloudellista kestävyyttä arvioitaessa laskelmissa tulisi ottaa kattavasti huomioon alkutuotannosta lähtien tuotantoketjun kaikkien vaiheiden taloudellinen kestävyys. Lisäksi tiedon reliabiliteetin näkökulmasta BioSus-hankkeessa käytetyt taloudelliset aineistot saattavat olla numeerisesti hyvinkin tarkkoja kuvaten kuitenkin vain epäsuorasti laskennan kohteena olevan tuotantoketjun taloudellista kestävyttä, koska osa taloudellisista tiedoista on tietyn laitoksen tietojen sijaan johdettu epäsuorasti konsernien tilinpäätösraporteista.

Sosiaalisiin sekä kulttuurisiin indikaattoreihin liittyvän aineiston reliabiliteetin ja validiteetin haasteet liittyvät suurelta osin sekä indikaattorien kvalitatiivisiin ominaisuuksiin että aineistojen keruun toteuttamiseen. Kvalitatiivisten indikaattorien jakaminen kvantitatiivisesti mitattaviin osiin aiheuttaa riskejä sekä kysymyksenasettelun sisällölle että sen selkeydelle. Kvalitatiivisiin indikaattoreihin liittyvän tiedon numeerinen esittäminen on voinut aiheuttaa kysymyksenasetteluun virheitä, joiden seurauksena mittariin liittyvä tieto ei enää kaikilta osin kuvaakaan indikaattoriin liittyviä olennaisia asioita. Esimerkiksi metsäbioenergian tuotantosysteemien vakautta ja joustavuutta kuvaava tieto on johdettu monesta, käsitteellisesti vaikeasta osatekiestä. Suuri osa laskentakehikossa käytetystä sosiaalisesta ja kulttuurisesta tiedosta on kerätty postikyselyllä, jonka vastaajamäärä oli 54 (vastausprosentti 5,4 %). Tämän seurauksena voidaan olettaa, että ei-vastanneiden näkemykset BioSus-hankkeen tuotantoketjujen sosiaalisesta ja kulttuurisesta kestävydestä voivat poiketa paljonkin vastanneiden näkemyksistä. Ei-vastanneiden suuri määrä voi edelleen vaikuttaa sosiaalisen ja kulttuurisen tiedon harhattomuuteen, koska lomakkeisiin vastaavat usein ne, jotka suhtautuvat myönteisesti kyselyn aihealueeseen.

Laskentakehikon toimintaa testattiin herkkyyksianalyysillä, joka osoitti sen kaikkien kestävyysdimensioiden tuloksissa olevan merkittäviä epävarmuustekijöitä. Epävarmuustekijöiden seurauksena jopa vähäiset muutokset indikaattoreiden painokertoimissa, vaikutusarviointitiedossa tai kestävyysdimensioiden painokertoimissa voivat muuttaa tuotantoketjujen kokonaiskestävyyttä koskevia tuloksia tai kestävyysdimensioiden välistä paremmuusjärjestystä niin tuotantoketjun sisällä kuin

tuotantoketjujen välilläkin. Herkkyysanalyysi myös osoitti, etteivät laskentakehikossa käytetyt ekologisen kestävyuden indikaattorit heijastele koko tuotantoketjun kestävyyttä: käytetyt indikaattorit keskittyivät lähinnä raaka-aineen tuotantoon ja täten tuotantoketjujen välillä ei löytynyt suuria eroja kestävyys-suhteen.

# Laskentakehikon tulosten käytettävyys ja hankkeessa esille nousseet jatkotutkimustarpeet

Metsäbiomassan käytön ekologista, taloudellista, sosiaalista ja kulttuurista kestävyyttä samanaikaisesti koskevia tuloksia esitetään tässä ensimmäistä kertaa Suomessa. Kansainvälisestäkin näkökulmasta hankkeen laaja menetelmällinen lähestymistapa liittyen sekä kestävyuden indikaattorien määrittelyyn, niihin liittyvän tiedon tuottamiseen sekä kestävyyslaskelmien toteuttamiseen on kokonaan uutta erityisesti metsäbiomassan käytön kestävyuden arvioinnissa.

Hankkeen tulokset antavat vahvaa näyttöä siitä, että bioenergian tuotannon kestävyyttä voidaan arvioida yhtä aikaa sekä ekologisesta, taloudellisesta, sosiaalisesta ja kulttuurisesta näkökulmasta. Lisäksi paikallisten olosuhteiden huomioon ottaminen on mahdollista, kun alueellisesti tärkeät näkökulmat otetaan mukaan tarkasteluihin jo indikaattorien määrittely-vaiheessa. Laskentakehikon sisältö ja sen mahdollistamat kestävyystarkastelut ovat uutuutensa vuoksi urauurtavia. Erityisesti kulttuurisen kestävyuden mittaamiseen soveltuvia indikaattoreita ja niihin liittyviä laskentatuloksia on kansainvälisestäkin olemassa toistaiseksi hyvin vähän. Laskentakehikkoon liittyvien epävarmuustekijöiden takia sillä saatavia empiirisiä tuloksia on silti muistettava pitää vain suuntaa-antavina, esimerkinomaisina tuloksina. Laskentakehikon avulla päätöksentekijät voivat käytännön laskelmien avulla myös tarkastella, kuinka heidän omat, indikaattoreihin ja eri kestävyuden ulottuvuuksiin liittyvät arvostuksensa vaikuttavat tuloksiin. Tällöin on kuitenkin olennaista, että laskelmien tekijä ilmoittaa tuloksia raportoidessaan alkuperäiseen laskentakehikkoon tekemänsä muutokset ja niiden taustalla olevat perustelut.

BioSus-hankkeen aikana nousi esiin monia jatkotutkimustarpeita. Lisätietoa tarvittaisiin esimerkiksi siitä, kuinka metsäbiomassa tulisi parhaan alueellisen kokonaiskestävyuden toteutumiseksi käyttää eri kokoluokan tuotantoketjuissa. Käytettävissä olevan raaka-ainepotentiaalin kohdentamista eri kokoluokan tuotantoketjujen käyttöön ei tämän tutkimushankkeen puitteissa kyetty tarkastelemaan, vaan kutakin energiantuotantomuotoa tarkasteltiin itsenäisenä, muista metsäbiomassan käyttömuodoista riippumattomana raaka-aineen hyödyntäjänä. Aikaisemmissa tutkimuksissa on kuitenkin osoitettu, että esimerkiksi nestemäisen biopolttoainetuotannon ja CHP-tuotannon raaka-ainehankinnan välillä saattaa olla kilpailua. Siten bioenergian tuotannon alueellisiin sekä kansallisiin talous- ja sosiaalivaikutuksiin vaikuttavat kaikkien bioenergiaa tuottavien yritysten raaka-aineen käyttö ja niiden puustamaksukyky (Kallio ym. 2010). Kokonaiskestävyyttä tarkasteltaessa olisi myös tärkeää pystyä kattavasti mutta samanaikaisesti eri dimensioiden välisiä päällekkäisyyksiä välttämällä määrittelemään mitattavissa olevat indikaattorit kaikille bioenergian tuotantoketjuille. Tähän liittyen esimerkiksi sosio-kulttuuristen ja sosio-ekonomisten kysymysten syvälliseen pohdintaan ja niitä kuvaavien indikaattoreiden tunnistamiseen olisi syytä perehtyä jatkossa syvällisemmin.

Tiedon saatavuuden näkökulmasta erityisesti asiantuntijoiden määrittelemiin kvalitatiivisiin indikaattoreihin, mutta myös osaan kvantitatiivisista indikaattoreista liittyi merkittäviä ongelmia. Tiedon saatavuuden näkökulmasta tulevaisuudessa

olisi syytä saada luotettavampaa tietoa esimerkiksi biojalostamon taloudellisista ja ekologisista vaikutuksista. Indikaattoreihin liittyvää, laskentakehikossa tarvittavaa tietoa pystyttiin kuitenkin hankkeen aikana keräämään monelta osin eri tietolähteistä. Aineiston saatavuuden haasteet tarjosivat uutta tietoa myös moniulotteisen kestävyuden arvioinnin kehittämistä: mikäli kestävyuden arviointi olisi perustunut yksinomaan aineistolähtöisesti informaation saatavuuteen, olisi tässä esitetyistä kestävyuden arviointituloksista jäänyt pois monia olennaisia osa-alueita. Esimerkiksi sosiaaliseen hyvinvointiin liittyviä verkostonäkökulmia ei aineistolähtöisissä tarkasteluissa olisi tullut huomioiduksi millään tavalla hankkeen tuloksissa.

Kestävyuden määrittelyyn, sen arviointiin soveltuvien aineistojen saatavuuteen ja keräämiseen sekä tulosten laskentaan ja analysointiin liittyvät haasteet ovat merkki syvällisistä lisätutkimustarpeista. Luonnonvarojen kestävä käytön tavoitteiden määrittely ja tavoitteiden toteutumisen seuranta on mahdotonta ilman luotettavia aineistoja ja kuhunkin arviointitilanteeseen parhaiten soveltuvia menetelmiä. Jatkotutkimuksissa voitaisiin myös keskittyä tuotantoketjukohtaisiin tarkasteluihin, joissa kullekin tuotantosysteemille tehtäisiin syvälliset, kaikki kestävyuden osa-alueet sisältävät elinkaaritarkastelut, puuston kasvaminen/kasvattaminen hakkuuvaiheeseen ja turpeen muodostuminen sekä lopputuotteen jakelu ja loppukäyttö. Tällöin tarkasteltavan tuotantoketjun vertailukohteena voisi olla esimerkiksi tuote, jota tarkastelun kohteena oleva tuotantoketju korvaa markkinoilla. Tällaista syvällistä tutkimustietoa tarvittaisiin, koska erilaiset metsäenergian tuotantoketjut toimivat erilaisilla maantieteellisillä alueilla vaikuttaen eri tavoin paikallisyhteisöihin. Kokonaisuutena moniulotteisen kestävyuden tutkimukseen lienee tarvetta myös tulevaisuudessa yhä kiristyvässä energiantuotantovaihtoehtojen keskinäisessä kilpailussa ja kestävä kehityksen edistämiseksi.

## LÄHTEET

- Afgan, N.H., Carvalho, M.G. & Hovanov, N.V. 2000. Energy system assessment with sustainability indicators. *Energy Policy*, 28: 603–612.
- Alakangas, Eija. 2000. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia, VTT Tiedotteita 2045, Espoo. 172 s. + liitteet. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2000/T2045.pdf>.
- Alho, J.M., Kolehmainen, O. & Leskinen, P. 2001. Regression methods for pairwise comparisons data. Teoksessa: Schmoltdt, D.L., Kangas, J., Mendoza, G.A. & Pesonen, M. (toim.). *The Analytic Hierarchy Process in Natural Resource and Environmental Decision Making*. Kluwer Academic Publishers. s. 235–251.
- Alm, J., Shurpali, N.J., Minkkinen, K., Aro, L., Hytönen, J., Laurila, T., Lohila, A., Maljanen, M., Martikainen, P.J., Mäkiranta, P., Penttilä, T., Saarnio, S., Silvan, N., Tuittila, E.-S. & Laine, J. 2007. Emission factors and their uncertainty for the exchange of CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O in Finnish managed peatlands. *Boreal Environment Research*, 12:191–209.
- Asikainen, A. (convening lead author), Anttila, P., Heinimö, J., Smith, T., Stupak, I. & Ferreira Quirino, W. 2010. Forests and bioenergy production. Teoksessa: Mery, G., Katila, P., Galloway, G., Alfaro, R.I., Kanninen, M., Lobovikov, M. & Varjo, J. (toim.). *Forests and Society - Responding to Global Drivers of Change*. IUFRO World Series, 25: 183–200.
- Asikainen, A., Hynynen, J., Teeri, T., Vuorinen, T., Määttä, M., Ritala, R., Kälviäinen, H., Lensu, L., Hellén, E., Lipponen, J., Poranen, J. & Tukiainen, P. 2011. *Intelligent and Resource-Efficient Production Technologies (EffTech)*. Programme report 2008–2010. 148 s.
- Buchholz, T., Luzadis, V. & Volk, T.A. 2009. Sustainability criteria for bioenergy systems: results from an expert survey. *Journal of Cleaner Production*, 17: 86–98.
- Carrera, D.G. & Mack, A. 2010. Sustainability assessment of energy technologies via social indicators: Results of a survey among European energy experts. *Energy Policy*, Volume 38: 1030–1039.
- Dilly, O. & Hüttl, R.F. 2009. Top-down and Europe-wide versus bottom-up and intra-regional identification of key issues for sustainability impact assessment. *Environmental Science and Policy*, 12: 1168–1176.
- Domac, J., Richards, K. & Risovic, S. 2005. Socio-economic drivers in implementing bioenergy projects. *Biomass and Bioenergy*, 28: 97–106.
- Edwards, W. 1971. Social utilities. *Engineering Economist*, Summer Symposium Series, 6: 119–129.
- Egnell, G., Nohrstedt, H.-Ö., Wesling, J., Westling, O. & Örlander, G. 1998. Miljökonsekvensbeskrivning (MKB) av skogsbränsleutttag, asktillförsel och övrig näringskompensation. Skogsstyrelsen, Sverige. Rapport I-1998: 170 p. Saatavissa: <http://www.skogsstyrelsen.se/forlag/rapporter/1639.pdf>.
- Enon energiaosuuskunta. 2010. Toimintakertomus. 8 s. Saatavissa: [http://enonenergia.fi/tiedostot/Enon%20Energian%20toimintakertomus%202010\\_0.pdf](http://enonenergia.fi/tiedostot/Enon%20Energian%20toimintakertomus%202010_0.pdf)
- Eskola, J. & Suoranta, J. 1998. Johdatus laadulliseen tutkimukseen. *Vastapaino*, Tampere. 266 s.
- EU. 2009. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2009/28/EY, annettu 23 päivänä huhtikuuta 2009, uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämisestä sekä direktiivien 2001/77/EY ja 2003/30/EY muuttamisesta ja myöhemmästä kumoamisesta. Euroopan unionin virallinen lehti L 140: 16–62. Saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:FI:P DF>.
- Euroopan komissio. 2007. Measuring progress towards a more sustainable Europe- Statistical books 2007 monitoring report of the EU sustainable development strategy. 330 s. Saatavissa: [http://ec.europa.eu/sustainable/docs/estat\\_2007\\_sds\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/sustainable/docs/estat_2007_sds_en.pdf)
- Fortum. 2011. Joensuun voimalaitosalueen vuosi- ja ympäristöraportti 2010. 4 s. + liitteet. Fortum Oyj. 2010. Vuosikertomus 2010. Saatavissa: [http://www.fortum.com/Lists/ArchiveLibraryList/Vuosikertomus%202010/Fortum\\_AR2010\\_fin\\_final.pdf](http://www.fortum.com/Lists/ArchiveLibraryList/Vuosikertomus%202010/Fortum_AR2010_fin_final.pdf).
- Fortum Oyj. 2011. Kaukolämpöhinnasto 1.1.2011. Saatavissa: [http://www.fortum.com/countries/fi/SiteCollectionDocuments/Kaukolampo/Hinnas-tot%20ja%20sopimusehdot/Kaukolampohinnasto\\_Joensuu\\_01012011.pdf](http://www.fortum.com/countries/fi/SiteCollectionDocuments/Kaukolampo/Hinnas-tot%20ja%20sopimusehdot/Kaukolampohinnasto_Joensuu_01012011.pdf).
- Fortum Power and Heat Oy. 2010. Joensuun voimalaitoksen jäteveden kuormitustarkkailun ja pohjapintavesitarkkailun vuosiyhteenveto 2010. Savo-Karjalan ympäristötutkimus Oy. 20 s. + liitteet.
- Freebairn, D.M. & King, C.A. 2003. Reflections on collectively working toward sustainability: indicators for indicators! *Australian Journal of Experimental agriculture*, 43: 223–228. Saatavissa: <http://era.deedi.qld.gov.au/140/1/Freebairn.pdf>.
- Hoffmann, D. 2009. Creation of regional added value by regional bioenergy resources. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13: 2419–2429.
- ISO 14044:2006. Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines. Jalonen, R., Hanski, I., Kuuluvainen, T., Nikinmaa, E., Pelkonen, P., Puttonen, P., Raitio, K. & Tahvonnen, O. (toim.). 2006. *Uusi metsäkirja*. Gaudeamus, Helsinki. 382 s.
- Kallio, A.M.I., Anttila, P., McCormick, M. & Asikainen, A. 2010. Assessing the Finnish targets for the energy use of forest chips with a spatial market model. *Scandinavian Forest Economics*, 43: 349–350.
- Kearney, A.R., & Kaplan, S. 1997. Toward a methodology for the measurement of knowledge structures of ordinary people: The conceptual content cognitive map (3CM). *Environment and Behavior*, 29: 579–617.



- Koskela, S. (toim.). 2002. Sähkötuotannon ja kuljetusten ominaispäästöt elinkaari-inventaariossa. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. 25 s. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=12596>.
- Krajnc, D. & Glavič, P. 2003. Indicators of sustainable production. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 5: 279–288.
- Laitila, J., Asikainen, A. & Anttila, P. 2008. Energiapuutarat. Teoksessa: Kuusinen, M. & Ilvesniemi, H. (toim.). Energiapuun korjuun ympäristövaikutukset, tutkimusraportti. Tapion ja Metlan julkaisuja. Saatavissa: [www.metsavastaa.net/energiapuu/raportti](http://www.metsavastaa.net/energiapuu/raportti). s. 6–12.
- Laitila, J. 2011. Hakkuutähdehakuun kustannuslaskelmaohjelma. Kokopuuhaakkeen kustannuslaskelmaohjelma. Rankahakkeen kustannuslaskelmaohjelma. Laskurit Saatavissa: [http://www.bioenergia.fi/default/www/etusivu/tietoa\\_bioenergiasta/erilaisia\\_laskureita/](http://www.bioenergia.fi/default/www/etusivu/tietoa_bioenergiasta/erilaisia_laskureita/).
- Lattimore, B., Smiths, C.T., Titus, B.D., Stupak, I. & Egnell, G. 2009. Environmental factors in woodfuel production: Opportunities, risks, and criteria and indicators for sustainable practices. *Biomass and Bioenergy*, 33: 1321–1342.
- Leskinen, P. 2007. Comparison of alternative scoring techniques when assessing decision maker's multi-objective preferences in natural resource management. *Journal of Environmental Management*, 85: 363–370.
- Leskinen, P., Hujala, T., Tikkanen, J., Kainulainen, T., Kangas, A., Kurttila, M., Pykäläinen, J. & Leskinen, L. 2009. Adaptive decision analysis in forest management planning. *Forest Science*, 55: 5–108.
- Lohi, T. 2008. Biojalostamo sellutehtaan näkökulmasta. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, kemiantekniikan osasto. Diplomityö. Julkaisu 176. Saatavissa: <https://oa.doria.fi/bitstream/handle/10024/36175/isbn9789522145406.pdf?sequence=1>
- Lähtinen, K., Myllyviita, T., Pitkänen, S. K. & Leskinen, P. 2011. A Review of indicators suitable for assessing the sustainability of forest-based bioenergy production in a local perspective. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*. (Käsikirjoitus).
- Maa- ja metsätalousministeriö. 2007. Turpeen ja turvemaiden käytön kasvihuonevaikutukset Suomessa. Tutkimusohjelman loppuraportti. 72 s.
- Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. 2006. Hyvän metsänhoidon suositukset.
- Metsäliitto. 2009. Metsäliiton ja Vapon biodieselhanke: YVA-ohjelma. WSP Environmental Oy, Helsinki. 33 s.
- Mrosek, T., Balsillie, D & Schleifenbaum, P. 2006. Field testing of a criteria and indicators system for sustainable forest management at the local level. Case study results concerning the sustainability of the private forest Haliburton Forest and Wild Life Reserve in Ontario, Canada. *Forest policy and Economics*, 8: 593–609.
- Mälkki, H. & Virtanen, Y. 2003. Selected emissions and efficiencies of energy systems based on logging and sawmill residues. *Biomass & Bioenergy*, 24: 321–327.
- Myllyviita, T., Hujala, T., Kangas, A. & Leskinen, P. 2011. Decision support in assessing the sustainable use of forests and other natural resources - a comparative review. *The Open Forest Science Journal*, 4: 24–41.
- NSE Biofuels Oy. 2011. NSE Biofuels Oy biopolttoaineen tuotantolaitos: ympäristövaikutusten arviointiselostus. Neste Oil & Stora Enso. 154 s. Saatavissa: [http://ely-keskus.fi/fi/ELYkeskukset/Kaakkois-SuomenELY/Ymparistonsuojelu/YVA/Vireill%C3%A4/energiansiirto/Documents/BTL\\_YVA\\_selostus.pdf](http://ely-keskus.fi/fi/ELYkeskukset/Kaakkois-SuomenELY/Ymparistonsuojelu/YVA/Vireill%C3%A4/energiansiirto/Documents/BTL_YVA_selostus.pdf).
- Nykänen H., Alm J., Lång K., Silvola J. & Martikainen P.J. 1995. Emissions of CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O and CO<sub>2</sub> from a virgin fen and a fen drained for grassland in Finland. *Journal of Biogeography* 22: 351–357.
- Pasanen, K. 2011. Metsähakkeen tuotantoketjujen polttoaineen kulutuksen ja CO<sub>2</sub>-päästöjen laskentataulukko. Metla.
- Parkins, J.R., Stedman, R.C. & Varghese, J. 2001. Moving towards local-level indicators of sustainability in forest-based communities: A mixed-method approach. *Social Indicators Research*, 56: 43–72.
- Pelli, P. 2010. Kiinteisiin biomassapolttoaineisiin perustuva liiketoiminta Keski-Suomessa. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja. Alueiden kehittäminen. 59/2010. Saatavissa: [http://www.tem.fi/files/27826/TEM\\_59\\_2010\\_netti.pdf](http://www.tem.fi/files/27826/TEM_59_2010_netti.pdf).
- Penttilä, R. 2004. Uhanalaiset kääpäälajit tarvitsevat lahopuuta pelastuakseen sukupuutolta. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=102478&lan=fi>.
- Petersen Raymer, A. K. 2006. A comparison model of avoided greenhouse gas emissions when using different kinds of wood energy. *Biomass & Bioenergy*, 30: 605–617.
- Pohjois-Karjalan metsäkeskus. 2011. Saatavissa: [http://www.metsakeskus.fi/web/fin/metsakeskukset/Pohjois-Karjala/tietoja\\_metsakeskuksesta/metsaneuvosto/etusivu.htm](http://www.metsakeskus.fi/web/fin/metsakeskukset/Pohjois-Karjala/tietoja_metsakeskuksesta/metsaneuvosto/etusivu.htm).
- Prabhu, R., Ruitenbeek, H. J., Boyle, T. J. B. & Colfer, C. J. P. 2001. Between voodoo science and adaptive management: the role and research needs for indicators of sustainable forest management. Teoksessa: Raison, R. J., Brown, A. G., Flinn, D. W. (toim.). *Criteria and indicators for sustainable forest management*. CABI Publishing. 464 s.
- Reed, M.S., Frase, E.D.G. & Dougill, A.J. 2006. An adaptive learning process for developing and applying sustainability indicators with local communities. *Ecological Economics*, 59: 206–418.
- Routa, J. 2011. Effects of forest management on sustainability of integrated timber and energy wood production - scenario analysis based on ecosystem model simulations. *Dissertationes Forestales* 123. 31s.
- Routa, J., Kellomäki, S. & Strandman, H. 2012. Effects of forest management on total biomass production and CO<sub>2</sub> emissions from use of energy biomass of Norway spruce and scots pine. *Bioenergy Research* 5(1): 106-123.

- Röser, D., Asikainen, A., Raulund-Rasmussen, K. & Stupak, I. (eds.) 2008. Sustainable use of forest biomass for energy. A synthesis with focus on the Baltic and Nordic region. *Managing Forest Ecosystems* 12. 259 s.
- Saaty, T.L. 1977. A scaling method for priorities in hierarchical structures. *J. Math. Psychol.*, 15: 234–281.
- Saaty, T.L. 1980. *The Analytic Hierarchy Process. Planning, priority setting, resource allocation.* McGraw-Hill, New York, NY. 287 s.
- Throsby D. 1999. Cultural capital. *Journal of Cultural Economics*, 23: 3–12.
- Tilastokeskus. 2011. Tilasto: Energian hinnat.. Vuosineljännes 2011, Liitekuvio 3. Voimalaitospolttoainneiden hinnat lämmöntuotannossa. Tilastokeskus, Helsinki. Saatavissa: [http://www.stat.fi/til/ehi/2011/02/ehi\\_2011\\_02\\_2011-09-22\\_kuv\\_003\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/ehi/2011/02/ehi_2011_02_2011-09-22_kuv_003_fi.html).
- Vapo Oy. 2010. Vapo Oy Ilomantsin kombilaitos: vuosiraportti 2010.
- Vapo Oyj. 2010. Vuosikertomus 2010. 92 s. Saatavissa: [http://www.vapo.fi/filebank/5213-vuosikertomus\\_2010\\_suomi.pdf](http://www.vapo.fi/filebank/5213-vuosikertomus_2010_suomi.pdf).
- Vesterinen R. 2003. Estimation of CO<sub>2</sub> emission factors for peat combustion on the basis of analyses of peat delivered to power plants. Research report PRO2/P6020/03. VTT Processes, Energy Production. Jyväskylä. 25 s. + liitteet 5 s.
- Virtanen, K., P. Hänninen, R-L. Kallinen, S. Vartiainen, T. Herranen & R. Jokisaari. 2003. Suomen turvevarat 2000. Tutkimusraportti 156. Geologian tutkimuskeskus. 101 s.
- Ylitalo, E. 2011. Puun energiakäyttö 2010. *Metsätilastotiedote (SVT Maa-, metsä- ja kalatalous)* 16/2011. 7 s.
- Zhang, Y., McKechnie, J., Cormier, D., Lyng, R., Mabee, W., Ogino, A. & McLean, H. 2010. Life cycle emissions and cost of producing electricity from coal, natural gas, and wood pellets in Ontario, Canada. *Environmental Science and Technology*, 44: 538–544.

**Tuotantolaitoshaastattelut:**

- Hassinen, Urpo. Enon energiaosuuskunta. Haastattelu 5.5.2011.
- Partanen, Timo. Fortum Oyj. Haastattelu, 28.4.2011.
- Ruohomäki, Tom ja Juvonen, Juhani. Vapo. Haastattelu 1.6.2011.

## Liite I. Hankkeen julkaisut ja muu tiedotus.

### Tieteelliset artikkelit ja käsikirjoitukset

- Leskinen, L.A., Sikanen, L., Leskinen, P., Röser, D., Viiri, H. & Asikainen, A. Evaluating sustainability of alternative energy production chains utilising forest biomass – How to put sustainability theories in practice? (Käsikirjoitus).
- Lähtinen, K., Pitkänen, S., Leskinen, P. & Myllyviita, T. Review of indicators suitable for assessing the sustainability of forest-based bioenergy production in a local perspective. (Käsikirjoitus).
- Myllyviita, T., Lähtinen, K., Leskinen, L.A., Hujala, T., Sikanen, L. & Leskinen, P. Cultural sustainability indicators of wood-based bioenergy chains – application of conceptual content cognitive map (3CM) and multi-criteria decision analysis (MCDA). (Käsikirjoitus).

### Seminaari- ja konferenssiesitelmät

- Leskinen, P., Lähtinen, K. & Myllyviita, T. 2011. Decision support systems in defining sustainability of alternative bioenergy production chains. IFORS 2011. 19th Triennial Conference of the International Federation of Operational Research Societies. Melbourne, Australia, 10.–15.7.2011.
- Leskinen, P., Lähtinen, K. & Seppälä, J. 2011. Life cycle assessment and multi-criteria decision analysis in supporting sustainable use of natural resources. The 21st International Conference on Multiple Criteria Decision Making, Jyväskylä, Suomi, 13.–17.6.2011..
- Leskinen, P., Lähtinen, K. & Myllyviita, T. 2011. Analyzing tradeoffs between social and other dimensions of sustainability in LCA. International Seminar on Social LCA - recent developments in assessing the social impacts of the products life cycles. Montpellier, Ranska, 5.–6.5.2011.
- Lähtinen, K., Leskinen, P., Myllyviita, T. & Sironen, S. 2011. Empirical assessment of socio-cultural sustainability in LCA. International Seminar on Social LCA - recent developments in assessing the social impacts of the products life cycles. Montpellier, Ranska, 5.–6.5.2011.
- Myllyviita, T., Holma, A., Antikainen, R., Lähtinen, K. & Leskinen, P. 2011. Integration of multi-criteria decision analysis and life cycle assessment to measure environmental impacts of biomass production. IFORS 2011. 19th Triennial Conference of the International Federation of Operational Research Societies. Melbourne, Australia, 10.–15.7.2011.
- Myllyviita, T., Lähtinen, K., Leskinen, L., Hujala, T. & Leskinen, P. 2011. Employment of conceptual content cognitive mapping (3CM) and MCDA in defining cultural sustainability indicators for bioenergy production. The 21st International Conference on Multiple Criteria Decision Making, Jyväskylä, Suomi, 13.–17.6.2011.
- Pasanen, K., Lähtinen, K. & Leskinen, P. 2011. Multidimensional sustainability framework to evaluate forest-based bioenergy systems. 44th International Symposium on Forestry Mechanisation. Graz, Itävalta, 9.–13.10.2011.
- Lähtinen, K. & Leskinen, P. 2010. Sustainability indicators of different regional wood fuel chains: small-scale DH heat, CHP, biorefineries and pellet factories in Finland. IEA Bioenergy Task 40 and EUBIONET III Workshop. Rooma, Italia, 21.10.2010.
- Lähtinen, K. 2010. Multidimensional sustainability framework to evaluate forest and wood energy production – BioSus. Scandinavian Society of Forest Economics. Gilleleje, Tanska 19.–21.5.2010.

### Valtakunnallinen ja paikallinen tiedotus (sanomalehti- ja nettiartikkelit, haastattelut)

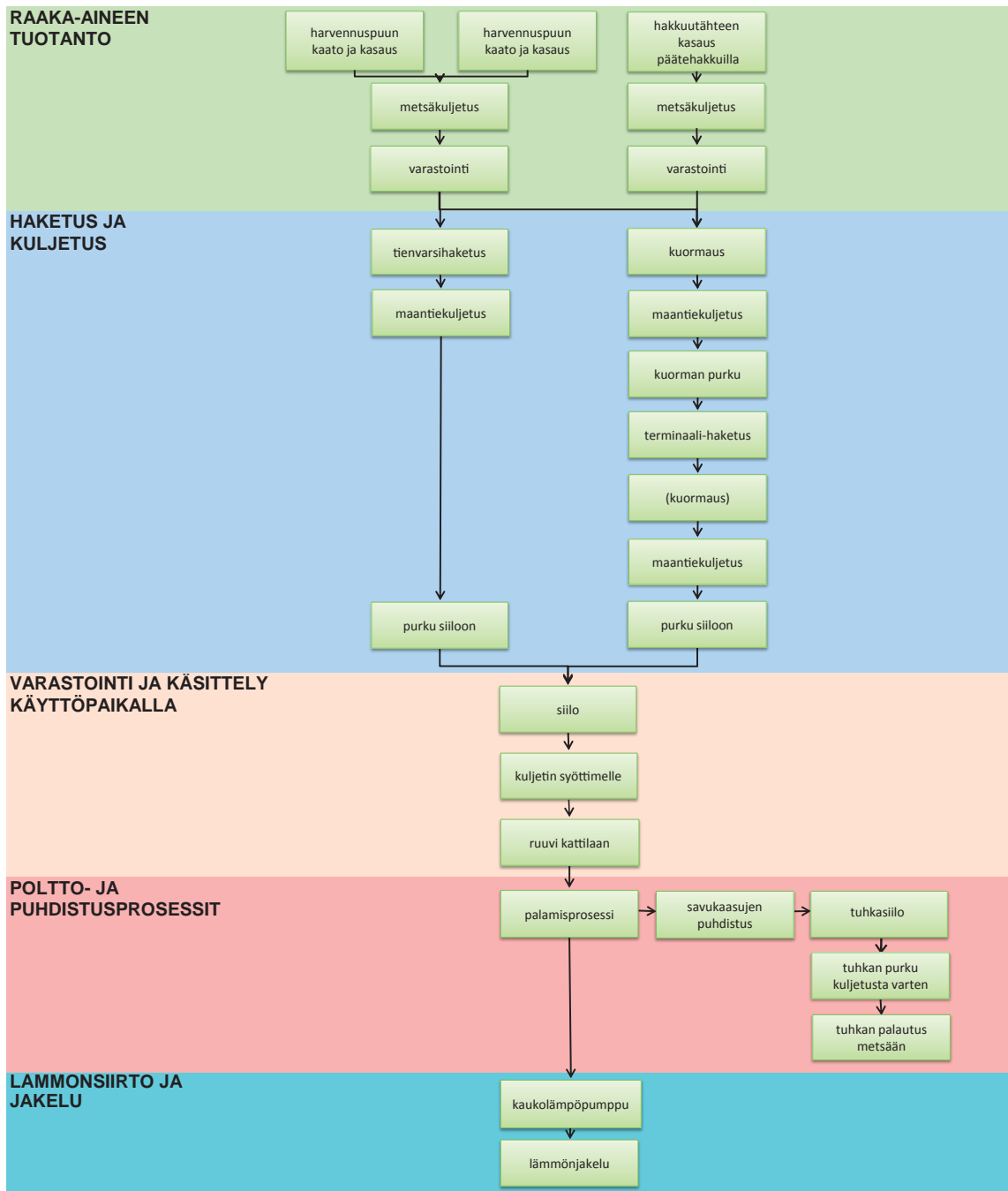
- Hankkeen suomenkieliset verkkosivut ovat osoitteessa  
<http://www.ymparisto.fi/syke/biosus>  
 ja englanninkieliset sivut osoitteessa  
<http://www.environment.fi/default.asp?contentid=219804&lan=en&clan=en>.

Radio-haastattelu kestävästä metsäenergian tuotannosta 31.1.2011, YLE, Pohjois-Karjala.

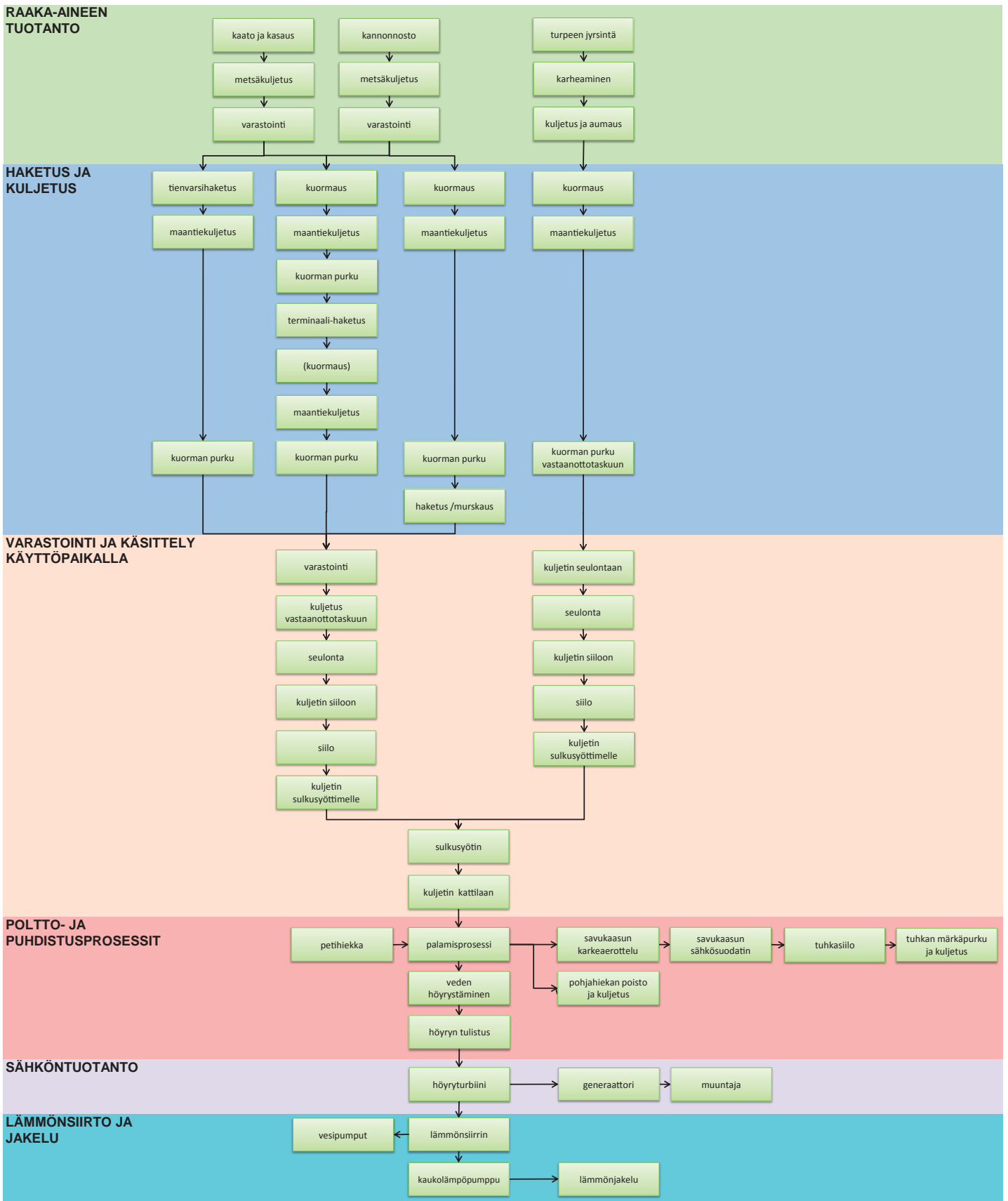
### Hankkeen aihepiiriin liittyvä muu tuotanto

- Leskinen, L.A., Lähtinen, K. & Leskinen, P. 2010. Bioenergian tuotannon politiikkavaihtoehtot arvioitava kokonaisvaltaisesti. Maaseudun tulevaisuus 13.1.2010.
- Myllyviita, T., Holma, A., Antikainen R., Lähtinen, K. & Leskinen, P. Assessing environmental impacts of biomass production chains – Application of life cycle assessment (LCA) and multi-criteria decision analysis (MCDA). Journal of Cleaner Production. Painossa.

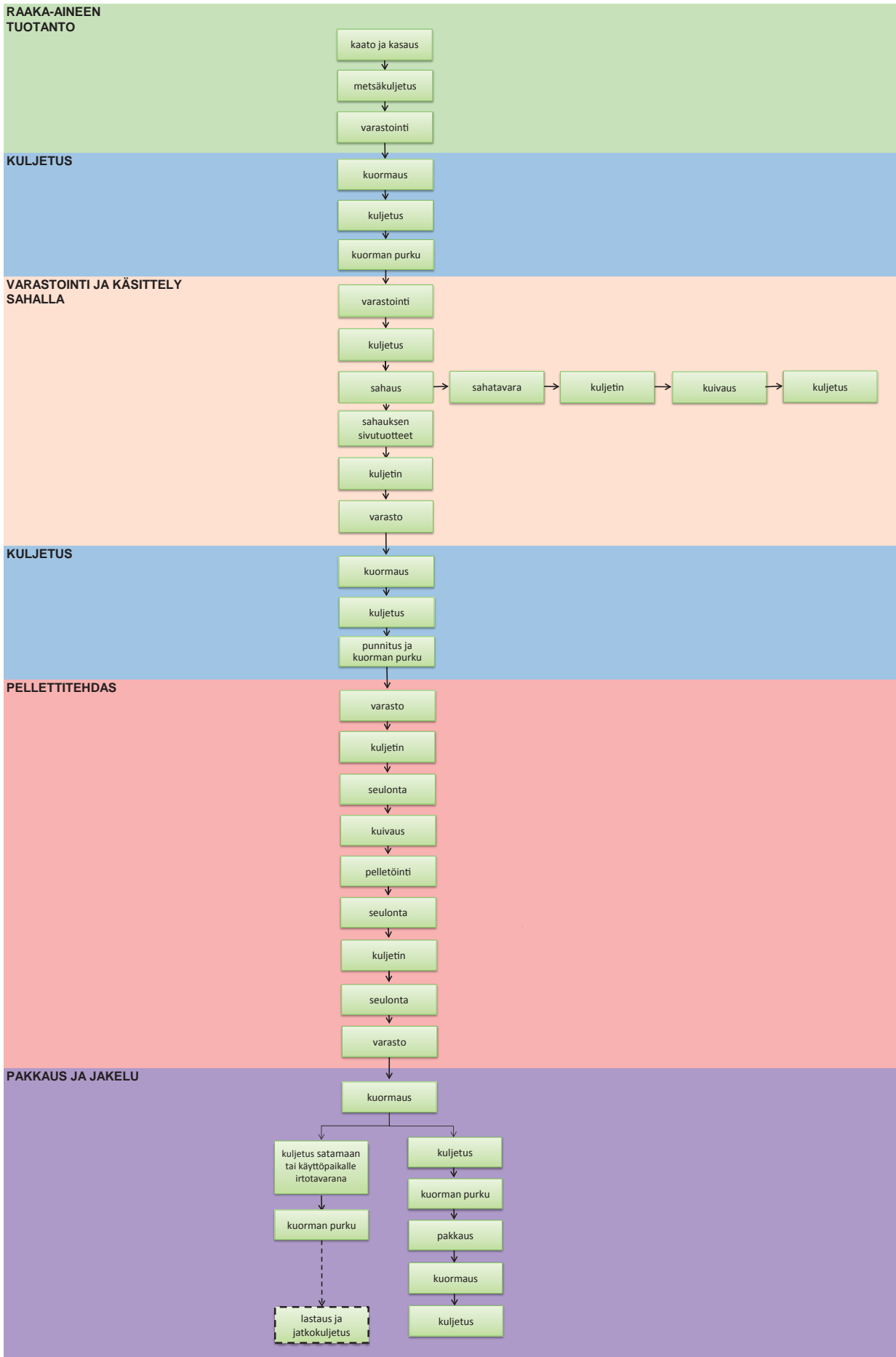
Liite 2. Prosessikaavio: Paikallinen metsähakkeen käyttöön perustuva lämmöntuotanto.



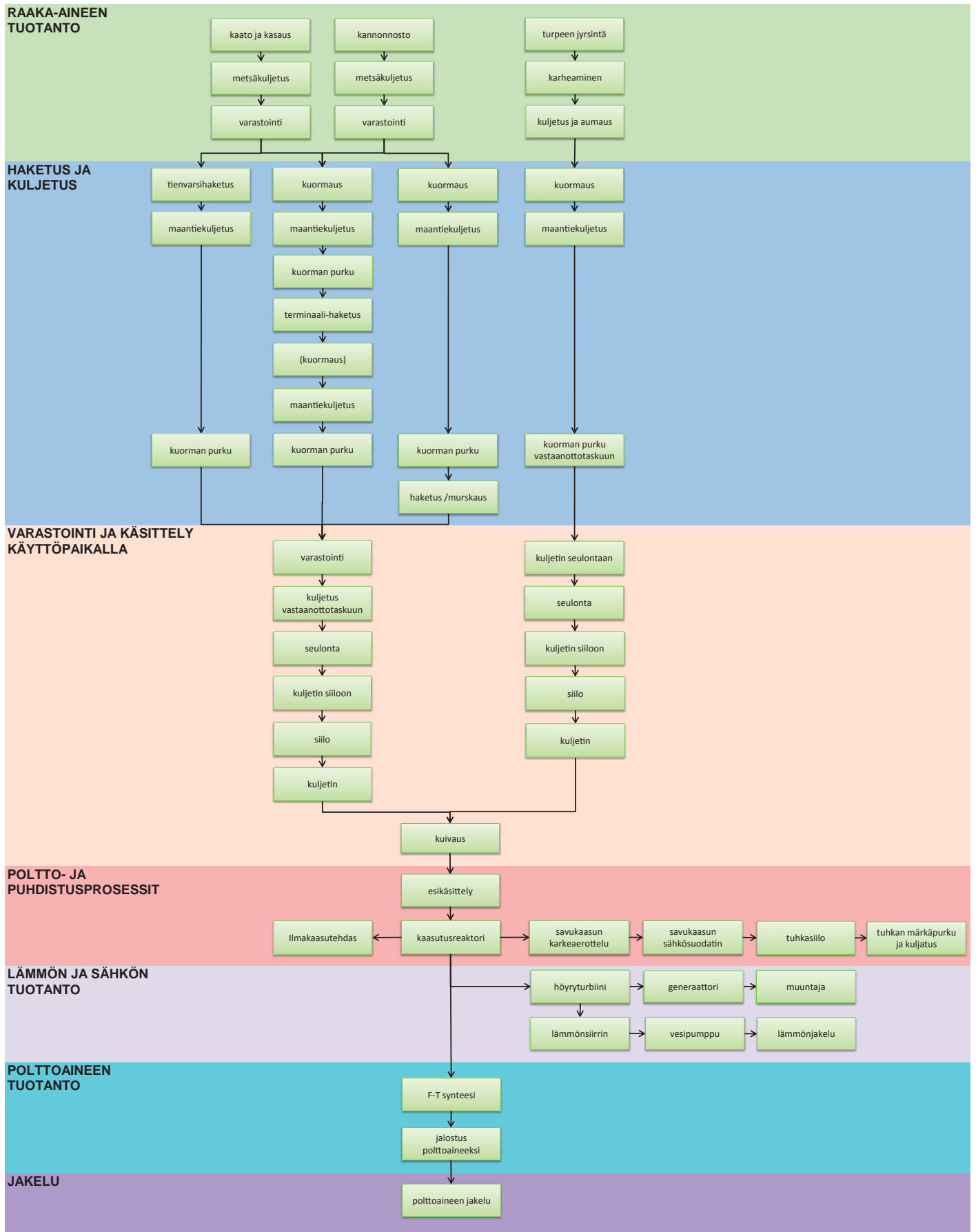
Liite 3. Prosessikaavio: yhdistetty lämmön ja sähkön tuotanto puulla ja turpeella.



Liite 4. Prosessikaavio: puutuoteteollisuuden sivutuotteista jalostettavien pellettien valmistus.



Liite 5. Prosessikaavio: puu- ja turvebiomassasta valmistettava biodiesel.





## Liite 6. Ekologisten indikaattoreiden asiantuntijakysely: I. vaihe.



*Millaisilla indikaattoreilla metsien käytön kestävyyttä voidaan mitata alueellisessa bioenergiauotannossa ja ovatko kaikki indikaattorit keskenään yhtä tärkeitä?  
Miten voidaan arvioida erilaisten metsäenergian tuotantoketjujen kestävyyttä alkutuotannosta loppukäyttöön?  
Miten metsäenergiatuotannon ekologinen, taloudellinen, sosiaalinen ja kulttuurinen kestävyys nivoutuvat toisiinsa?*

**Kysely sinulle, ekologisen kestävyuden asiantuntija**

Metsäenergian tuotannolla nähdään olevan monia suotuisia vaikutuksia: sen avulla voidaan parantaa alueellisia elinkeinomahdollisuuksia, vähentää kasvihuonekaasupäästöjä, lisätä energiaomavaraisuutta ja vahvistaa paikallisia kulttuuripiirteitä. Metsäenergian tuotantotapa vaikuttaa sillä saavutettaviin ekologisiin, sosiaalisiin, taloudellisiin ja kulttuurisiin hyötyihin. Kestävyysvaikutukset eivät ole toisistaan riippumattomia, vaan erilaisten metsäenergiatuotantovaihtoehtojen ekologisia vaikutuksia tulisi tarkastella suhteessa muihin kestävä kehityksen osa-alueisiin. Tällaista moniulotteista tietoa metsäenergian tuotantovaihtoehtojen kestävyysvaikutuksista on toistaiseksi kuitenkin niukasti.

BioSus-hankkeessa tutkitaan erilaisten energiantuotantovaihtoehtojen näkökulmasta metsäbioenergian tuotannon ekologisia, taloudellisia, sosiaalisia ja kulttuurisia vaikutuksia Itä-Suomen alueella. Hanke on Tekesin rahoittama ja se toteutetaan Suomen ympäristökeskuksen (SYKE), Metsäntutkimuslaitoksen (Metla) ja Itä-Suomen yliopiston (UEF) yhteistyönä vuosina 2009–2011.

Tämä kyselylomake liittyy BioSus-hankkeessa toteutettaviin asiantuntijakyselyihin, joihin on pyydetty mukaan noin 40 suomalaisten metsien käytön ekologiseen, taloudelliseen, sosiaaliseen ja kulttuuriseen kestävyteen perehtynyttä asiantuntijaa. Tuotantosysteemien kestävyysvaikutuksia tarkastellaan kutakin osa-aluetta kuvaavien indikaattorien avulla. Indikaattorien määrittelyyn käytetään ekologisiin, taloudellisiin, sosiaalisiin ja kulttuurisiin kysymyksiin perehtyneitä asiantuntijoita. **Tämä indikaattorien määrittelyyn liittyvä kyselylomake on lähetetty noin kymmenelle ekologisen kestävyuden asiantuntijalle.**

Toivomme sinun osallistuvan tähän kyselyyn, jonka sisältö on kuvattu yksiselitteisesti lomakkeen seuraavilla sivuilla.

**Kiitos yhteistyöstä!**

Katja Lähtinen  
Tutkija (MMT)  
katja.lahtinen@ymparisto.fi  
GSM 040 566 2573

Pekka Leskinen  
Tutkimusprofessori  
pekka.leskinen@ymparisto.fi  
GSM 040 748 8545

Suomen ympäristökeskus (SYKE)

Vastaajan nimi: \_\_\_\_\_



**METLA**



**Tekes**

# BioSus

## Asiantuntijakyselyn sisältö ja tarkoitus

Ekologisia indikaattoreita koskeva tiedonkeruu toteutetaan kaksivaiheisena: ensimmäisessä osassa toivomme sinun esittävän noin kymmenen olennaisinta indikaattoria, joiden avulla voidaan mitata ekologisen kestävyuden toteutumista neljässä itäsuomalaisista metsäbiomassaa kokonaan tai osittain käyttävässä tuotantosysteemissä. Ennen tärkeiksi katsomiesi ekologisten indikaattorien määrittelyä toivomme, että perehdyt BioSus-hankkeessa tarkasteltavien tuotantosysteemien yksityiskohtaisiin kuvauksiin (sivut 3–5). Tällöin tuotantoketjujen ominaispiirteet alkutuotannosta loppukäyttöön tulevat otetuiksi mahdollisimman hyvin huomioon ekologisen kestävyuden määrittelyssä.

Ekologisen kestävyuden indikaattorien määrittelyyn voit joko hyödyntää sivuilla 6–7 olevaa, tutkimuskirjallisuuteen pohjautuvaa indikaattorilistaa (taulukko 2) tai esittää listan ulkopuolelta kokonaan omat indikaattorisi. Voit myös halutessasi muokata valmiita indikaattoreita mittaustilanteeseen mielestäsi paremmin sopivaksi. Toivomme sinun kirjoittavan tärkeinä pitämäsi indikaattorit tämän kyselyn sivulle 8 (taulukko 3). Tila mahdollisille kyselyyn tai yleisemmin tutkimushankkeeseen liittyville kommentille on lomakkeen viimeisellä sivulla 9.

Tähän kyselyyn vastanneiden asiantuntijoiden yksittäisten näkemysten pohjalta laaditaan indikaattorikokoelma niistä olennaisista mittareista, joita tulisi käyttää arvioitaessa pohjoiskarjalaista metsäbiomassaa hyödyntävien tuotantosysteemien ekologista kestävyyttä. Tämän kyselyn valmistuttua toteutettavassa toisessa tiedonkeruun osassa arvotetaan vielä päätöstukimenetelmiä hyödyntämällä ekologisen kestävyuden indikaattorikokoelmassa olevien yksittäisten mittarien suhteellinen keskinäinen merkitys. Ekologisten mittarien suhteelliset merkitykset sisältävää indikaattorikokoelmaa käytetään vastaavien sosiaalista, taloudellista ja kulttuurista kestävyttä kuvaavien indikaattorikokoelmien kanssa tuotantosysteemien moniulotteisten kestävyysvaikutusten arviointiin.

BioSus-hankkeessa tarkastelun kohteena oleva tuote on metsäbiomassalla tuotettava energia sisältäen raaka-aineiden hankinnan, valmistuksen, jakelun, käytön, kierrätyksen ja jätteenkäsittelyn (kuva 1). Metsäenergian tuotantosysteeminä tarkastellaan 1) paikallista metsähakkeen käyttöön perustuvaa lämmöntuotantoa, 2) puu- ja turvebiomassan käyttöön perustuvaa lämmön- ja sähköntuotantoa CHP-laitoksessa, 3) puutuoteollisuuden sivutuotteista jalostettavien pellettien valmistusta sekä 4) puu- ja turvebiomassasta jalostettavaa biodieseliä. BioSus-hankkeen tuotantosysteemien kuvaukset perustuvat neljän, sivuilla 3–4 esiteltävän case-yrityksen prosesseihin (taulukko 1), joiden oletetaan edustavan alalla tyypillisiä toimintamalleja.

**Kuva 1.** BioSus-hankkeessa mukana olevat metsäenergian tuotantosysteemit ja niiden prosessit.





## BioSus-hankkeen case-yritykset

### Paikallisen metsähakkeen käyttö lämpöyrityksessä, Enon energiaosuuskunta (1)

Enon energia-osuuskunta on paikallisten metsänomistajien omistama yritys. Lämpöyrityksessä käytettävä raaka-aine hankitaan paikallisista metsistä ja poltetaan samalla alueella sijaitsevassa pienessä lämpövoimalassa. Metsähakkeen käytöllä korvataan öljyn ja kaasun polttoa. Osakkaat ovat sijoittaneet pääomaa koko tuotantoketjuun ja he omistavat myös Enon lämpöaitokset. Paikallisten toimitilojen omistajat ovat energiaosuuskunnan asiakkaita ja toiminta perustuu "avaimet käteen"-periaatteeseen.



Lämpöyrittötoimintaan ja paikallisen metsähakkeen käyttöön liittyviä etuja ovat energiaomavaraisuuden lisääminen ja aluetalouden tukeminen. Tuotot jäävät paikallisesti kuntaan sen sijaan että fossiilista energiaa ostettaisiin alueen ulkopuolelta. Toisaalta systeemin kasvupotentiaali on vähäinen, sillä lämpö on käytettävä paikallisesti, sen tarve on rajallinen, eikä lämpöä voida myöskään varastoida myöhempää käyttöä varten.

### Metsähakkeen ja turpeen suora poltto CHP-laitoksessa, Fortum Joensuu (2)

Fortumin CHP-laitos Joensuussa tuottaa suurimman osan Joensuun keskusalueen 50 000 asukkaan tarvitsemasta lämmöstä ja sähköstä. Tehdas käyttää polttoaineena metsähakkeen ja turpeen sekoitusta; käytettävästä raaka-aineesta noin 80 % on metsähaketta, noin 20 % on turvetta. Käytössä olevaan laitekantaan liittyvien teknisten syiden takia turvetta käytetään metsähakkeen seospolttoaineena energiantuotannossa. Kestävän kehityksen näkökulmasta tilanne on mielenkiintoinen, koska turpeen käyttö tuo mahdollisuuden myös laajamittaiselle metsähakkeen käytölle.



Kotimaisena raaka-aineena turpeella on merkittävä rooli Suomen energiapolitiikassa. Metsähakkeen käyttöä lisäämällä voidaan myös vaikuttaa turpeen käyttöön. Merkittävin metsähakkeen ja turpeen välinen ero on niiden uusiutuvuus: turpeen välinen ero on niiden uusiutuvuus: turpeen hiilidioksidipäästöt ovat merkittävät ja se luokitellaan yleensä uusiutumattomaksi luonnonvaraksi, kun taas metsähake on laskennallisesti hiilineutraali ja uusiutuva energianlähde.



METLA



Tekes



### Pelletit puutuoteteollisuuden sivutuotteista, Iiomantsin pellettitehdas (3)

Puupelletit ovat puutuoteteollisuuden sivutuotteista jalostettu biopolttoaine, jolla on suhteellisen korkea energiasisältö. Puupellettejä valmistetaan kuljetuskustannusten laskemiseksi ja käytön helpottamiseksi.

Iiomantsin pellettitehdas sijaitsee Pohjois-Karjalassa lähellä Venäjän rajaa. Sijainti on etäinen, mutta tehtaalla on merkittävä rooli paikalliselle taloudelle, koska se tarjoaa alueella työtä ja aliurakointitilaisuuksia. Raaka-aine kuljetetaan pääasiassa kunnan ulkopuolelta, ja valmiit pelletit kuljetetaan aina ulkomaille asti. Pellettituotannon kestävyysvaikutukset poikkeavat oletettavasti esimerkiksi paikallisen lämpölaitoksen vaikutuksista, mutta kuinka paljon ja millä kestävyuden osa-alueilla?



### Puun ja turpeen käyttö biodieselin jalostuksessa, NSA Biofuels -koelaitos Varkaus (4)

Biojalostaminen ja laaja-alainen biomassan prosessointi biodieseliä sekä muiksi nestemäisiksi polttoaineiksi ovat kiinnostuksen kohde monissa EU-kehitysprojekteissa. Varkauden koelaitos on Suomen edistynein biojalostamo ja sen vuotuinen metsäbiomassan käyttö on noin 50 000 tonnia. Täydessä mittakaavassa toimiessaan valmiin jalostamon raaka-aineen käyttö olisi noin 1–2 miljoonaa tonnia metsäbiomassaa, millä olisi suuri vaikutus alueellisten metsävarojen käyttöön.



Suurten biojalostamojen rakentaminen lisää kilpailua raaka-aineesta ja olennainen kysymys on, kuinka Enon paikallisen lämpölaitoksen kaltaiset energiantuotantosysteemit voisivat kilpailla samasta biomassasta suurien biojalostamojen kanssa. Olennaista on myös pohtia, mitä seurauksia biojalostamoilla voisi olla sekä sosiaaliselle, ekologiselle, taloudelliselle että kulttuuriselle kestävyydelle.



Taulukko 1. Case-yritysten tuotantoketjujen yksikköprosessit.

	Paikallisen metsähakkeen käyttö lämpöyrittämissä	Metsähakkeen ja turpeen suora poltto CHP-laitoksessa		Puutuote-teollisuuden sivutuotteiden käyttö pellettien valmistuksessa	Puun (ja turpeen) käyttö biodieselin jalostuksessa
<b>Raaka-aineen hankinta</b>	Ensiharvennus palstalla Hakkutähteiden keruu palstalla Kantojen nosto palstalla	Ensiharvennus palstalla Hakkutähteiden keruu palstalla Kantojen nosto palstalla	Turpeen jrsintä ja kuivetus turvetuotantoalueella	Harvennus- tai päätehakkuu palstalla	Ensiharvennuspuun, ainespuun ja kantojen korjuu palstalla Hakkutähteiden keruu palstalla
<b>Lähikuljetus</b>	Energiapuun kuljetus palstalta metsätien varteen	Energiapuun kuljetus palstalta metsätien varteen	Jyrsinturpeen kuljetus aumaan	Tukkien kuljetus palstalta metsätien varteen	Metsäbiomassan kuljetus palstalta metsätien varteen
<b>Varastointi</b>	Kuivaus ja väli-varastointi metsätien varressa Haketus metsätien varressa	Kuivaus ja väli-varastointi metsätien varressa Haketus metsätien varressa (tai tehtaalla)	Turpeen varastointi aumassa		
<b>Kauko-kuljetus</b>	Energiapuun kuljetus lämpölaitokselle	Energiapuun kuljetus voimalaitokselle	Turpeen kuljetus voimalaitokselle	Tukkien kuljetus puunjalostus-teollisuuteen	Metsäbiomassan kuljetus biodiesel-tehtaalle
<b>Varastointi</b>					Metsäbiomassan (ja turpeen) varastointi integroidun sellu- ja paperitehtaan, voimalaitoksen ja biojalostamon alueella
<b>Raaka-aineen lajittelu tehtaalla</b>					Ainespuu sellutehtaalle, muu biomassa Fisher-Tropsch -prosessiin Sellutehtaalta biomassaa (esim. puun kuorta) Fisher-Tropsch -prosessiin (Turve Fisher-Tropsch -prosessiin)
<b>Välituotteen jalostus</b>				Tukkien prosessointi sahatavaraksi (saanto 50 % sahatavaraa, 40 % haketta ja purua, 10 % muuta)	Biomassan kuivaus, kaasutus Kaasun puhdistus Katalyyttinen nesteytys-synteesi FT-vahaksi
<b>Kauko-kuljetus</b>				Puutuote-teollisuuden sivutuotteiden kuljetus pellettehtealle	FT-vahan kuljetus Nesteen Porvoon tehtaalle
<b>Varastointi</b>	Metsähakkeen väli-varastointi tehtaalla	Rankojen, hakkutähteiden ja kantojen väli-varastointi tehtaalla		Puutuote-teollisuuden sivutuotteista saatavan raaka-aineen väli-varastointi pellettehtealla	
<b>Loppu-tuotteen jalostus</b>		Haketus tehtaalla (ellei tehty metsäpalstalla)		Raaka-aineen murskaus ja mahdollinen kuivaus Pelletointi puristamalla Jäähdytys Seulonta	Biodieselin valmistus Nesteen Porvoon tehtaalla
<b>Varastointi</b>		Metsähakkeen väli-varastointi tehtaan pihalla	Jyrsinturpeen väli-varastointi tehtaalla siloissa	Pellettien varastointi ja mahdollinen pakkaaminen	
<b>Loppu-tuotteen jakelu ja käyttö</b>	Lämmöntuotanto tehtaalla ja jakelu lämpöverkkoa pitkin	Sähkön- ja lämmöntuotanto tehtaalla Energian jakelu lämpö- ja sähköverkkoa pitkin		Pellettien kuljetus jälleenmyyjälle tai loppukäyttäjälle	Biodieselin kuljetus jälleenmyyjälle



METLA



Tekes



**Taulukko 2.** Tutkimuskirjallisuudesta ekologisten indikaattorien määrittelyn tueksi poimittuja ekologisia kriteereitä ja indikaattoreita. Listan hyödyntäminen vastaamisessa ei ole välttämätöntä.

ECOLOGICAL SUSTAINABILITY	
<b>1. Ecosystems protection, sustaining ecosystems connectivity, adaptation capacity to environmental hazards and climate change<sup>3</sup> [mod.]</b>	
1.1.	diversity at the landscape level in terms of age class structure, structural variation, variation in different types of ecosystems <sup>1</sup>
1.2.	conversion of natural forests to short-rotation woody crop plantations is not practiced <sup>1</sup>
1.3.	ecologically sensitive areas are protected <sup>2</sup>
1.4.	level of forest fragmentation and connectedness of forest components <sup>2</sup>
1.5.	road network density, type and use <sup>2</sup>
1.6.	extent to which forest management considers protection of unique or significant landscape level features <sup>2</sup>
1.7.	area of representative protected areas for enabling natural processes as well as habitat and species conservation <sup>2</sup>
1.8.	area/severity of natural disturbances such as storm, insects and wildfire <sup>2</sup>
1.9.	sustainable residue extraction levels exist in national/local guidelines <sup>1</sup>
1.10.	coarse wood debris and snags retained at functional levels <sup>2</sup>
1.11.	land required to maintain critical population levels <sup>1</sup>
1.12.	connectivity among habitats on the landscape <sup>1</sup>
1.13.	managing biomass for bioenergy consistently with conservation objectives; habitats are of sufficient area to be effective for all species, providing for designation of protected areas and high-conservation forests, protected areas and high conservation-value forests have sufficient buffer-zones <sup>1</sup>
1.14.	susceptibility of monocultures to catastrophic failure <sup>3</sup>
1.15.	effects of monocultures on landscape and wildlife <sup>3</sup>
1.16.	area of vegetation types and structural classes relative to historical condition and total forest area <sup>2</sup>
1.17.	representation of selected key and sensitive guilds occur in the community guild structure <sup>2</sup>
<b>2. Species protection and crop diversity<sup>3</sup> [mod.]</b>	
2.1.	a catalogue/database of local species and their requirements exists the catalogue is updated regularly and is used to inform management plans including information of habitat needs, threatened and endangered status of species, critical population levels and current population estimates <sup>1</sup>
2.2.	number of indigenous species classified as extinct, extirpated, endangered, threatened or vulnerable relative to the total number of indigenous species <sup>2</sup>
2.3.	population levels and diversity of local species of flora and fauna are monitored and do not decrease beyond the historic range of variability <sup>1</sup>
2.4.	populations of indigenous species are likely to persist <sup>2</sup>
2.5.	species protection and restoration programs for endangered, threatened, vulnerable or rare species <sup>2</sup>
<b>3. Exotic species applications and use of genetically modified organisms<sup>3</sup></b>	
3.1.	area and severity of occurrence of exotic species detrimental to forest condition <sup>2</sup>
3.2.	population sizes and reproductive success of indigenous species are adequate to maintain levels of genetic resources and diversity <sup>1,2</sup>
3.3.	use of natural regeneration and of scientifically-based seed transfer rules and seed orchard zones in planting native species <sup>2</sup>
3.4.	negative ecological impacts do not result from the use of genetically modified organisms <sup>1</sup>
3.5.	management does not significantly change gene frequencies <sup>2</sup>
<b>4. Land use change and soil protection<sup>3</sup> [mod.]</b>	
4.1.	area of forest land converted to non-forest cover <sup>2</sup>
4.2.	area of harvested area with degraded soil quality <sup>2</sup>
4.3.	soil nutrient status, temperature, structure and processes are maintained within the historic range of variability or are improved <sup>1</sup>



METLA



Tekes



5. **Water management<sup>3</sup>**
  - 5.1. there is no significant change in the quantity and quality of water from the forest catchment<sup>2</sup>
  - 5.2. practices should ensure water conservation and improvement<sup>1</sup>
  - 5.3. maintaining or improving quality and quantity of surface and groundwater within the historic range of variability<sup>1</sup>
  - 5.4. total water consumption<sup>5</sup>
  - 5.5. water consumption volume/production output<sup>5</sup>
  - 5.6. consumption volume per type of water/total consumption volume<sup>5</sup>
6. **Use of chemicals, pest control and fertilizer<sup>3</sup>**
  - 6.1. pollutant levels (e.g., airborne pollution) and chemical contamination (e.g., pesticides) in the forest ecosystem<sup>2</sup>
7. **Natural resource efficiency<sup>3</sup>**

*Primary production\**

  - 8.1 area required/unit raw material input<sup>4</sup>
  - 8.2 additional or all year area cultivated in ha/unit raw material input<sup>4</sup>
  - 8.3 land base available for timber production<sup>2</sup>
  - 8.4 mean annual increment for forest type and age class<sup>2</sup>
  - 8.5 annual and periodic removals of timber and non-timber forest products by area and /or volume relative to sustainable levels<sup>2</sup>
  - 8.6 recreational use management provides recreational services while minimizing impacts on wildlife and environment<sup>2</sup>
  - 8.7 silvicultural systems are appropriate to forest type, production of desired products and condition, and assure forest establishment, composition and growth<sup>2</sup>
  - 8.8 harvesting systems and equipment match forest conditions in order to reduce impact on wildlife, soil productivity, residual stand conditions and water quality and quantity<sup>2</sup>
  - 8.9 wildlife management provides hunting, trapping and fishing opportunities and is ecologically oriented and sustainable<sup>2</sup>
  - 8.10 availability and use of recreational opportunities are maintained and other non-timber values are provided<sup>2</sup>
  - 8.11 per capita wood consumption<sup>1</sup>
  - 8.12 firewood production/management area<sup>1</sup>
  - 8.13 amounts of biomass extracted for charcoal production<sup>1</sup>
  - 8.14 industrial bioenergy feedstocks/management area<sup>1</sup>
  - 8.15 extent and nature of illegal harvesting practices<sup>1</sup>
  - 8.16 existence of efficient measures to monitor and protect against illegal harvesting<sup>1</sup>

*Primary and secondary processing\**

  - 8.17 total material input mass/production output<sup>5</sup>
  - 8.18 total material consumption<sup>5</sup>
  - 8.19 renewable material input mass/total material input mass<sup>5</sup>
  - 8.20 production output mass/raw materials input mass<sup>5</sup>
  - 8.21 recycled material input mass/total material input mass<sup>5</sup>
  - 8.22 variety of hazardous materials<sup>5</sup>
  - 8.23 hazardous materials input mass<sup>5</sup>
  - 8.24 number of hazardous materials utilized and hazardous materials' input mass<sup>5</sup>
  - 8.25 amount of carbon steel in tons, used in the construction of the plant/energy produced in lifetime<sup>5</sup>
  - 8.26 amount of copper in tons, used in the construction of the plant/energy produced in lifetime<sup>5</sup>
  - 8.27 amount of aluminum in tons, used in the construction of the plant/ energy produced in lifetime<sup>5</sup>

*Final products and end use\**

  - 8.26 number of sustainable environmental reports<sup>5</sup>
  - 8.27 specific number of complaints from customers<sup>5</sup>
  - 8.28 mass fraction of products with an environmental label<sup>5</sup>
  - 8.29 mass fraction of products made of recyclable materials<sup>5</sup>
  - 8.30 mass fraction of products designed for disassembly, reuse or recycling<sup>5</sup>
  - 8.31 time of product durability<sup>5</sup>
  - 8.32 total packaging mass<sup>5</sup>
  - 8.33 packaging mass/total mass of products<sup>5</sup>
  - 8.34 reusable packaging mass/total packaging mass<sup>5</sup>



METLA



Tekes



8. **Energy balance**<sup>3</sup>
  - 8.1. amount of fuel consumed in tons divided by the energy produced in lifetime<sup>6</sup>
  - 8.2. total energy consumption<sup>5</sup>
  - 8.3. total energy consumed/production output<sup>5</sup>
  - 8.4. consumption per source of energy/total energy consumption<sup>5</sup>
  - 8.5. renewable energy consumption/total energy consumption<sup>5</sup>
  - 8.6. energy used for recycling<sup>5</sup>
9. **Waste management**<sup>3</sup>
  - 9.1. amount of waste in tons produced by the plant divided by the energy produced in lifetime<sup>6</sup>
  - 9.2. total solid waste mass and total liquid waste volume<sup>5</sup>
  - 9.3. recovered and non-recovered solid waste mass<sup>5</sup>
  - 9.4. non-polluted and polluted liquid waste volume<sup>5</sup>
  - 9.5. recycled solid waste mass/total mass of solid waste<sup>5</sup>
  - 9.6. mass of non-recovered solid waste/total mass of solid waste<sup>5</sup>
  - 9.7. mass of hazardous solid waste/total mass of solid waste<sup>5</sup>
  - 9.8. mass of pollutants/liquid waste volume<sup>5</sup>
  - 9.9. mass of hazardous solid waste released into the environment<sup>5</sup>
  - 9.10. mass of specific type of solid waste/production output<sup>5</sup>
  - 9.11. total volume of liquid waste/production output<sup>5</sup>
  - 9.12. pollution load mass (e.g., P, N,...)/production output<sup>5</sup>
10. **Greenhouse gas balance**<sup>3</sup>
  - 10.1. total direct and indirect greenhouse gas emissions (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O)<sup>5</sup>
  - 10.2. total mass of CO<sub>2</sub>-equivalents<sup>5</sup>
  - 10.3. total mass of CO<sub>2</sub>-equivalents/total mass of products<sup>5</sup>
  - 10.4. total mass of ethylene equivalents<sup>5</sup>
  - 10.5. total mass of phosphate equivalents<sup>5</sup>
  - 10.6. total mass of ethylene equivalents/total mass of products<sup>5</sup>
  - 10.7. total mass of phosphate equivalents /total mass of products<sup>5</sup>
  - 10.8. amount of carbon dioxide in tons produced by the plant/energy produced in lifetime<sup>6</sup>
  - 10.9. reduced CO<sub>2</sub>-equivalent by substitution of mineral fertilizer/unit energy input<sup>4</sup>
  - 10.10. reduced CO<sub>2</sub>-equivalent by substitution of mineral fertilizer/unit raw material input<sup>4</sup>
  - 10.11. reduced CO<sub>2</sub>-equivalent/MWh<sup>4</sup>
  - 10.12. reduced CO<sub>2</sub>-equivalent/unit raw material input<sup>4</sup>
  - 10.13. reduced CO<sub>2</sub>-equivalent/unit energy input during lifetime of the plant<sup>4</sup>
11. **Potentially hazardous atmospheric emissions other than greenhouse gases**<sup>3</sup>
  - 11.1. emissions of other gases (SO<sub>2</sub>, NO, CO)<sup>5</sup>
  - 11.2. amount of nitrogen oxide in tons produced by the plant divided by the energy produced in lifetime<sup>6</sup>
  - 11.3. amount of sulfur dioxide in tons produced by the plant divided by the energy produced in lifetime<sup>6</sup>
  - 11.4. total mass of SO<sub>2</sub>-equivalents<sup>5</sup>
  - 11.5. total mass of SO<sub>2</sub>-equivalents/total mass of products<sup>5</sup>
  - 11.6. other significant air emissions by type and weight<sup>6</sup>
  - 11.7. costs of purifying air<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Lattimore, B., Smiths, C. T., Titus, B. D., Stupak, I. & Egnell, G. 2009. Environmental factors in woodfuel production: Opportunities, risks, and criteria and indicators for sustainable practices. *Biomass and Bioenergy*, 33(10): 1321–1342.

<sup>2</sup>Mrosek, T., Balsillie, D & Schleifenbaum, P. 2006. Field testing of a criteria and indicators system for sustainable forest management at the local level. Case study results concerning the sustainability of the private forest Haliburton Forest and Wild Life Reserve in Ontario, Canada. *Forest policy and Economics*, 8(6): 593–609.

<sup>3</sup>Buchholz, T., Luzadis, V. & Volk, T.A. 2009. Sustainability criteria for bioenergy systems: results from an expert survey. *Journal of Cleaner Production*, 17(1): 86–98.

<sup>4</sup>Hoffmann, D. 2009. Creation of regional added value by regional bioenergy resources. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(9): 2419–2429.

<sup>5</sup>Krajnc, D. & Glavič, P. Indicators of sustainable production. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 5(3/4): 279–288.

<sup>6</sup>Afgan, N.H., Carvalho, M.G. & Hovanov, N.V. 2000. Energy system assessment with sustainability indicators. *Energy Policy*, 28(9): 603–612.

<sup>7</sup>Carrera, D.G. & Mack, A. 2010. Sustainability assessment of energy technologies via social indicators: Results of a survey among European energy experts. *Energy Policy*, Volume 38(2): 1030–1039.





## Liite 7. Taloudellisten indikaattoreiden asiantuntijakysely: I. vaihe.



*Millaisilla indikaattoreilla metsien käytön kestävyttä voidaan mitata alueellisessa bioenergiaantuotannossa ja ovatko kaikki indikaattorit keskenään yhtä tärkeitä?  
Miten voidaan arvioida erilaisten metsäenergian tuotantoketjujen kestävyttä alkutuotannosta loppukäyttöön?  
Miten metsäenergiaantuotannon taloudellinen, ekologinen, sosiaalinen ja kulttuurinen kestävyys nivoutuvat toisiinsa?*

**Kysely sinulle, taloudellisen kestävyden asiantuntija**

Metsäenergian tuotannolla nähdään olevan monia suotuisia vaikutuksia: sen avulla voidaan parantaa alueellisia elinkeinomahdollisuuksia, vähentää kasvihuonekaasupäästöjä, lisätä energiaomavaraisuutta ja vahvistaa paikallisia kulttuuripiirteitä. Metsäenergian tuotantotapa vaikuttaa sillä saavutettaviin taloudellisiin, ekologisiin, sosiaalisiin ja kulttuurisiin hyötyihin. Kestävyysvaikutukset eivät ole toisistaan riippumattomia, vaan erilaisten metsäenergiaantuotantovaihtoehtojen taloudellisia vaikutuksia tulisi tarkastella suhteessa muihin kestäväen kehityksen osa-alueisiin. Tällaista moniulotteista tietoa metsäenergian tuotantovaihtoehtojen kestävyysvaikutuksista on toistaiseksi kuitenkin niukasti.

BioSus-hankkeessa tutkitaan erilaisten energiantuotantovaihtoehtojen näkökulmasta metsäbioenergian tuotannon taloudellisia, ekologisia, sosiaalisia ja kulttuurisia vaikutuksia Itä-Suomen alueella. Hanke on Tekesin rahoittama ja se toteutetaan Suomen ympäristökeskuksen (SYKE), Metsäntutkimuslaitoksen (Metla) ja Itä-Suomen yliopiston (UEF) yhteistyönä vuosina 2009–2011.

Tämä kyselylomake liittyy BioSus-hankkeessa toteutettaviin asiantuntijakyselyihin, joihin on pyydetty mukaan noin 40 suomalaisten metsien käytön taloudelliseen, ekologiseen, sosiaaliseen ja kulttuuriseen kestävyteen perehtynyttä asiantuntijaa. Tuotantosysteemien kestävyysvaikutuksia tarkastellaan kutakin osa-aluetta kuvaavien indikaattorien avulla. Indikaattorien määrittelyyn käytetään taloudellisiin, ekologisiin, sosiaalisiin ja kulttuurisiin kysymyksiin perehtyneitä asiantuntijoita. **Tämä indikaattorien määrittelyyn liittyvä kyselylomake on lähetetty noin kymmenelle taloudellisen kestävyden asiantuntijalle.**

Toivomme sinun osallistuvan tähän kyselyyn, jonka sisältö on kuvattu yksiselitteisesti lomakkeen seuraavilla sivuilla.

**Kiitos yhteistyöstä!**

Katja Lähtinen  
Tutkija (MMT)  
katja.lahtinen@ymparisto.fi  
GSM 040 566 2573

Suomen ympäristökeskus (SYKE)

Pekka Leskinen  
Tutkimusprofessori  
pekka.leskinen@ymparisto.fi  
GSM 040 748 8545

*Vastaajan nimi:* \_\_\_\_\_



**METLA**



**Tekes**





### Asiantuntijakyselyn sisältö ja tarkoitus

Taloudellisia indikaattoreita koskeva tiedonkeruu toteutetaan kaksivaiheisena: ensimmäisessä osassa toivomme sinun esittävän noin kymmenen olennaisinta indikaattoria, joiden avulla voidaan mitata taloudellisen kestävyuden toteutumista neljässä itäsuomalaista metsäbiomassaa kokonaan tai osittain käyttävässä tuotantosysteemissä. Ennen tärkeiksi katsomiesi taloudellisten indikaattorien määrittelyä toivomme, että perehdyt BioSus-hankkeessa tarkasteltavien tuotantosysteemien yksityiskohtaisiin kuvauksiin (sivut 3–5). Tällöin tuotantoketjujen ominaispiirteet alkutuotannosta loppukäyttöön tulevat otetuiksi mahdollisimman hyvin huomioon taloudellisen kestävyuden määrittelyssä.

Taloudellisen kestävyuden indikaattorien määrittelyyn voit joko hyödyntää sivuilla 6–7 olevaa, tutkimuskirjallisuuden pohjautuvaa indikaattorilistaa (taulukko 2) tai esittää listan ulkopuolelta kokonaan omat indikaattorisi. Voit myös halutessasi muokata valmiita indikaattoreita mittaustilanteeseen mielestäsi paremmin sopivaksi. Toivomme sinun kirjoittavan tärkeinä pitämäsi indikaattorit tämän kyselyn sivulle 8 (taulukko 3). Tila mahdollisille kyselyyn tai yleisemmin tutkimushankkeeseen liittyville kommentteille on lomakkeen viimeisellä sivulla 9.

Tähän kyselyyn vastanneiden asiantuntijoiden yksittäisten näkemysten pohjalta laaditaan indikaattorikokoelma niistä olennaisista mittareista, joita tulisi käyttää arvioitaessa pohjoiskarjalaista metsäbiomassaa hyödyntävien tuotantosysteemien taloudellista kestävyyttä. Tämän kyselyn valmistuttua toteutettavassa toisessa tiedonkeruun osassa arvotetaan vielä päätöstukimenetelmiä hyödyntämällä taloudellisen kestävyuden indikaattorikokoelmassa olevien yksittäisten mittarien suhteellinen keskinäinen merkitys. Taloudellisten mittarien suhteelliset merkitykset sisältävää indikaattorikokoelmaa käytetään vastaavien ekologista, taloudellista ja kulttuurista kestävyyttä kuvaavien indikaattorikokoelmien kanssa tuotantosysteemien moniulotteisten kestävyysvaikutusten arviointiin.

BioSus-hankkeessa tarkastelun kohteena oleva tuote on metsäbiomassalla tuotettava energia sisältäen raaka-aineiden hankinnan, valmistuksen, jakelun, käytön, kierrätyksen ja jätteenkäsittelyn (kuva 1). Metsäenergian tuotantosysteeminä tarkastellaan 1) paikallista metsähakkeen käyttöön perustuvaa lämmöntuotantoa, 2) puu- ja turvebiomassan käyttöön perustuvaa lämmön- ja sähköntuotantoa CHP-laitoksessa, 3) puutuoteollisuuden sivutuotteista jalostettavien pellettien valmistusta sekä 4) puu- ja turvebiomassasta jalostettavaa biodieselä. BioSus-hankkeen tuotantosysteemien kuvaukset perustuvat neljän, sivuilla 3–4 esiteltävän case-yrityksen prosesseihin (taulukko 1), joiden oletetaan edustavan alalla tyypillisiä toimintamalleja.

**Kuva 1.** BioSus-hankkeessa mukana olevat metsäenergian tuotantosysteemit ja niiden prosessit.



METLA



Tekes



## BioSus-hankkeen case-yritykset

### Paikallisen metsähakkeen käyttö lämpöyrityksessä, Enon energiaosuuskunta (1)

Enon energia-osuuskunta on paikallisten metsänomistajien omistama yritys. Lämpöyrityksessä käytettävä raaka-aine hankitaan paikallisista metsistä ja poltetaan samalla alueella sijaitsevassa pienessä lämpövoimalassa. Metsähakkeen käytöllä korvataan öljyn ja kaasun polttoa. Osakkaat ovat sijoittaneet pääomaan koko tuotantoketjuun ja he omistavat myös Enon lämpölaitokset. Paikallisten toimitilojen omistajat ovat energiaosuuskunnan asiakkaita ja toiminta perustuu "avaimet käteen"-periaatteeseen.



Lämpöyritystoimintaan ja paikallisen metsähakkeen käyttöön liittyviä etuja ovat energiaomavaraisuuden lisääminen ja aluetalouden tukeminen. Tuotot jäävät paikallisesti kuntaan sen sijaan että fossiilista energiaa ostettaisiin alueen ulkopuolelta. Toisaalta systeemin kasvupotentiaali on vähäinen, sillä lämpö on käytettävä paikallisesti, sen tarve on rajallinen, eikä lämpöä voida myöskään varastoida myöhempää käyttöä varten.

### Metsähakkeen ja turpeen suora poltto CHP-laitoksessa, Fortum Joensuu (2)

Fortumin CHP-laitos Joensuussa tuottaa suurimman osan Joensuun keskusalueen 50 000 asukkaan tarvitsemasta lämmöstä ja sähköstä. Tehdas käyttää polttoaineena metsähakkeen ja turpeen sekoitusta; käytettävästä raaka-aineesta noin 80 % on metsähaketta, noin 20 % on turvetta. Käytössä olevaan laitekantaan liittyvien teknisten syiden takia turvetta käytetään metsähakkeen seospolttoaineena energiantuotannossa. Kestävän kehityksen näkökulmasta tilanne on mielenkiintoinen, koska turpeen käyttö tuo mahdollisuuden myös laajamittaiselle metsähakkeen käytölle.



Kotimaisena raaka-aineena turpeella on merkittävä rooli Suomen energiapolitiikassa. Metsähakkeen käyttöä lisäämällä voidaan myös vaikuttaa turpeen käyttöön. Merkittävin metsähakkeen ja turpeen välinen ero on niiden uusiutuvuus: turpeen hiilidioksidipäästöt ovat merkittävät ja se luokitellaan yleensä uusiutumattomaksi luonnonvaraksi, kun taas metsähake on laskennallisesti hiilineutraali ja uusiutuva energianlähde.



METLA



Tekes

## Pelletit puutuoteteollisuuden sivutuotteista, Ilomantsin pellettitehdas (3)

Puupelletit ovat puutuoteteollisuuden sivutuotteista jalostettu biopolttoaine, jolla on suhteellisen korkea energiasisältö. Puupellettejä valmistetaan kuljetuskustannusten laskemiseksi ja käytön helpottamiseksi.

Ilomantsin pellettitehdas sijaitsee Pohjois-Karjalassa lähellä Venäjän rajaa. Sijainti on etäinen, mutta tehtaalla on merkittävä rooli paikalliselle taloudelle, koska se tarjoaa alueella työtä ja aliurakointitilaisuuksia. Raaka-aine kuljetetaan pääasiassa kunnan ulkopuolelta, ja valmiit pelletit kuljetetaan aina ulkomaille asti. Pellettituotannon kestävyysvaikutukset poikkeavat oletettavasti esimerkiksi paikallisen lämpölaitoksen vaikutuksista, mutta kuinka paljon ja millä kestävyiden osa-alueilla?



## Puun ja turpeen käyttö biodieselin jalostuksessa, NSA Biofuels -koelaitos Varkaus (4)

Biojalostaminen ja laaja-alainen biomassan prosessointi biodieseliä ja muiksi nestemäisiksi polttoaineiksi ovat kiinnostuksen kohde monissa EU-kehitysprojekteissa. Varkauden koelaitos on Suomen edistynein biojalostamo ja sen vuotuinen metsäbiomassan käyttö on noin 50 000 tonnia. Täydessä mittakaavassa toimiessaan valmiin jalostamon raaka-aineen käyttö olisi noin 1–2 miljoonaa tonnia metsäbiomassaa, millä olisi suuri vaikutus alueellisten metsävarojen käyttöön.



Suurten biojalostamojen rakentaminen lisää kilpailua raaka-aineesta ja olennainen kysymys on, kuinka Enon paikallisen lämpölaitoksen kaltaiset energiantuotantosysteemit voisivat kilpailla samasta biomassasta suurien biojalostamojen kanssa. Olennaista on myös pohtia, mitä seurauksia biojalostamoilla voisi olla sekä sosiaaliselle, ekologiselle, taloudelliselle että kulttuuriselle kestävyydelle.





Taulukko 1. Case-yritysten tuotantoketjujen yksikköprosessit.

	Paikallisen metsähakkeen käyttö lämpöyrityksessä	Metsähakkeen ja turpeen suora poltto CHP-laitoksessa		Puutuote-teollisuuden sivutuotteiden käyttö pellettien valmistuksessa	Puun (ja turpeen) käyttö biodiesel jalostuksessa
<b>Raaka-aineen hankinta</b>	Ensiharvennus palstalla Hakkutähteiden keruu palstalla Kantojen nosto palstalla	Ensiharvennus palstalla Hakkutähteiden keruu palstalla Kantojen nosto palstalla	Turpeen jrsintä ja kuivatus turvetuotantoalueella	Harvennus- tai päätehakkuu palstalla	Ensiharvennuspuun, ainespuun ja kantojen korjuu palstalla Hakkutähteiden keruu palstalla
<b>Lähikuljetus</b>	Energiapuun kuljetus palstalta metsätien varteen	Energiapuun kuljetus palstalta metsätien varteen	Jyrsinturpeen kuljetus aumaan	Tukkien kuljetus palstalta metsätien varteen	Metsäbiomassan kuljetus palstalta metsätien varteen
<b>Varastointi</b>	Kuivaus ja välivarastointi metsätien varressa Haketus metsätien varressa	Kuivaus ja välivarastointi metsätien varressa Haketus metsätien varressa (tai tehtaalla)	Turpeen varastointi aumassa		
<b>Kauko-kuljetus</b>	Energiapuun kuljetus lämpölaitokselle	Energiapuun kuljetus voimalaitokselle	Turpeen kuljetus voimalaitokselle	Tukkien kuljetus puunjalostus-teollisuuteen	Metsäbiomassan kuljetus biodiesel-tehtaalle
<b>Varastointi</b>					Metsäbiomassan (ja turpeen) varastointi integroidun sellu- ja paperitehtaan, voimalaitoksen ja biojalostamon alueella
<b>Raaka-aineen lajittelu tehtaalla</b>					Ainespuu sellutehtaalle, muu biomassa Fisher-Tropsch -prosessiin Sellutehtaalla biomassaa (esim. puun kuorta) Fisher-Tropsch -prosessiin (Turve Fisher-Tropsch -prosessiin)
<b>Väli tuotteen jalostus</b>				Tukkien prosessointi sahatavaraksi (saanto 50 % sahatavaraa, 40 % haketta ja purua, 10 % muuta)	Biomassan kuivaus, kaasutus Kaasun puhdistus Katalyyttinen nesteytysynteesi FT-vahaksi
<b>Kauko-kuljetus</b>				Puutuote-teollisuuden sivutuotteiden kuljetus pellettehtaalle	FT-vahan kuljetus Nesteen Porvoon tehtaalle
<b>Varastointi</b>	Metsähakkeen välivarastointi tehtaalla	Rankojen, hakkutähteiden ja kantojen välivarastointi tehtaalla		Puutuote-teollisuuden sivutuotteista saatavan raaka-aineen välivarastointi pellettehtaalla	
<b>Loppu-tuotteen jalostus</b>		Haketus tehtaalla (ellei tehty metsäpalstalla)		Raaka-aineen murskaus ja mahdollinen kuivaus Pelletointi puristamalla Jäähdytys Seulonta	Biodieselin valmistus Nesteen Porvoon tehtaalla
<b>Varastointi</b>		Metsähakkeen välivarastointi tehtaan pihalla	Jyrsinturpeen välivarastointi tehtaalla siloissa	Pellettien varastointi ja mahdollinen pakkaaminen	
<b>Loppu-tuotteen jakelu ja käyttö</b>	Lämmöntuotanto tehtaalla ja jakelu lämpöverkkoa pitkin	Sähkön- ja lämmöntuotanto tehtaalla Energian jakelu lämpö- ja sähköverkkoa pitkin		Pellettien kuljetus jälleenmyyjälle tai loppukäyttäjälle	Biodieselin kuljetus jälleenmyyjälle



METLA



Tebes



**Taulukko 2.** Tutkimuskirjallisuudesta taloudellisten indikaattorien määrittelyn tueksi poimittuja taloudellisia **kriteereitä** ja indikaattoreita. Listan hyödyntäminen vastaamisessa ei ole välttämätöntä.

ECONOMIC SUSTAINABILITY	
<b>1. Economic stability<sup>3</sup></b>	
1.1.	amount of money invested in the respective option divided by the energy production in lifetime <sup>6</sup>
1.2.	total investment in €/€ alternative total export of financial funds for external energy acquisition <sup>4</sup>
1.3.	regional total accrual in €/€ alternative total export of financial funds for external energy acquisition <sup>4</sup>
1.4.	existence of economic rents exist [for forest primary production], i.e., total management revenues exceed management costs <sup>2</sup>
1.5.	economic importance of forest management units [forest primary production] for local communities <sup>2</sup>
1.6.	number of respective entity/kWh produced in lifetime <sup>6</sup>
<b>2. Macroeconomic sustainability<sup>3</sup></b>	
2.1.	national investment / unit input <sup>4</sup>
2.2.	total investment/unit input <sup>4</sup>
2.3.	regional investment (regional accrual of funds once) unit input <sup>4</sup>
2.4.	regional turnover (yearly accrual of funds)/€ total investment <sup>4</sup>
2.5.	gain of GNP 5 for the community/unit kWh <sup>5</sup>
2.6.	investments in sustainable R&D as a fraction of the expenses of the company <sup>5</sup>
2.7.	value of investments in environmental protection <sup>5</sup>
2.8.	value fraction of investments in ethical activity <sup>5</sup>
2.9.	the amount of capital/kWh produced in lifetime <sup>6</sup>
<b>3. Microeconomic sustainability<sup>3</sup></b>	
<b>Revenues*</b>	
<sup>3.1.</sup>	revenues from eco products <sup>5</sup>
<sup>3.2.</sup>	revenues from eco products/total revenue <sup>5</sup>
<sup>3.3.</sup>	regional turnover (yearly regional accrual)/ unit input (material flows) <sup>4</sup>
<sup>3.4.</sup>	regional turnover (yearly regional accrual) from raw material/unit regional input (material flows) <sup>4</sup>
<b>3.5.</b>	average revenue/unit total input (material flows) <sup>4</sup>
<b>Costs*</b>	
<sup>3.6.</sup>	regional raw material costs (regional accrual for raw material)/unit regional input <sup>4</sup>
<sup>3.7.</sup>	total costs and costs by type i.e., energy, material, water usage, solid waste disposal, liquid waste disposal, purifying air, packaging, environmental responsibility <sup>5</sup>
<sup>3.8.</sup>	cost of employee/production output <sup>5</sup>
<sup>3.9.</sup>	costs per source of energy/consumption per source of energy <sup>5</sup>
<sup>3.10.</sup>	total water costs/total production costs <sup>5</sup>
<sup>3.11.</sup>	costs per type of water/consumption volume per type of water <sup>5</sup>
<sup>3.12.</sup>	total solid waste costs/total production costs <sup>5</sup>
<sup>3.13.</sup>	packaging costs/production output <sup>5</sup>
<sup>3.14.</sup>	absolute purifying costs/total production costs <sup>5</sup>
<b>3.15.</b>	total liquid waste costs/total production costs <sup>5</sup>
<b>Value added*</b>	
<b>3.16.</b>	fraction of value added in GDP <sup>5</sup>
<b>Efficiency*</b>	
<sup>3.17.</sup>	energy intensity, i.e., total energy consumed/value of product sold or value added <sup>5</sup>
<sup>3.18.</sup>	efficiency of the system/energy production <sup>6</sup>
<sup>3.19.</sup>	total material input mass/value of product sold or value added <sup>5</sup>
<sup>3.20.</sup>	total mass of CO <sub>2</sub> -equivalents/value of product sold or value added <sup>5</sup>
<sup>3.21.</sup>	total mass of SO <sub>2</sub> -equivalents/value of product sold or value added <sup>5</sup>
<sup>3.22.</sup>	total mass of ethylene equivalents/value of product sold or value added <sup>5</sup>
<sup>3.23.</sup>	total mass of phosphate equivalents/value of product sold or value added <sup>5</sup>



METLA



Tekes



#### 4. Employment generation<sup>3</sup>

- 4.1. number of paid hours/kWh produced in lifetime<sup>6</sup>
- 4.2. generated jobs/unit input<sup>4</sup>
- 4.3. generated regional jobs/unit input<sup>4</sup>
- 4.4. employment of local people at forest management units [primary production]<sup>2</sup>
- 4.5. additional generated and preserved jobs / unit input<sup>4</sup>
- 4.6. reserved regional jobs/unit input<sup>4</sup>
- 4.7. displaced regional jobs/unit input<sup>4</sup>
- 4.8. total [employment] deployment/unit input<sup>4</sup>
- 4.9. placement of regional personal/unit input<sup>4</sup>
- 4.10. placement of high qualified regional personal/unit input<sup>4</sup>
- 4.11. placement of regional personal qualified in the project/unit input<sup>4</sup>
- 4.12. placement of low qualified regional personal/unit input<sup>4</sup>
- 4.13. capacitated personal/unit input<sup>4</sup>
- 4.14. additional generated and preserved jobs/unit regional input<sup>4</sup>
- 4.15. additional generated and preserved jobs/unit alternatively external purchased energy<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Lattimore, B., Smiths, C. T., Titus, B. D., Stupak, I. & Egnell, G. 2009. Environmental factors in woodfuel production: Opportunities, risks, and criteria and indicators for sustainable practices. *Biomass and Bioenergy*, 33(10): 1321–1342.

<sup>2</sup>Mrosek, T., Balsillie, D & Schleifenbaum, P. 2006. Field testing of a criteria and indicators system for sustainable forest management at the local level. Case study results concerning the sustainability of the private forest Haliburton Forest and Wild Life Reserve in Ontario, Canada. *Forest policy and Economics*, 8(6): 593–609.

<sup>3</sup>Buchholz, T., Luzadis, V. & Volk, T.A. 2009. Sustainability criteria for bioenergy systems: results from an expert survey. *Journal of Cleaner Production*, 17(1): 86–98.

<sup>4</sup>Hoffmann, D. 2009. Creation of regional added value by regional bioenergy resources. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(9): 2419–2429.

<sup>5</sup>Krajnc, D. & Glavič, P. Indicators of sustainable production. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 5(3/4): 279–288.

<sup>6</sup>Algan, N.H., Carvalho, M.G. & Hovanov, N.V. 2000. Energy system assessment with sustainability indicators. *Energy Policy*, 28(9): 603–612.

<sup>7</sup>Carrera, D.G. & Mack, A. 2010. Sustainability assessment of energy technologies via social indicators: Results of a survey among European energy experts. *Energy Policy*, Volume 38(2): 1030–1039.



METLA



Tekes







## Liite 8. Sosiaalisten indikaattoreiden asiantuntijakysely: I. vaihe.



*Millaisilla indikaattoreilla metsien käytön kestävyyttä voidaan mitata alueellisessa bioenergiantuotannossa ja ovatko kaikki indikaattorit keskenään yhtä tärkeitä?  
Miten voidaan arvioida erilaisten metsäenergian tuotantoketjujen kestävyyttä alkutuotannosta loppukäyttöön?  
Miten metsäenergiantuotannon sosiaalinen, ekologinen, taloudellinen ja kulttuurinen kestävyys nivoutuvat toisiinsa?*

**Kysely sinulle, sosiaalisen kestävyuden asiantuntija**

Metsäenergian tuotannolla nähdään olevan monia suotuisia vaikutuksia: sen avulla voidaan parantaa alueellisia elinkeinomahdollisuuksia, vähentää kasvihuonekaasupäästöjä, lisätä energiaomavaraisuutta ja vahvistaa paikallisia kulttuuripiirteitä. Metsäenergian tuotantotapa vaikuttaa sillä saavutettaviin sosiaalisiin, ekologisiin, taloudellisiin ja kulttuurisiin hyötyihin. Kestävyysvaikutukset eivät ole toisistaan riippumattomia, vaan erilaisten metsäenergiantuotantovaihtoehtojen sosiaalisia vaikutuksia tulisi tarkastella suhteessa muihin kestäväan kehityksen osa-alueisiin. Tällaista moniulotteista tietoa metsäenergian tuotantovaihtoehtojen kestävyysvaikutuksista on toistaiseksi kuitenkin niukasti.

BioSus-hankkeessa tutkitaan erilaisten energiantuotantovaihtoehtojen näkökulmasta metsäbioenergian tuotannon sosiaalisia, ekologisia, taloudellisia ja kulttuurisia vaikutuksia Itä-Suomen alueella. Hanke on Tekesin rahoittama ja se toteutetaan Suomen ympäristökeskuksen (SYKE), Metsäntutkimuslaitoksen (Metla) ja Itä-Suomen yliopiston (UEF) yhteistyönä vuosina 2009–2011.

Tämä kyselylomake liittyy BioSus-hankkeessa toteutettaviin asiantuntijakyselyihin, joihin on pyydetty mukaan noin 40 suomalaisten metsien käytön sosiaaliseen, ekologiseen, taloudelliseen ja kulttuuriseen kestävyteen perehtynyttä asiantuntijaa. Tuotantosysteemien kestävyysvaikutuksia tarkastellaan kutakin osa-aluetta kuvaavien indikaattorien avulla. Indikaattorien määrittelyyn käytetään ekologisiin, taloudellisiin, sosiaalisiin ja kulttuurisiin kysymyksiin perehtyneitä asiantuntijoita. **Tämä indikaattorien määrittelyyn liittyvä kyselylomake on lähetetty noin kymmenelle sosiaalisen kestävyuden asiantuntijalle.**

Toivomme sinun osallistuvan tähän kyselyyn, jonka sisältö on kuvattu yksiselitteisesti lomakkeen seuraavilla sivuilla.

**Kiitos yhteistyöstä!**

Katja Lähtinen  
Tutkija (MMT)  
katja.lahtinen@ymparisto.fi  
GSM 040 566 2573

Pekka Leskinen  
Tutkimusprofessori  
pekka.leskinen@ymparisto.fi  
GSM 040 748 8545

Suomen ympäristökeskus (SYKE)

Vastaajan nimi: \_\_\_\_\_



**METLA**



**Tekes**



### Asiantuntijakyselyn sisältö ja tarkoitus

Sosiaalisia indikaattoreita koskeva tiedonkeruu toteutetaan kaksivaiheisena: ensimmäisessä osassa toivomme sinun esittävän noin kymmenen olennaisinta indikaattoria, joiden avulla voidaan mitata sosiaalisen kestävyuden toteutumista neljässä itäsuomalaisista metsäbiomassaa kokonaan tai osittain käyttävässä tuotantosysteemissä. Ennen tärkeiksi katsomiesi sosiaalisten indikaattorien määrittelyä toivomme, että perehdyt BioSus-hankkeessa tarkasteltavien tuotantosysteemien yksityiskohtaisiin kuvauksiin (sivut 3–5). Tällöin tuotantoketjujen ominaispiirteet alkutuotannosta loppukäyttöön tulevat otetuiksi mahdollisimman hyvin huomioon sosiaalisen kestävyuden määrittelyssä.

Sosiaalisen kestävyuden indikaattorien määrittelyyn voit joko hyödyntää sivuilla 6–7 olevaa, tutkimuskirjallisuuteen pohjautuvaa indikaattorilistaa (taulukko 2) tai esittää listan ulkopuolelta kokonaan omat indikaattorisi. Voit myös halutessasi muokata valmiita indikaattoreita mittaustilanteeseen mielestäsi paremmin sopivaksi. Toivomme sinun kirjoittavan tärkeinä pitämäsi indikaattorit tämän kyselyn sivulle 8 (taulukko 3). Tila mahdollisille kyselyyn tai yleisemmin tutkimushankkeeseen liittyville kommentteille on lomakkeen viimeisellä sivulla 9.

Tähän kyselyyn vastanneiden asiantuntijoiden yksittäisten näkemysten pohjalta laaditaan indikaattorikokoelma niistä olennaisista mittareista, joita tulisi käyttää arvioitaessa pohjoiskarjalaista metsäbiomassaa hyödyntävien tuotantosysteemien sosiaalista kestävyyttä. Tämän kyselyn valmistuttua toteutettavassa toisessa tiedonkeruun osassa arvioidaan vielä päätöstukimenetelmiä hyödyntämällä sosiaalisen kestävyuden indikaattorikokoelmassa olevien yksittäisten mittarien suhteellinen keskinäinen merkitys. Sosiaalisten mittarien suhteelliset merkitykset sisältävää indikaattorikokoelmaa käytetään vastaavien ekologista, taloudellista ja kulttuurista kestävyyttä kuvaavien indikaattorikokoelmien kanssa tuotantosysteemien moniulotteisten kestävyysvaikutusten arviointiin.

BioSus-hankkeessa tarkastelun kohteena oleva tuote on metsäbiomassalla tuotettava energia sisältäen raaka-aineiden hankinnan, valmistuksen, jakelun, käytön, kierrätyksen ja jätteenkäsittelyn (kuva 1). Metsäenergian tuotantosysteeminä tarkastellaan 1) paikallista metsähakkeen käyttöön perustuvaa lämmöntuotantoa, 2) puu- ja turvebiomassan käyttöön perustuvaa lämmön- ja sähköntuotantoa CHP-laitoksessa, 3) puutuoteollisuuden sivutuotteista jalostettavien pellettien valmistusta sekä 4) puu- ja turvebiomassasta jalostettavaa biodieseliä. BioSus-hankkeen tuotantosysteemien kuvaukset perustuvat neljän, sivuilla 3–4 esiteltävän case-yrityksen prosesseihin (taulukko 1), joiden oletetaan edustavan alalla tyyppillisiä toimintamalleja.

**Kuva 1.** BioSus-hankkeessa mukana olevat metsäenergian tuotantosysteemit ja niiden prosessit.



METLA



Tekes



# BioSus

## BioSus-hankkeen case-yritykset

### Paikallisen metsähakkeen käyttö lämpöyrityksessä, Enon energiaosuuskunta (1)

Enon energia-osuuskunta on paikallisten metsänomistajien omistama yritys. Lämpöyrityksessä käytettävä raaka-aine hankitaan paikallisista metsistä ja poltetaan samalla alueella sijaitsevassa pienessä lämpövoimalassa. Metsähakkeen käytöllä korvataan öljyn ja kaasun polttoa. Osakkaat ovat sijoittaneet pääomaa koko tuotantoketjuun ja he omistavat myös Enon lämpölaitokset. Paikallisten toimitilojen omistajat ovat energiaosuuskunnan asiakkaita ja toiminta perustuu "avaimet käteen"-periaatteeseen.



Lämpöyrittötoimintaan ja paikallisen metsähakkeen käyttöön liittyviä etuja ovat energiaomavaraisuuden lisääminen ja aluetalouden tukeminen. Tuotot jäävät paikallisesti kuntaan sen sijaan että fossiilista energiaa ostettaisiin alueen ulkopuolelta. Toisaalta systeemin kasvupotentiaali on vähäinen, sillä lämpö on käytettävä paikallisesti, sen tarve on rajallinen, eikä lämpöä voida myöskään varastoida myöhempää käyttöä varten.

### Metsähakkeen ja turpeen suora poltto CHP-laitoksessa, Fortum Joensuu (2)

Fortumin CHP-laitos Joensuussa tuottaa suurimman osan Joensuun keskusalueen 50 000 asukkaan tarvitsemasta lämmöstä ja sähköstä. Tehdas käyttää polttoaineena metsähakkeen ja turpeen sekoitusta; käytettävästä raaka-aineesta noin 80 % on metsähaketta, noin 20 % on turvetta. Käytössä olevaan laitekantaan liittyvien teknisten syiden takia turvetta käytetään metsähakkeen seospolttoaineena energiantuotannossa. Kestävän kehityksen näkökulmasta tilanne on mielenkiintoinen, koska turpeen käyttö tuo mahdollisuuden myös laajamittaiselle metsähakkeen käytölle.



Kotimaisena raaka-aineena turpeella on merkittävä rooli Suomen energiapolitiikassa. Metsähakkeen käyttöä lisäämällä voidaan myös vaikuttaa turpeen käyttöön. Merkittävin metsähakkeen ja turpeen välinen ero on niiden uusiutuvuus: turpeen hiilidioksidipäästöt ovat merkittävät ja se luokitellaan yleensä uusiutumattomaksi luonnonvaraksi, kun taas metsähake on laskennallisesti hiilineutraali ja uusiutuva energianlähde.



METLA



Tekes

### Pelletit puutuoteteollisuuden sivutuotteista, Iiomantsin pellettitehdas (3)

Puupelletit ovat puutuoteteollisuuden sivutuotteista jalostettu biopolttoaine, jolla on suhteellisen korkea energiasisältö. Puupellettejä valmistetaan kuljetuskustannusten laskemiseksi ja käytön helpottamiseksi.

Iiomantsin pellettitehdas sijaitsee Pohjois-Karjalassa lähellä Venäjän rajaa. Sijainti on etäinen, mutta tehtaalla on merkittävä rooli paikalliselle taloudelle, koska se tarjoaa alueella työtä ja aliorakointitilaisuuksia. Raaka-aine kuljetetaan pääasiassa kunnan ulkopuolelta, ja valmiit pelletit kuljetetaan aina ulkomaille asti. Pellettituotannon kestävyysvaikutukset poikkeavat oletettavasti esimerkiksi paikallisen lämpölaitoksen vaikutuksista, mutta kuinka paljon ja millä kestävyiden osa-alueilla?



### Puun ja turpeen käyttö biodieselin jalostuksessa, NSA Biofuels -koelaitos Varkaus (4)

Biojalostaminen ja laaja-alainen biomassan prosessointi biodieseliä ja muita nestemäisiksi polttoaineiksi ovat kiinnostuksen kohde monissa EU-kehitysprojekteissa. Varkauden koelaitos on Suomen edistynein biojalostamo ja sen vuotuinen metsäbiomassan käyttö on noin 50 000 tonnia. Täydessä mittakaavassa toimiessaan valmiin jalostamon raaka-aineen käyttö olisi noin 1–2 miljoonaa tonnia metsäbiomassaa, millä olisi suuri vaikutus alueellisten metsävarojen käyttöön.



Suurten biojalostamojen rakentaminen lisää kilpailua raaka-aineesta ja olennainen kysymys on, kuinka Enon paikallisen lämpölaitoksen kaltaiset energiantuotantosysteemit voisivat kilpailla samasta biomassasta suurien biojalostamojen kanssa. Olennaista on myös pohtia, mitä seurauksia biojalostamoilla voisi olla sekä sosiaaliselle, ekologiselle, taloudelliselle että kulttuuriselle kestävyydelle.



Taulukko 1. Case-yritysten tuotantoketjujen yksikköprosessit.

	Paikallisen metsähakkeen käyttö lämpöyrityksessä	Metsähakkeen ja turpeen suora poltto CHP-laitoksessa		Puutuote-teollisuuden sivutuotteiden käyttö pellettien valmistuksessa	Puun (ja turpeen) käyttö biodieselin jalostuksessa
<b>Raaka-aineen hankinta</b>	Ensiharvennus palstalla Hakkutähteiden keruu palstalla Kantojen nosto palstalla	Ensiharvennus palstalla Hakkutähteiden keruu palstalla Kantojen nosto palstalla	Turpeen jysintä ja kuivatus turvetuotantoalueella	Harvennus- tai päälehakkuu palstalla	Ensiharvennuspuun, ainespuun ja kantojen korjuu palstalla Hakkutähteiden keruu palstalla
<b>Lähikuljetus</b>	Energiapuun kuljetus palstalta metsätien varteen	Energiapuun kuljetus palstalta metsätien varteen	Jyrsinturpeen kuljetus aumaan	Tukkien kuljetus palstalta metsätien varteen	Metsäbiomassan kuljetus palstalta metsätien varteen
<b>Varastointi</b>	Kuivaus ja väli-varastointi metsätien varressa Haketus metsätien varressa	Kuivaus ja väli-varastointi metsätien varressa Haketus metsätien varressa (tai tehtaalla)	Turpeen varastointi aumassa		
<b>Kauko-kuljetus</b>	Energiapuun kuljetus lämpölaitokselle	Energiapuun kuljetus voimalaitokselle	Turpeen kuljetus voimalaitokselle	Tukkien kuljetus puunjalostus-teollisuuteen	Metsäbiomassan kuljetus biodiesel-tehtaalle
<b>Varastointi</b>					Metsäbiomassan (ja turpeen) varastointi integroidun sellu- ja paperitehtaan, voimalaitoksen ja biojalostamon alueella
<b>Raaka-aineen lajittelu tehtaalla</b>					Ainespuu sellutehtaalle, muu biomassaa Fisher-Tropsch -prosessiin Sellutehtaalta biomassaa (esim. puun kuorta) Fisher-Tropsch -prosessiin (Turve Fisher-Tropsch -prosessiin)
<b>Välituotteen jalostus</b>				Tukkien prosessointi sahatavaraksi (saanto 50 % sahatavaraa, 40 % haketta ja puraa, 10 % muuta)	Biomassan kuivaus, kaasutus Kaasun puhdistus Katalyyttinen nestäytysynteesi FT-vahaksi
<b>Kauko-kuljetus</b>				Puutuote-teollisuuden sivutuotteiden kuljetus pellettehtaalle	FT-vahan kuljetus Nesteen Porvoon tehtaalle
<b>Varastointi</b>	Metsähakkeen väli-varastointi tehtaalla	Rankojen, hakkuutähteiden ja kantojen väli-varastointi tehtaalla		Puutuote-teollisuuden sivutuotteista saatavan raaka-aineen väli-varastointi pellettehtaalla	
<b>Loppu-tuotteen jalostus</b>		Haketus tehtaalla (ellei tehty metsäpalstalla)		Raaka-aineen murskaus ja mahdollinen kuivaus Pelletointi puristamalla Jäähdytys Seulonta	Biodieselin valmistus Nesteen Porvoon tehtaalla
<b>Varastointi</b>		Metsähakkeen väli-varastointi tehtaan pihalla	Jyrsinturpeen väli-varastointi tehtaalla siloissa	Pellettien varastointi ja mahdollinen pakkaaminen	
<b>Loppu-tuotteen jakelu ja käyttö</b>	Lämmöntuotanto tehtaalla ja jakelu lämpöverkkoa pitkin	Sähkön- ja lämmöntuotanto tehtaalla Energian jakelu lämpö- ja sähköverkkoa pitkin		Pellettien kuljetus jälleenmyyjälle tai loppukäyttäjälle	Biodieselin kuljetus jälleenmyyjälle







**Taulukko 2.** Tutkimuskirjallisuudesta sosiaalisten indikaattorien määrittelyn tueksi poimittuja sosiaalisia **kriteereitä** ja indikaattoreita. Listan hyödyntäminen vastaamisessa ei ole välttämätöntä.

SOCIAL SUSTAINABILITY	
<b>1. Compliance with laws<sup>3</sup></b>	
1.1.	forest management considers and meets legal forestry requirements and standards <sup>2</sup>
1.2.	extent to which forest management considers and meets legal obligations concerning duly established Aboriginal and treaty rights <sup>2</sup>
<b>2. Planning<sup>3</sup></b>	
2.1.	capacity to implement international instruments and guidelines <sup>1</sup>
2.2.	capacity for research and adaptive management <sup>1</sup>
2.3.	capacity to adequately monitor progress on the ground <sup>1</sup>
2.4.	there is sustained and adequate funding and staff for forest management <sup>2</sup>
2.5.	policy and planning are based on recent and accurate information <sup>2</sup>
2.6.	objectives are clearly stated concerning major functional forest areas <sup>2</sup>
2.7.	institutions responsible for research are adequately funded and staffed <sup>2</sup>
2.8.	transfer and adaptation of environmentally sound forest management technologies <sup>1</sup>
<b>3. Monitoring of criteria performance<sup>3</sup></b>	
3.1.	regular inventories established and monitored regularly <sup>2</sup>
3.2.	documentation and records of all forest management activities are kept in a form that makes monitoring possible <sup>2</sup>
3.3.	actual vs. planned performance is measured and recorded <sup>2</sup>
3.4.	an effective monitoring and control systems audits management's conformity with planning <sup>2</sup>
<b>4. Standard of living<sup>3</sup></b>	
4.1.	potential for conflict induced by energy system <sup>7</sup>
4.2.	openness to new technologies <sup>7</sup>
4.3.	technological flexibility to incorporate innovations and adaptability to the "future of networks" <sup>7</sup>
4.4.	availability of a complete infrastructure for waste disposal <sup>7</sup>
<b>5. Food security and land availability for other human activities than food production<sup>3</sup> [mod.]</b>	
5.1.	providing enough land locally available for housing, energy (e.g., firewood), recreation and other resource supply <sup>3</sup>
5.2.	provision of reliable, adequate alternative sources of fuel for communities practicing unsustainable fuelwood harvesting <sup>1</sup>
5.3.	area of land available for subsistence purposes <sup>2</sup>
<b>6. Property rights and right of use<sup>3</sup></b>	
6.1.	clear definition of ownership and use rights and responsibilities to resources (inter- and intra-generational) respecting pre-existing claims <sup>2</sup>
6.2.	mechanisms exist for sharing economic benefits <sup>2</sup>
6.3.	effective instruments for inter-institutional coordination on land use and forest management exists <sup>2</sup>
<b>7. Participation<sup>3</sup></b>	
7.1.	accessible programs to teach rural populations about the importance of sustainable forest management <sup>1</sup>
7.2.	concrete, appropriate and efficient means to interest various stakeholders in protecting the forest against unsustainable fuelwood harvesting <sup>1</sup>
7.3.	necessity of participative decision-making processes in site selection for energy systems <sup>7</sup>
7.4.	inclusion of community consultation and traditional ecological knowledge in the development of national, regional and site-specific best management practices <sup>1</sup>
7.5.	public participation process should be inclusive with all interests presented <sup>2</sup>
7.6.	stakeholders have detailed and meaningful reciprocal background information necessary to provide quality input into the public participation process <sup>2</sup>
7.7.	management staff and stakeholders should recognize and respect the interests and rights of each other <sup>2</sup>
7.8.	decision-making process is transparent and considers the interests and values of stakeholders <sup>2</sup>
7.9.	extent of Aboriginal participation in forest-based opportunities <sup>2</sup>



METLA



Tekes

8. **Social cohesion**<sup>3</sup>
  - 8.1. mass fraction of local consumption<sup>5</sup>
  - 8.2. fraction of charitable contributions<sup>5</sup>
  - 8.3. number of community projects<sup>5</sup>
  - 8.4. access to forest resources is fair and secure<sup>2</sup>
  - 8.5. recognition of economic importance of non-timber values<sup>2</sup>
  - 8.6. distribution of rent capture<sup>2</sup>
  - 8.7. index of community population growth<sup>5</sup>
9. **Respect for human rights**<sup>3</sup>
  - 9.1. subjectively expected health consequences of normal operation<sup>7</sup>
  - 9.2. familiarity with risks<sup>7</sup>
  - 9.3. perceived catastrophic potential<sup>7</sup>
  - 9.4. number of contact breaks with suppliers because of disagreement with environmental health and safety violations<sup>5</sup>
10. **Working conditions of workers**<sup>3</sup>
  - 10.1. number of employees/unit of production<sup>5</sup>
  - 10.2. fraction of suppliers without environmental, health and safety violations<sup>5</sup>
  - 10.3. forestry employer [primary production] follows regional, national or international working and safety standards and takes responsibility for forest-related health risks of workers<sup>2</sup>
  - 10.4. forest management [primary production] cooperates with public health authorities concerning forest-related illnesses<sup>2</sup>
  - 10.5. time of lost workdays because of injuries and illnesses<sup>5</sup>
  - 10.6. level of sound pressure at the working stations<sup>5</sup>
  - 10.7. costs of health protection of employee<sup>5</sup>
  - 10.8. employee labor service duration<sup>5</sup>
  - 10.9. total number and rate of employee turnover<sup>5</sup> by age group, gender and region<sup>2</sup>
  - 10.10. number of promotions/total number employed<sup>5</sup>
  - 10.11. salary of the upper 10% of employees shared with the salary of the lower 10% of employees<sup>5</sup>
  - 10.12. fraction of workers satisfied with their work<sup>5</sup>
  - 10.13. investments in employee development<sup>5</sup>
  - 10.14. average hours of training per year/employee per employee category<sup>5</sup>
  - 10.15. number of suggested improvements in quality, social environmental, health and safety aspect of production/employee<sup>5</sup>
  - 10.16. wages and other benefits conform to regional, national or international minimum standards<sup>2</sup>
11. **Visual and noise impacts**<sup>3 [mod.]</sup>
  - 11.1. functional impact of energy infrastructure on the landscape<sup>7</sup>
  - 11.2. aesthetic impact of energy infrastructure on the landscape<sup>7</sup>

<sup>1</sup>Lattimore, B., Smiths, C. T., Titus, B. D., Stupak, I. & Egnell, G. 2009. Environmental factors in woodfuel production: Opportunities, risks, and criteria and indicators for sustainable practices. *Biomass and Bioenergy*, 33(10): 1321–1342.

<sup>2</sup>Mrosek, T., Balsillie, D. & Schleifenbaum, P. 2006. Field testing of a criteria and indicators system for sustainable forest management at the local level. Case study results concerning the sustainability of the private forest Haliburton Forest and Wild Life Reserve in Ontario, Canada. *Forest policy and Economics*, 8(6): 593–609.

<sup>3</sup>Buchholz, T., Luzadis, V. & Volk, T.A. 2009. Sustainability criteria for bioenergy systems: results from an expert survey. *Journal of Cleaner Production*, 17(1): 86–98.

<sup>4</sup>Hoffmann, D. 2009. Creation of regional added value by regional bioenergy resources. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(9): 2419–2429.

<sup>5</sup>Krajnc, D. & Glavič, P. Indicators of sustainable production. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 5(3/4): 279–288.

<sup>6</sup>Afgan, N.H., Carvalho, M.G. & Hovanov, N.V. 2000. Energy system assessment with sustainability indicators. *Energy Policy*, 28(9): 603–612.

<sup>7</sup>Carrera, D.G. & Mack, A. 2010. Sustainability assessment of energy technologies via social indicators: Results of a survey among European energy experts. *Energy Policy*, Volume 38(2): 1030–1039.







## Liite 9. Kulttuuristen indikaattoreiden asiantuntijakysely: I. vaihe.

**Kutsu sinulle, kulttuurisen kestävyys asiantuntija, haastatteluun 14:00 25.8.2010**

*Mitä on kulttuurinen kestävyys ja sen merkitys?*

*Miten bioenergian tuotanto vaikuttaa kulttuuriseen kestävyys ja onko eri tuotantovaihtoehtojen välillä eroja kulttuurisen kestävyys tukemisessa?*

*Voiko kulttuurista kestävyys konkretisoida indikaattoreiden avulla?*

Kestävä kehitys jäsenetään yleensä ekologisen, taloudellisen, sosiaalisen ja kulttuurisen ulottuvuuden muodostamaksi kokonaisuudeksi. Vaikka kulttuurinen kestävyys on tuotu esiin Unescon ja YK:n maailmanliiton raporteissa sekä EU:n kestävä kehityksen ohjelmissa, se jää usein kestävä kehityksessä koskeissa tarkasteluissa syrjään tai sitä käsitellään vain osana sosiaalista kestävyys. Kulttuurinen kestävyys edellyttää, että kehitys on sopusoinnussa yhteisön kulttuurin ja arvojen kanssa. Kulttuurisesti kestävä kehityksen on rakennettava kunkin kansan omalle kulttuuriperinnölle ja arvomaailmalle, jotta sillä olisi edellytykset jatkua ja kehittyä. Maisema, metsien entinen, nykyinen ja tuleva käyttö sekä puutuotteet ihmisen arkipäivässä kuvaavat metsien kulttuurista ulottuvuutta. Suomessa metsä on liitetty merkittäväksi osaksi maan kulttuuriperintöä.

Useimmat aiemmat tutkimukset ovat arvioineet luonnonvarojen käytön kestävyys liittämättä tarkasteluun kaikkia neljää kestävyys ulottuvuutta. Tarkastelut saattavat tällöin jäädä puutteellisiksi eivätkä vastaa käytännön elämän valintatilanteita, joissa on samaan aikaan huomioitava esimerkiksi taloudellisen ja sosiaalisen kestävyys näkökulmia. BioSus-hankkeessa tutkitaan, millaisia ekologisia, taloudellisia, sosiaalisia ja kulttuurisia elinkaaren aikaisia kestävyys-vaikutuksia on puuenergian käyttöön perustuvilla tuotantojärjestelmillä (kuva 1). BioSus-hankkeessa tarkastellaan, miten neljän vaihtoehtoisen bioenergian tuotantoketjun kulttuurista kestävyys voidaan arvioida sitä kuvaavien indikaattorien avulla. Indikaattorien valinta perustuu asiantuntijahaastatteluihin, joita hankkeen aikana tehdään noin kymmenen. Haastateltavat asiantuntijat ovat kulttuuriseen kestävyys perehtyneitä ja Pohjois-Karjalan tuntevia henkilöitä, joilla on lisäksi tietämystä metsien monikäytöstä. Yksittäisten haastattelujen aikana on tarkoitus määrittää, mitä vaikutuksia tarkasteltavilla bioenergiaketjuilla on kulttuuriseen kestävyys ja suunnitella kulttuurisen kestävyys indikaattoreita. Prosessin aikana suunniteltuja indikaattoreita käytetään jatkossa hankkeen toteutuksessa ja raportoinnissa, mutta haastateltujen asiantuntijoiden nimiä ei julkisteta, ellei yksittäinen haastateltava nimenomaisesti halua omaa nimeään julkistettavan.

Haastattelun kesto on noin 1-2 tuntia. Haastattelu nauhoitetaan ja haastattelusta laaditaan lisäksi käsitkartta. Haastatteluiden jälkeen asiantuntijoiden tuottamista indikaattoreista tuotetaan yhdistetty lista, jonka jokainen kulttuurisen kestävyys asiantuntija saa vielä uudelleen arvioitavakseen.



Tästä kirjeestä löydätte lisätietoa BioSus-hankkeesta ja käsiteltävistä bioenergiaketuista, jotka toivomme teidän lukevan ennen haastattelua, sillä on tärkeää haastattelujen onnistumisen kannalta että kaikilla asiantuntijoilla on sama lähtökohta.

Kiitos yhteistyöstä!

Terveisin

Tanja Myllyviita, Suomen ympäristökeskus (SYKE)  
tutkija

[tanja.myllyviita@ymparisto.fi](mailto:tanja.myllyviita@ymparisto.fi)

0400 148 808

Katja Lähtinen, Suomen ympäristökeskus (SYKE)  
MMT, tutkija

[katja.lahtinen@ymparisto.fi](mailto:katja.lahtinen@ymparisto.fi)

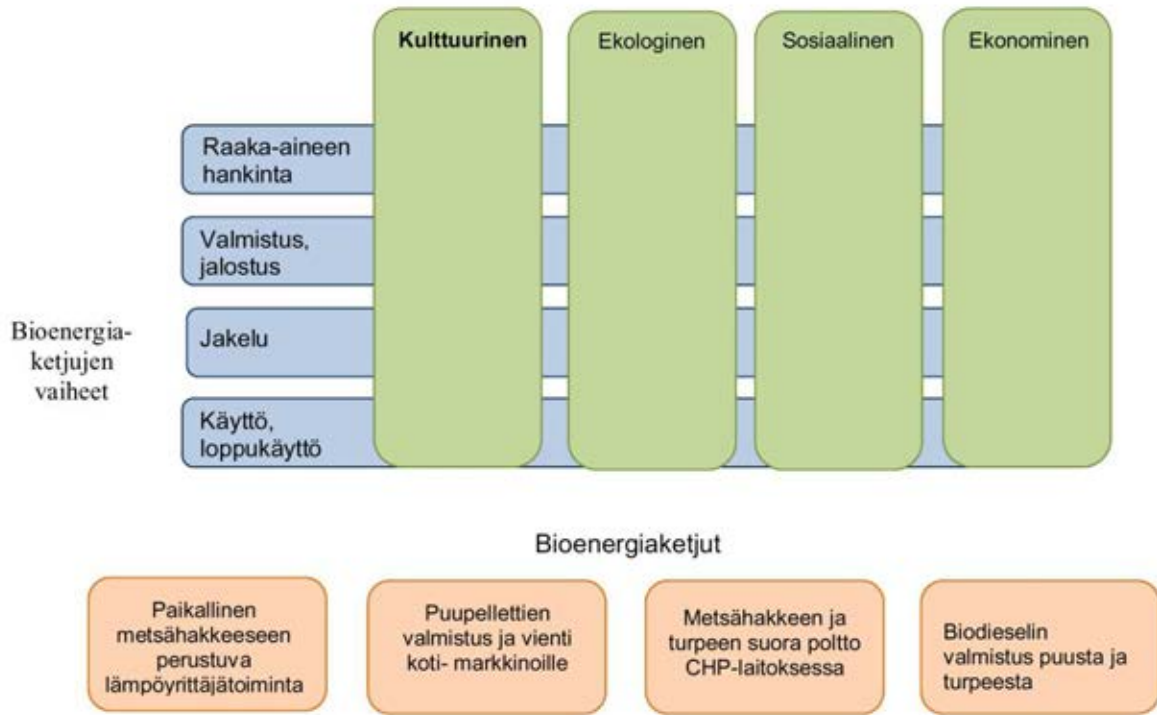


kuva: Itä-Suomen yliopisto/Lauri Sikanen

#### **BioSus-hanke**

Uusiutuvaan energiaan perustuva liiketoiminta on maailmanlaajuisesti nopeasti kasvava ala. Vuoteen 2020 mennessä tulisi 20% EU:n alueen energiasta tuottaa uusiutuvilla energianlähteillä. Metsäbiomassa on eräs tehokkaimmista tavoista tuottaa uusiutuvaa energiaa laajassa mittakaavassa. Tämä mahdollistaa metsäluonnonvaran hyödyntämisen uudella tavalla, joka vastaavasti edellyttää uusia ja tehokkaita päätöksenteon tukemisen menetelmiä. Kestävyys on laajalti nähty metsävarojen hyödyntämisen perusedellytykseksi. Kestävyydellä on kuitenkin monta ulottuvuutta, jotka ovat keskenään epäjohdonmukaisia uusiutuvan energian tuotannossa. Tässä projektissa metsäbiomassan energiatuotantoa mitataan taloudellisen, ekologisen, sosiaalisen ja kulttuurisen kestävyuden näkökulmasta.

BioSus-hankkeessa tarkastelun kohteena oleva tuote on metsäbiomassalla tuotettava energia, jonka systeemirajaukset sisältävät raaka-aineiden hankinnat, valmistuksen, jakelun, käytön, kierrätyksen ja jätteenkäsittelyn (kuva 1).



Kuva 1. BioSus-hankkeen systeeminrajaus



Hanke tuottaa arviointeja liittyen neljään ajankohtaiseen tapaukseen: 1) Enon energiaosuuskunta, paikallinen metsähakkeeseen perustuva lämpöyrittäjätoiminta, 2) Ilomantsin pellettitehdas, puupellettien valmistus ja vienti koti- ja ulkomaisille markkinoille, 3) Fortumin CHP-laitos Joensuussa, metsähakkeen ja turpeen suora poltto yhdistetyssä sähkön- ja lämmöntuotannossa ja 4) Varkauden koelaitos, biodieselin valmistus puusta ja turpeesta (Taulukko 1).

1) Paikallinen metsähakkeen käyttöön perustuva lämmöntuotanto, Enon energiaosuuskunta

Paikalliseen puupohjaiseen energiaan luottava yritys hankkii raaka-aineensa paikallisista metsistä ja polttaa sen paikallisessa pienessä lämpövoimalassa korvaten öljyn ja kaasun käyttöä. Enon energia-osuuskunta on paikallisten metsänomistajien yritys. He ovat sijoittaneet pääomaan koko tuotantoketjuun ja omistavat myös Enon lämpölaitokset. Paikallisten toimitilojen omistajat ovat heidän asiakkaitaan ja toiminta perustuu "avaimet käteen"-periaatteeseen. Paikalliset asianosaiset, jotka hyötyvät toiminnasta, ovat aktiivisesti toiminnassa mukana. Oletuksena on, että bioenergiaketjulla on lukuisia etuja: omavaraisuus ja paikallisen talouden tukeminen. Tuotot jäävät kunnan alueelle sen sijaan että fossiilista energiaa ostettaisiin kunnan ulkopuolelta. Toisaalta systeemin kasvupotentiaali on vähäinen, sillä lämpö on käytettävä paikallisesti. Lämmöntarve on rajallinen, eikä lämpöä voida varastoida myöhempää käyttöä varten.



kuvat: Itä-Suomen yliopisto/Lauri Sikanen

## 2) Iiomantsin pellettitehdas

Puupelletit ovat prosessoitu biopolttoaine, jolla on suhteellisen korkea energiasisältö. Puupellettejä valmistetaan kuljetuskustannusten laskemiseksi ja käytön helpottamiseksi. Iiomantsin tehdas sijaitsee Pohjois-Karjalassa lähellä Venäjän rajaa. Sijainti on etäinen, mutta tehtaalla on merkittävä rooli paikalliselle taloudelle tarjoten työtä ja aliurakointitilaisuuksia. Raakamateriaali kuljetetaan pääasiassa kunnan ulkopuolelta, ja tuotetut pelletit kuljetetaan aina ulkomaille asti. Näkökulma kestävyyden kannalta on oletettavasti erilainen kuin paikallisen metsähake yrityksen, mutta miten paljon, ja millä kriteerein?



Kuvat: Vapo

## 3) Puu- ja turvebiomassan käyttö CHP-laitoksessa, Fortumin CHP-laitos Joensuussa

Fortumin CHP-laitos Joensuussa huolehtii suurimmasta osasta lämmön ja sähkön tuotannosta Joensuun keskusalueen 50 000 asukkaalle. Tehdas käyttää polttoaineena turpeen ja metsähakkeen sekoitusta. Turpeella on merkittävä rooli Suomen energiapolitiikassa. Turve on paikallinen polttoaine, ja sen käyttöä voidaan tasapainottaa metsähakkeen lisäämisellä. Merkittävin ero on, että turve luokitellaan yleensä uusiutumattomaksi luonnonvaraksi, jolla on merkittävät hiilidioksidipäästöt, kun metsähake on uusiutuvaa ja hiilineutraalia. Kestävän kehityksen kannalta tämä on mielenkiintoista, sillä turpeen käyttö tuo mahdollisuuden myös laajamittaiselle



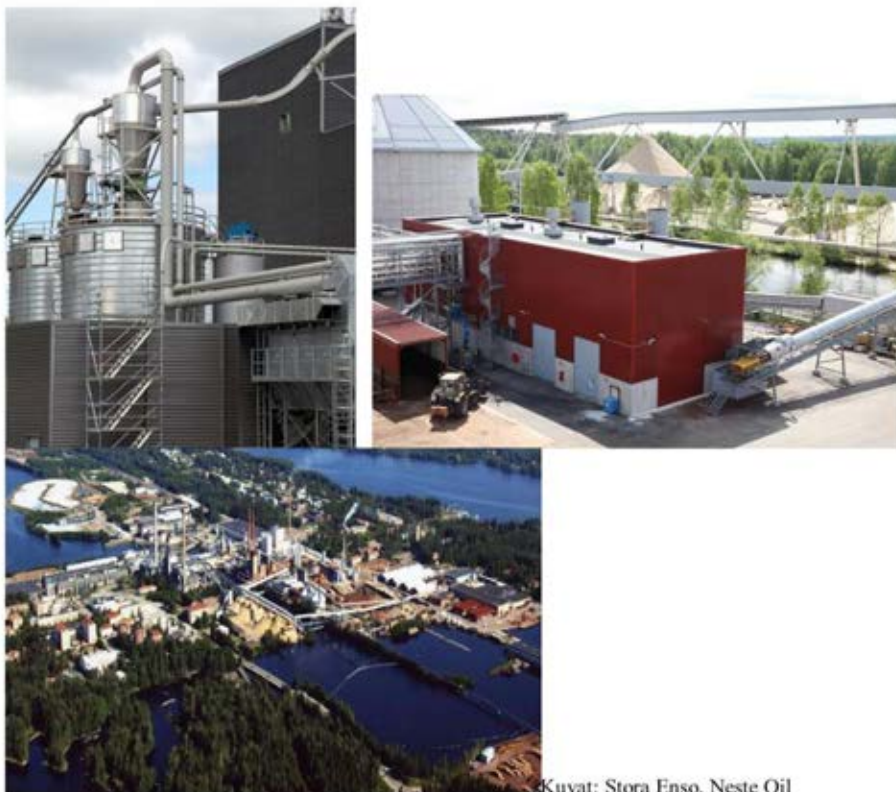


metsähakkeen käytölle, sillä teknisistä syistä johtuen metsähakkeen käyttö yksistään ei ole mahdollista. Turpeen osuus on noin 20% Fortumin Joensuun CHP-laitoksen biomassasta.



Kuvat: Fortum

- 4) Puu- ja turvebiomassasta valmistettava biodiesel, Varkauden biodieselin koelaitos  
 Biojalostaminen ja laaja-alainen biomassan prosessointi biodieseliksi ja muiksi nestemäisiksi polttoaineiksi ovat monien EU kehitysprojektien kiinnostuksen kohteena. Varkauden koelaitos on Suomen edistynein biojalostamo. Biojalostamo vaikuttaa sijaintialueellaan merkittäväällä tavalla metsäbiomassan hyödyntämiseen. Vuotuisella 1-2 miljoonalla tonnilla metsäbiomassaa on suuri vaikutus toimintaympäristöönsä. Yksi tärkeimmistä kysymyksistä on kuinka jo olemassa olevat bioenergiaketjut, kuten Enon paikallinen lämpölaite, voi kilpailla samasta biomassasta suurien biojalostamojen kanssa. Olennaista on myös pohtia, mitä seurauksia biojalostamoilla voi olla moniulotteiselle kestäväyydelle.



Kuvat: Stora Enso, Neste Oil



**Taulukko 1.** Yksinkertaistettu kuvaus neljän case-tuotantojärjestelmän yksikköprosesseista, turpeen tuotanto katso taulukko 2

	Paikallinen metsähakkeen käyttöön perustuva lämmöntuotanto	Puutuoteteollisuuden sivutuotteista jalostettavien pellettien valmistus	Puu- ja turvebiomassan käyttö CHP-laitoksessa	Puu- ja turvebiomassasta valmistettava biodiesel
<b>Raaka-aineen hankinta</b>	Ensiharvennus palstalla Hakkutähteiden keruu palstalla Kantojen nosto palstalla	Harvennus- tai päätehakkuu palstalla	Ensiharvennus palstalla Hakkutähteiden keruu palstalla Kantojen nosto palstalla	Ensiharvennuspuun, ainespuun ja kantojen korjuu palstalla Hakkutähteiden keruu palstalla
<b>Kuljetus</b>	Kuljetus palstalta metsätien varteen	Kuljetus palstalta metsätien varteen	Kuljetus palstalta metsätien varteen	Kuljetus palstalta metsätien varteen
<b>Varastointi</b>	Kuivaus ja välivarastointi metsätien varressa	-	Kuivaus ja välivarastointi metsätien varressa	-
	Haketus metsätien varressa	-	Haketus metsätien varressa <i>TAI</i> <i>tehtaalla</i>	-
<b>Kuljetus</b>	Kuljetus lämpölaitokselle	Kuljetus puunjalostusteollisuuteen	Kuljetus voimalaitokselle	Metsäbiomassan kuljetus tehtaalle
<b>Varastointi</b>	-	-	-	Metsäbiomassan varastointi integroidun sellu- ja paperitehtaan, voimalaitoksen ja biojalostamon alueella
<b>Raaka-aineen lajittelu tehtaalla</b>	-	-	-	Ainespuu sellutehtaalle, muu biomassa biodiesel-prosessiin Integraattisahalta biomassaa (esim. purua) biodiesel-prosessiin
<b>Väliuotteen jalostus</b>	-	Tukkien prosessointi sahatavaraksi (noin 50 % sahatavaraa, noin 40 % haketta ja purua, noin 10 % muuta)	-	Biomassan kuivaus Biomassan kaasutus Kaasun puhdistus Katalyyttinen nesteytysynteesi FT-vahaksi
<b>Kuljetus</b>	-	Kuljetus pelletitehtaalle	-	FT-vahan kuljetus Nesteen Porvoon tehtaalle
<b>Varastointi</b>	Välivarastointi tehtaalla	Raaka-aineen välivarastointi pelletitehtaalla	Rankojen, hakkuutähteiden ja kantojen välivarastointi tehtaalla	
<b>Lopputuotteen jalostus</b>		Raaka-aineen murskaus ja mahd. kuivaus Pelletointi puristamalla Jäähdytys Seulonta	Haketus tehtaalla, <i>ELLEI tehty palstalla</i>	Biodieselin valmistus Nesteen Porvoon tehtaalla
<b>Varastointi</b>		Lopputuotteen varastointi ja mahd. pakkaaminen	Hakkeen välivarastointi	
<b>Lopputuotteen jakelu</b>	Lämmöntuotanto tehtaalla ja jakelu lämpöverkkoa pitkin	Kuljetus jälleenmyyjälle tai loppukäyttäjälle	Sähkön- ja lämmöntuotanto tehtaalla ja jakelu lämpö- ja sähköverkkoa pitkin	Kuljetus jälleenmyyjälle tai loppukäyttäjälle
<b>Lopputuote</b>	Lämpö ja lämmin vesi paikalliseen lämpöverkkoon	Lämpö ja lämmin vesi esim. omakotitaloihin ja taloyhtiöihin Lämpö, lämmin vesi (ja sähkö) paikalliseen lämpöverkkoon, sähkö yleiseen sähköverkkoon	Lämpö, lämmin vesi paikalliseen lämpöverkkoon, sähkö yleiseen sähköverkkoon	Liikennepolttoaine

**Taulukko 2.** Yksinkertaistettu kuvaus turpeentuotannon yksikköprosesseista

Turve	
<b>Raaka-aineen hankinta</b>	Turpeen jyrsinä Kuivatus
<b>Kuljetus</b>	Kuljetus palstalta metsätien varteen
<b>Varastointi</b>	Välivarastointi metsätien varressa
<b>Kuljetus</b>	Kuljetus lämpölaitokselle
<b>Varastointi</b>	-
<b>Raaka-aineen lajittelu tehtaalla</b>	-
<b>Väliuotteen jalostus</b>	-
<b>Kuljetus</b>	-
<b>Varastointi</b>	-
<b>Lopputuotteen jalostus</b>	-
<b>Varastointi</b>	-
<b>Lopputuotteen jakelu</b>	Sähkön- ja lämmöntuotanto tehtaalla ja jakelu lämpö- ja sähköverkkoa pitkin
<b>Lopputuote</b>	Lämpö, lämmin vesi paikalliseen lämpöverkkoon, sähkö yleiseen sähköverkkoon



Kuvat: Vapo



## Liite 10. Ekologisten indikaattoreiden asiantuntijakysely: 2. vaihe.



*Millaisilla indikaattoreilla metsäenergiatuotannon ekologista kestävyttä voidaan mitata alueellisessa bioenergiatuotannossa?*

*Onko metsäenergiatuotannon ekologisen kestävyden mittaukseen soveltuvien indikaattorien suhteellisessa merkityksessä eroja?*

### Kysely sinulle, ekologisen kestävyden asiantuntija

BioSus-hankkeessa syksyn aikana toteutetuissa ensimmäisen vaiheen asiantuntijakyselyissä määritettiin alueellisen metsäenergiatuotannon ekologisen, sosiaalisen, taloudellisen ja kulttuurisen kestävyden mittauksen kannalta olennaisia indikaattoreita. Ensimmäisen vaiheen tiedonkeruun tulosten pohjalta on nyt laadittu kooste yhteensä 22 ekologisesta indikaattorista, jotka asiantuntijat ovat nähneet tärkeiksi neljän case-tuotantoketjun pohjalta tehtävän metsäenergiatuotannon kestävyysvaikutusten arvioinnissa. BioSus-hankkeen case-tuotantoketjut on esitelty tämän lomakkeen sivulla 2.

Tämä kyselylomake muodostaa tiedonkeruun toisen vaiheen, jossa arvioidaan päätöstukimenetelmien avulla ensimmäisellä kyselykierroksella kerätyssä indikaattorikokoelmassa olevien yksittäisten ekologisten mittarien suhteellista keskinäistä merkitystä. Indikaattorikokoelma samoin kuin ohjeet indikaattorien arvottamiseksi on esitetty sivuilla 3–4 taulukossa 1. Asiantuntijoiden ensimmäisellä tiedonkeruukierroksella esittämät indikaattorit olivat joiltain osin keskenään limittäisiä, joiltain osin ne eivät olleet yksiselitteisesti määritettävissä ainoastaan tiettyyn kestävyden ulottuvuuteen. Tämän takia osa asiantuntijoiden ensimmäisellä tiedonkeruukierroksella esittämistä yksittäisistä indikaattoreista on tätä tiedonkeruun toista vaihetta varten yhdistetty ekologisen kestävyden osa-alueen sisällä samankaltaiset näkökulmat kokoaviksi uusiksi mittareiksi tai siirretty kokonaan toisia kestävyden ulottuvuuksia käsitteleviin kyselylomakkeisiin.

Ensimmäisessä tiedonkeruun vaiheessa kyselyyn vastasi yhteensä noin 30 ekologisen, sosiaalisen, taloudellisen ja kulttuurisen kestävyden asiantuntijaa. Tämä toisen tiedonkeruun vaiheen kyselylomake lähetetään kaikille ensimmäiseen kyselyyn vastanneille henkilöille.

Toivomme ystävällisesti vastaustasi myös tähän toisen tiedonkeruun vaiheen lomakkeeseen, jotta BioSus-hankkeen tulosten laskennan kannalta olennaisten, eri kestävyden osa-alueita kuvaavien indikaattorien suhteellisen merkityksen arviointi perustuisi mahdollisimman monen asiantuntijan näkemyksiin.

### Kiitos yhteistyöstä!

Katja Lähtinen  
Erikoistutkija (MMT)  
katja.lahtinen@ymparisto.fi  
GSM 040 566 2573

Pekka Leskinen  
Tutkimusprofessori  
pekka.leskinen@ymparisto.fi  
GSM 040 748 8545

Suomen ympäristökeskus (SYKE)

Vastaajan nimi: \_\_\_\_\_



METLA



Tekes





## BioSus-hankkeen case-yritykset

### Paikallisen metsähakkeen käyttö lämpöyrityksessä, Enon energiaosuuskunta (1)

Enon energia-osuuskunta on paikallisten metsänomistajien omistama yritys. Lämpöyrityksessä käytettävä raaka-aine hankitaan paikallisista metsistä ja poltetaan samalla alueella sijaitsevassa pienessä lämpövoimalassa.

Metsähakkeen käytöllä korvataan öljyn ja kaasun polttoa. Osakkaat ovat sijoittaneet pääomaan koko tuotantoketjuun ja he omistavat myös Enon lämpölaitokset. Paikallisten toimitilojen omistajat ovat energiaosuuskunnan asiakkaita ja toiminta perustuu "avaimet käteen"-periaatteeseen.

Lämpöyritystoimintaan ja paikallisen metsähakkeen käyttöön liittyviä etuja ovat energiaomavaraisuuden lisääminen ja aluetalouden tukeminen. Tuotot jäävät paikallisesti kuntaan sen sijaan että fossiilista energiaa ostettaisiin alueen ulkopuolelta. Toisaalta systeemin kasvupotentiaali on vähäinen, sillä lämpö on käytettävä paikallisesti, sen tarve on rajallinen, eikä lämpöä voida myöskään varastoida myöhempää käyttöä varten.

### Metsähakkeen ja turpeen suora poltto CHP-laitoksessa, Fortum Joensuu (2)

Fortumin CHP-laitos Joensuussa tuottaa suurimman osan Joensuun keskusalueen 50 000 asukkaan tarvitsemasta lämmöstä ja sähköstä.

Tehdas käyttää polttoaineena metsähakkeen ja turpeen sekoitusta; käytettävästä raaka-aineesta noin 80 % on metsähaketta, noin 20 % on turvetta. Käytössä olevaan laitekantaan liittyvien teknisten syiden takia turvetta käytetään metsähakkeen seospolttoaineena energian-tuotannossa. Kestävän kehityksen näkökulmasta tilanne on mielenkiintoinen, koska turpeen käyttö tuo mahdollisuuden myös laajamittaiselle metsähakkeen käytölle.

Kotimaisena raaka-aineena turpeella on merkittävä rooli Suomen energiapolitiikassa. Metsähakkeen käyttöä lisäämällä voidaan myös vaikuttaa turpeen käyttöön. Merkittävin metsähakkeen ja turpeen välinen ero on niiden uusiutuvuus: turpeen hiilidioksidipäästöt ovat merkittävät ja se luokitellaan yleensä uusiutumattomaksi luonnonvaraksi, kun taas metsähake on laskennallisesti hiilineutraali ja uusiutuva energianlähde.

### Pelletit puutuoteteollisuuden sivutuotteista, Ilomantsin pellettitehdas (3)

Puupelletit ovat puutuoteteollisuuden sivutuotteista jalostettu biopolttoaine, jolla on suhteellisen korkea energiasisältö. Puupellettejä valmistetaan kuljetuskustannusten laskemiseksi ja käytön helpottamiseksi.

Ilomantsin pellettitehdas sijaitsee Pohjois-Karjalassa lähellä Venäjän rajaa. Sijainti on etäinen, mutta tehtaalla on merkittävä rooli paikalliselle taloudelle, koska se tarjoaa alueella työtä ja aliarakointitilaisuuksia.

Raaka-aine kuljetetaan pääasiassa kunnan ulkopuolelta, ja valmiit pelletit kuljetetaan aina ulkomaille asti.

Pellettituotannon kestävyysvaikutukset poikkeavat oletettavasti esimerkiksi paikallisen lämpölaitoksen vaikutuksista, mutta kuinka paljon ja millä kestävyiden osa-alueilla?

### Puun ja turpeen käyttö biodieselin jalostuksessa, NSA Biofuels -koelaitos Varkaus (4)

Biojalostaminen ja laaja-alainen biomassan prosessointi biodieseliksi sekä muiksi nestemäisiksi polttoaineiksi ovat kiinnostuksen kohde monissa EU-kehitysprojekteissa.

Varkauden koelaitos on Suomen edistynein biojalostamo ja sen vuotuinen metsäbiomassan käyttö on noin 50 000 tonnia. Täydessä mittakaavassa toimiessaan valmiin jalostamon raaka-aineen käyttö olisi noin 1–2 miljoonaa tonnia metsäbiomassaa, millä olisi suuri vaikutus alueellisten metsävarojen käyttöön.

Suurten biojalostamojen rakentaminen lisää kilpailua raaka-aineesta ja olennainen kysymys on, kuinka Enon paikallisen lämpölaitoksen kaltaiset energiantuotantosysteemit voisivat kilpailla samasta biomassasta suurien biojalostamojen kanssa. Olennaista on myös pohtia, mitä seurauksia biojalostamoilla voisi olla sekä sosiaaliselle, ekologiselle, taloudelliselle että kulttuuriselle kestävyydelle.





**Taulukko 1.** Ensimmäisen vaiheen asiantuntijankemysten pohjalta laadittu kooste neljän alueellisen metsäenergian case-tuotantoketjun ekologisen kestävyuden arviointiin soveltuvista indikaattoreista.

Indikaattorien arvottaminen tapahtuu siten, että annat case-tuotantoketjujen ekologisen kestävyuden arvioinnissa mielestäsi tärkeimmälle indikaattorille/tärkeimmille indikaattoreille alla olevaan taulukkoon pisteluvun 100. Tärkeimpiä indikaattoreita voi olla yksi tai useampia. Tämän jälkeen vertaat muiden taulukossa olevien indikaattorien suhteellista merkitystä tärkeimpänä pitämääsi indikaattoriin/tärkeimpinä pitämiisi indikaattoreihin antamalla muille indikaattoreille pistearvot väliltä 0–99. Taulukossa oleville, case-yritysten ekologisen kestävyuden arvioinnin kannalta mahdollisesti mielestäsi merkityksettä indikaattoreille anna pistearvo 0.

**Esimerkiksi:** Jos pidät tärkeimpänä indikaattori X:ää, anna sille pistearvo 100. Tämän jälkeen pisteytät jokaisen taulukossa olevan indikaattorin suhteessa indikaattori X:n tärkeyteen eli jos esim. pidät indikaattori X:ää kaksi kertaa niin tärkeänä kuin indikaattori Y:tä, anna indikaattori Y:lle pistearvo 50. Mikäli jokin taulukossa esitetty indikaattori on mielestäsi case-tuotantoketjujen kestävyuden arvioinnissa täysin merkityksetön, anna sille pistearvo 0.

Ekologinen indikaattori	Indikaattorin kuvaus	Pistearvo
1 Metsä- ja luonnonsuojelulain mukaisten arvokkaiden elinympäristöjen suojelu	Energiapuuta ei korjata Metsälain ja Luonnonsuojelulain mukaisista erityisen tärkeistä elinympäristöistä	
2 Ekologisesti herkkien alueiden suojelu yli "lakiminimin"	Suojelualueiden ympärille jätetään riittävä vyöhyke, josta ei kerätä energiapuuta	
3 Ekosysteemien monimuotoisuuden vaihtelu maisematasolla	Monimuotoinen maisemarakenne antaa viitteitä lajistollisen monimuotoisuuden vaihtelusta	
4 Hakkuualueille jätettävän lahoppuun puun määrä säilytetään riittävällä tasolla	Hakkuualueille jätettävän lahoppuun määrä (m <sup>3</sup> /ha) on riittävän suuri (ml. pystypuut, rangat, kelot, ja hakkuutähteet)	
5 Kantojen nosto	Kantojen määrä (kpl/ha) kantojen noston jälkeen; säästöpuuryhmien alta tai läheisyydestä ei nosteta kantoja	
6 Metsien pirstoutuneisuus	Samanlaisten habitaattien väliset käytävät/yhteydet ja uhanalaisten lajien väliset matkayhteydet	
7 Metsäenergian korjauseen liittyvät tiestötarpeet	Metsäautoteiden määrä, leveys ja käyttöaste pirstovat elinympäristöjä, ovat tulokaslajien reittejä metsiin ja vähentävät metsäpinta-alaa	
8 Luontaisten lajien säilyvyys	Luontaiset lajit (maanpäälliset, maanalaiset, vesistö ja ilma) ja lajisuhteet säilyvät	
9 Uhanalaisten lajien suojelu	Energiapuuta ei kerätä alueella, joka tiedetään uhanalaisten lajien elinympäristöksi	
10 Metsämaan fysikaalinen rakenne säilyy alkuperäisellä tasolla	Kantojen poisto rikkoo kasvipeitteen sekä aiheuttaa humuksen hajoamista ja huuhtoutumista. Rikkoutuneen maanpinnan osuus korjuualoilla vaikuttaa esim. huuhtoumaan, maaperälajistoon ja sienijuuriin	
11 Metsämaan ravinnetason säilyminen	Maaperän fosfori- ja typpipitoisuudet 5 ja 10 vuotta hakkuiden jälkeen	



METLA



Tekes





## Liite II. Taloudellisten indikaattoreiden asiantuntijakysely: 2. vaihe.



*Millaisilla indikaattoreilla metsäenergiatuotannon taloudellista kestävyyttä voidaan mitata alueellisessa bioenergiatuotannossa?*

*Onko metsäenergiatuotannon taloudellisen kestävyuden mittaukseen soveltuvien indikaattorien suhteellisessa merkityksessä eroja?*

### Kysely sinulle, taloudellisen kestävyuden asiantuntija

BioSus-hankkeessa syksyn aikana toteutetuissa ensimmäisen vaiheen asiantuntijakyselyissä määritettiin alueellisen metsäenergiatuotannon taloudellisen, sosiaalisen, ekologisen ja kulttuurisen kestävyuden mittauksen kannalta olennaisia indikaattoreita. Ensimmäisen vaiheen tiedonkeruun tulosten pohjalta on nyt laadittu kooste yhteensä 22 taloudellisesta indikaattorista, jotka asiantuntijat ovat nähneet tärkeiksi neljän case-tuotantoketjun pohjalta tehtävän metsäenergiatuotannon kestävyysvaikutusten arvioinnissa. BioSus-hankkeen case-tuotantoketjut on esitelty tämän lomakkeen sivulla 2.

Tämä kyselylomake muodostaa tiedonkeruun toisen vaiheen, jossa arvioidaan päätöstukimenetelmien avulla ensimmäisellä kyselykierroksella kerätyssä indikaattorikokoelmassa olevien yksittäisten taloudellisten mittarien suhteellista keskinäistä merkitystä. Indikaattorikokoelma samoin kuin ohjeet indikaattorien arvottamiseksi on esitetty sivuilla 3–4 taulukossa 1. Asiantuntijoiden ensimmäisellä tiedonkeruukierroksella esittämät indikaattorit olivat joiltain osin keskenään limittäisiä, joiltain osin ne eivät olleet yksiselitteisesti määritettävissä ainoastaan tiettyyn kestävyuden ulottuvuuteen. Tämän takia osa asiantuntijoiden ensimmäisellä tiedonkeruukierroksella esittämistä yksittäisistä indikaattoreista on tätä tiedonkeruun toista vaihetta varten yhdistetty taloudellisen kestävyuden osa-alueen sisällä samankaltaiset näkökulmat kokoaviksi uusiksi mittareiksi tai siirretty kokonaan toisia kestävyuden ulottuvuuksia käsitteleviin kyselylomakkeisiin.

Ensimmäisessä tiedonkeruun vaiheessa kyselyyn vastasi yhteensä noin 30 taloudellisten, sosiaalisen, ekologisen ja kulttuurisen kestävyuden asiantuntijaa. Tämä toisen tiedonkeruun vaiheen kyselylomake lähetetään kaikille ensimmäiseen kyselyyn vastanneille henkilöille.

Toivomme ystävällisesti vastaustasi myös tähän toisen tiedonkeruun vaiheen lomakkeeseen, jotta BioSus-hankkeen tulosten laskennan kannalta olennaisten, eri kestävyuden osa-alueita kuvaavien indikaattorien suhteellisen merkityksen arviointi perustuisi mahdollisimman monen asiantuntijan näkemyksiin.

### Kiitos yhteistyöstä!

Katja Lähtinen  
Erikoistutkija (MMT)  
katja.lahtinen@ymparisto.fi  
GSM 040 566 2573

Pekka Leskinen  
Tutkimusprofessori  
pekka.leskinen@ymparisto.fi  
GSM 040 748 8545

Suomen ympäristökeskus (SYKE)

Vastaajan nimi: \_\_\_\_\_



METLA



Tekes



## BioSus-hankkeen case-yritykset

### Paikallisen metsähakkeen käyttö lämpöyrityksessä, Enon energiaosuuskunta (1)

Enon energia-osuuskunta on paikallisten metsänomistajien omistama yritys. Lämpöyrityksessä käytettävä raaka-aine hankitaan paikallisista metsistä ja poltetaan samalla alueella sijaitsevassa pienessä lämpövoimalassa.

Metsähakkeen käytöllä korvataan öljyn ja kaasun polttoa. Osakkaat ovat sijoittaneet pääomaa koko tuotantoketjuun ja he omistavat myös Enon lämpölaitokset. Paikallisten toimittajien omistajat ovat energiaosuuskunnan asiakkaita ja toiminta perustuu "avaimet käteen"-periaatteeseen.

Lämpöyritystoimintaan ja paikallisen metsähakkeen käyttöön liittyviä etuja ovat energiaomavaraisuuden lisääminen ja aluetalouden tukeminen. Tuotot jäävät paikallisesti kuntaan sen sijaan että fossiilista energiaa ostettaisiin alueen ulkopuolelta. Toisaalta systeemin kasvupotentiaali on vähäinen, sillä lämpö on käytettävä paikallisesti, sen tarve on rajallinen, eikä lämpöä voida myöskään varastoida myöhempää käyttöä varten.

### Metsähakkeen ja turpeen suora poltto CHP-laitoksessa, Fortum Joensuu (2)

Fortumin CHP-laitos Joensuussa tuottaa suurimman osan Joensuun keskusalueen 50 000 asukkaan tarvitsemasta lämmöstä ja sähköstä.

Tehdas käyttää polttoaineena metsähakkeen ja turpeen sekoitusta; käytettävästä raaka-aineesta noin 80 % on metsähaketta, noin 20 % on turvetta. Käytössä olevaan laitekantaan liittyvien teknisten syiden takia turvetta käytetään metsähakkeen seospolttoaineena energian-tuotannossa. Kestävän kehityksen näkökulmasta tilanne on mielenkiintoinen, koska turpeen käyttö tuo mahdollisuuden myös laajamittaiselle metsähakkeen käytölle.

Kotimaisena raaka-aineena turpeella on merkittävä rooli Suomen energiapolitiikassa. Metsähakkeen käyttöä lisäämällä voidaan myös vaikuttaa turpeen käyttöön. Merkittävin metsähakkeen ja turpeen välinen ero on niiden uusiutuvuus: turpeen hiilidioksidipäästöt ovat merkittävät ja se luokitellaan yleensä uusiutumattomaksi luonnonvaraksi, kun taas metsähake on laskennallisesti hiilineutraali ja uusiutuva energianlähde.

### Pelletit puutuoteteollisuuden sivutuotteista, Ilomantsin pellettitehdas (3)

Puupelletit ovat puutuoteteollisuuden sivutuotteista jalostettu biopolttoaine, jolla on suhteellisen korkea energiasisältö. Puupellettejä valmistetaan kuljetuskustannusten laskemiseksi ja käytön helpottamiseksi.

Ilomantsin pellettitehdas sijaitsee Pohjois-Karjalassa lähellä Venäjän rajaa. Sijainti on etäinen, mutta tehtaalla on merkittävä rooli paikalliselle taloudelle, koska se tarjoaa alueella työtä ja aliorakointitilaisuuksia.

Raaka-aine kuljetetaan pääasiassa kunnan ulkopuolelta, ja valmiit pelletit kuljetetaan aina ulkomaille asti.

Pellettituotannon kestävyysvaikutukset poikkeavat oletettavasti esimerkiksi paikallisen lämpölaitoksen vaikutuksista, mutta kuinka paljon ja millä kestävyuden osa-alueilla?

### Puun ja turpeen käyttö biodieselin jalostuksessa, NSA Biofuels -koelaitos Varkaus (4)

Biojalostaminen ja laaja-alainen biomassan prosessointi biodieseliksi sekä muiksi nestemäisiksi polttoaineiksi ovat kiinnostuksen kohde monissa EU-kehitysprojekteissa.

Varkauden koelaitos on Suomen edistynein biojalostamo ja sen vuotuinen metsäbiomassan käyttö on noin 50 000 tonnia. Täydessä mittakaavassa toimiessaan valmiin jalostamon raaka-aineen käyttö olisi noin 1–2 miljoonaa tonnia metsäbiomassaa, millä olisi suuri vaikutus alueellisten metsävarojen käyttöön.

Suurten biojalostamojen rakentaminen lisää kilpailua raaka-aineesta ja olennainen kysymys on, kuinka Enon paikallisen lämpölaitoksen kaltaiset energiantuotantosysteemit voisivat kilpailla samasta biomassasta suurien biojalostamojen kanssa. Olennaista on myös pohtia, mitä seurauksia biojalostamoilla voisi olla sekä sosiaaliselle, ekologiselle, taloudelliselle että kulttuuriselle kestävyydelle.



METLA



Tekes





**Taulukko 1.** Ensimmäisen vaiheen asiantuntijankemysten pohjalta laadittu kooste neljän alueellisen metsäenergian case-tuotantoketjun taloudellisen kestävyuden arviointiin soveltuvista indikaattoreista.

Indikaattorien arvottaminen tapahtuu siten, että annat case-tuotantoketjujen taloudellisen kestävyuden arvioinnissa mielestäsi tärkeimmälle indikaattorille/tärkeimmille indikaattoreille alla olevaan taulukkoon pisteluvun 100. Tärkeimpiä indikaattoreita voi olla yksi tai useampia. Tämän jälkeen vertaat muiden taulukossa olevien indikaattorien suhteellista merkitystä tärkeimpänä pitämääsi indikaattoriin/tärkeimpinä pitämääsi indikaattoreihin antamalla muille indikaattoreille piste-arvot väliltä 0–99. Taulukossa oleville, case-yritysten taloudellisen kestävyuden arvioinnin kannalta mielestäsi merkityksettömille indikaattoreille anna piste-arvo 0.

**Esimerkiksi:** Jos pidät tärkeimpänä indikaattori X:ää, anna sille piste-arvo 100. Tämän jälkeen pisteytät jokaisen taulukossa olevan indikaattorin suhteessa indikaattori X:n tärkeyteen eli jos esim. pidät indikaattori X:ää kaksi kertaa niin tärkeänä kuin indikaattori Y:tä, anna indikaattori Y:lle piste-arvo 50. Mikäli jokin taulukossa esitetty indikaattori on mielestäsi case-tuotantoketjujen kestävyuden arvioinnissa täysin merkityksetön, anna sille piste-arvo 0.

Taloudellinen indikaattori	Indikaattorin kuvaus	Piste-arvo
1 Metsäbioenergian tuotantosysteemin kapasiteetin (MWh) suhde alueellisesti kestäviin tuotantomahdollisuuksiin (MWh)	Raaka-aineen saatavuuden turvaamisen ja sen alueellisen käytön tehokkuuden mittari. Raaka-aineen käytön tulisi luonnonvarojen kestävä käytön vaatimus huomioon ottaen olla mahdollisimman tehokasta.	
2 Metsäbioenergian tuotantosysteemiin tehtyjen perustamisinvestointien arvo (€) suhteessa tuotantosysteemin elinkaaren aikaiseen energiantuotannon määrään (MWh)	Tuotantosysteemiin sidotun pääoman tuoton mittari. Sidotulle pääomalle tulisi saada tuotantosysteemissä mahdollisimman korkea tuotto.	
3 Metsäbioenergian tuotantosysteemin maksamat korot ja osingot	Tuotantosysteemiin pääomaa sijoittaneiden rahoittajien saamien tulovirtojen mittari.	
4 Metsäbioenergian tuotantosysteemin maksamat verot (€) + tuotekehityspanostukset (€) muuhun kuin varsinaiseen yritystoimintaan + annetut yleishyödylliset lahjoitukset (€) - saadut verohelpotukset ja tuet (€)	Tuotantosysteemin tuottaman yhteiskunnallisen rahamääräisen hyvinvoinnin nettomääräinen mittari.	
5 Metsäbioenergian sivutuotteiden osuus (%) metsäbioenergiatuotantosysteemin käyttämästä raaka-ainemäärästä (tn)	Tuotantosysteemin raaka-aineen käytön tehokkuuden sekä toimialojen välisen raaka-ainekierron mittari.	
6 Metsäbioenergian tuotantosysteemissä alueen omalla tuotannolla korvattujen, aiemmin muualta tuotujen tuotantopanosten arvo (€) suhteessa kaikkien tuotantosysteemissä käytettyjen tuotantopanosten arvoon (€)	Tuotantosysteemin raaka-aineiden, työvoiman, koneiden jne. käytön alueellisen omavaraisuuden kasvun mittari.	
7 Metsäbioenergian tuotantosysteemiin tehtyjen "kestävää kehitystä" tukevien T&K-investointien arvo (€) (10 vuoden keskiarvo) suhteessa yrityksen kokonaisinvestointeihin	Tuotantosysteemin toiminnan ekologista vastuullisuutta kuvaava mittari.	
8 Metsäbioenergian tuotantosysteemiin alueen ulkopuolelta tulevan investointirahoituksen (€) osuus (%) tuotantosysteemiin tehtyjen perustamisinvestointien kokonaisarvosta (€)	Tuotantosysteemin toiminnan potentiaalin ja "houkuttelevuuden" sekä aluetaloudellisen kehityksen mittari.	
9 Metsäbioenergian tuotantosysteemin aikaansaamat kunnallisverotulot (€) alueelle	Tuotantosysteemin aikaansaamien alueellisten taloudellisten hyvinvointivaikutusten mittari.	
10 Metsäbioenergian tuotantosysteemissä aikaansaadut myyntitulot (€)	Tuotantosysteemille absoluuttisena arvona laskettuna asiakkailta saadun tulovirran ja toiminnan laajuuden mittari, energiasyysikköä kohti laskettuna tuotannon taloudellisen tehokkuuden mittari.	
11 Metsäbioenergian tuotantosysteemin liikevoitto tai liiketappio (€)	Tuotantosysteemin liiketoiminnan jatkuvuuden ja laajuuden mittari.	





## Liite 12. Sosiaalisten indikaattoreiden asiantuntijakysely: 2. vaihe.



*Millaisilla indikaattoreilla metsäenergiatuotannon sosiaalista kestävyyttä voidaan mitata alueellisessa bioenergiatuotannossa?*

*Onko metsäenergiatuotannon sosiaalisen kestävyyden mittaukseen soveltuvien indikaattorien suhteellisessa merkityksessä eroja?*

### Kysely sinulle, sosiaalisen kestävyyden asiantuntija

BioSus-hankkeessa syksyn aikana toteutetuissa ensimmäisen vaiheen asiantuntijakyselyissä määritettiin alueellisen metsäenergiatuotannon sosiaalisen, taloudellisen, ekologisen ja kulttuurisen kestävyyden mittauksen kannalta olennaisia indikaattoreita. Ensimmäisen vaiheen tiedonkeruun tulosten pohjalta on nyt laadittu kooste yhteensä 17 sosiaalisesta indikaattorista, jotka asiantuntijat ovat nähneet tärkeiksi neljän case-tuotantoketjun pohjalta tehtävän metsäenergiatuotannon kestävyysvaikutusten arvioinnissa. BioSus-hankkeen case-tuotantoketjut on esitelty tämän lomakkeen sivulla 2.

Tämä kyselylomake muodostaa tiedonkeruun toisen vaiheen, jossa arvioidaan päätöstukimenetelmien avulla ensimmäisellä kyselykierroksella kerättyä indikaattorikokoelmassa olevien yksittäisten sosiaalisten mittarien suhteellista keskinäistä merkitystä. Indikaattorikokoelma samoin kuin ohjeet indikaattorien arvottamiseksi on esitetty sivuilla 3–4 taulukossa 1. Asiantuntijoiden ensimmäisellä tiedonkeruukierroksella esittämät indikaattorit olivat joiltain osin keskenään limittäisiä, joiltain osin ne eivät olleet yksiselitteisesti määritettävissä ainoastaan tiettyyn kestävyuden ulottuvuuteen. Tämän takia osa asiantuntijoiden ensimmäisellä tiedonkeruukierroksella esittämistä yksittäisistä indikaattoreista on tätä tiedonkeruun toista vaihetta varten yhdistetty sosiaalisen kestävyuden osa-alueen sisällä samankaltaiset näkökulmat kokoaviksi uusiksi kokonaisuuksiksi tai siirretty kokonaan toisia kestävyuden ulottuvuuksia käsitteleviin kyselylomakkeisiin.

Ensimmäisessä tiedonkeruun vaiheessa kyselyyn vastasi yhteensä noin 30 sosiaalisen, taloudellisen, ekologisen ja kulttuurisen kestävyuden asiantuntijaa. Tämä toisen tiedonkeruun vaiheen kyselylomake lähetetään kaikille ensimmäiseen kyselyyn vastanneille henkilöille.

Toivomme ystävällisesti vastaustasi myös tähän toisen tiedonkeruun vaiheen lomakkeeseen, jotta BioSus-hankkeen tulosten laskennan kannalta olennaisten, eri kestävyuden osa-alueita kuvaavien indikaattorien suhteellisen merkityksen arviointi perustuisi mahdollisimman monen asiantuntijan näkemyksiin.

### Kiitos yhteistyöstä!

Katja Lähtinen  
Erikoistutkija (MMT)  
katja.lahtinen@ymparisto.fi  
GSM 040 566 2573

Pekka Leskinen  
Tutkimusprofessori  
pekka.leskinen@ymparisto.fi  
GSM 040 748 8545

Suomen ympäristökeskus (SYKE)

Vastaajan nimi: \_\_\_\_\_



METLA



Tekes





## BioSus-hankkeen case-yritykset

### Paikallisen metsähakkeen käyttö lämpöyrityksessä, Enon energiaosuuskunta (1)

Enon energia-osuuskunta on paikallisten metsänomistajien omistama yritys. Lämpöyrityksessä käytettävä raaka-aine hankitaan paikallisista metsistä ja poltetaan samalla alueella sijaitsevassa pienessä lämpövoimalassa.

Metsähakkeen käytöllä korvataan öljyn ja kaasun polttoa. Osakkaat ovat sijoittaneet pääomaa koko tuotantoketjuun ja he omistavat myös Enon lämpölaitokset. Paikallisten toimitilojen omistajat ovat energiaosuuskunnan asiakkaita ja toiminta perustuu "avaimet käteen"-periaatteeseen.

Lämpöyritystoimintaan ja paikallisen metsähakkeen käyttöön liittyviä etuja ovat energiaomavaraisuuden lisääminen ja aluetalouden tukeminen. Tuotot jäävät paikallisesti kuntaan sen sijaan että fossiilista energiaa ostettaisiin alueen ulkopuolelta. Toisaalta systeemin kasvupotentiaali on vähäinen, sillä lämpö on käytettävä paikallisesti, sen tarve on rajallinen, eikä lämpöä voida myöskään varastoida myöhempää käyttöä varten.

### Metsähakkeen ja turpeen suora poltto CHP-laitoksessa, Fortum Joensuu (2)

Fortumin CHP-laitos Joensuussa tuottaa suurimman osan Joensuun keskusalueen 50 000 asukkaan tarvitsemasta lämmöstä ja sähköstä.

Tehdas käyttää polttoaineena metsähakkeen ja turpeen sekoitusta; käytettävästä raaka-aineesta noin 80 % on metsähaketta, noin 20 % on turvetta. Käytössä olevaan laitekantaan liittyvien teknisten syiden takia turvetta käytetään metsähakkeen seospolttoaineena energian-tuotannossa. Kestävän kehityksen näkökulmasta tilanne on mielenkiintoinen, koska turpeen käyttö tuo mahdollisuuden myös laajamittaiselle metsähakkeen käytölle.

Kotimaisena raaka-aineena turpeella on merkittävä rooli Suomen energiapolitiikassa. Metsähakkeen käyttöä lisäämällä voidaan myös vaikuttaa turpeen käyttöön. Merkittävin metsähakkeen ja turpeen välinen ero on niiden uusiutuvuus: turpeen hiilidioksidipäästöt ovat merkittävät ja se luokitellaan yleensä uusiutumattomaksi luonnonvaraksi, kun taas metsähake on laskennallisesti hiilineutraali ja uusiutuva energianlähde.

### Pelletit puutuoteteollisuuden sivutuotteista, Ilomantsin pellettitehdas (3)

Puupelletit ovat puutuoteteollisuuden sivutuotteista jalostettu biopolttoaine, jolla on suhteellisen korkea energiasisältö. Puupellettejä valmistetaan kuljetuskustannusten laskemiseksi ja käytön helpottamiseksi.

Ilomantsin pellettitehdas sijaitsee Pohjois-Karjalassa lähellä Venäjän rajaa. Sijainti on etäinen, mutta tehtaalla on merkittävä rooli paikalliselle taloudelle, koska se tarjoaa alueella työtä ja aliarakointitilaisuuksia.

Raaka-aine kuljetetaan pääasiassa kunnan ulkopuolelta, ja valmiit pelletit kuljetetaan aina ulkomaille asti.

Pellettituotannon kestävyysvaikutukset poikkeavat oletettavasti esimerkiksi paikallisen lämpölaitoksen vaikutuksista, mutta kuinka paljon ja millä kestävyiden osa-alueilla?

### Puun ja turpeen käyttö biodieselin jalostuksessa, NSA Biofuels -koelaitos Varkaus (4)

Biojalostaminen ja laaja-alainen biomassan prosessointi biodieseliksi sekä muiksi nestemäisiksi polttoaineiksi ovat kiinnostuksen kohde monissa EU-kehitysprojekteissa.

Varkauden koelaitos on Suomen edistynein biojalostamo ja sen vuotuinen metsäbiomassan käyttö on noin 50 000 tonnia. Täydessä mittakaavassa toimiessaan valmiin jalostamon raaka-aineen käyttö olisi noin 1-2 miljoonaa tonnia metsäbiomassaa, millä olisi suuri vaikutus alueellisten metsävarojen käyttöön.

Suurten biojalostamojen rakentaminen lisää kilpailua raaka-aineesta ja olennainen kysymys on, kuinka Enon paikallisen lämpölaitoksen kaltaiset energiantuotantosysteemit voisivat kilpaila samasta biomassasta suurien biojalostamojen kanssa. Olennaista on myös pohtia, mitä seurauksia biojalostamoilla voisi olla sekä sosiaaliselle, ekologiselle, taloudelliselle että kulttuuriselle kestävyydelle.



METLA



Tekes



**Taulukko 1.** Ensimmäisen vaiheen asiantuntijankemysten pohjalta laadittu kooste neljän alueellisen metsäenergian case-tuotantoketjun sosiaalisen kestävyuden arviointiin soveltuvista indikaattoreista.

Indikaattorien arvottaminen tapahtuu siten, että annat case-tuotantoketjujen sosiaalisen kestävyuden arvioinnissa mielestäsi tärkeimmälle indikaattorille/tärkeimmille indikaattoreille alla olevaan taulukkoon pisteluvun 100. Tärkeimpiä indikaattoreita voi olla yksi tai useampia. Tämän jälkeen vertaat muiden taulukossa olevien indikaattorien suhteellista merkitystä tärkeimpänä pitämäsi indikaattoriin/tärkeimpinä pitämiisi indikaattoreihin antamalla muille indikaattoreille pistearvot väliltä 0–99. Taulukossa oleville, case-yritysten sosiaalisen kestävyuden arvioinnin kannalta mielestäsi merkityksettömille indikaattoreille anna pistearvo 0.

**Esimerkiksi:** Jos pidät tärkeimpänä indikaattori X:ää, anna sille pistearvo 100. Tämän jälkeen pisteytät jokaisen taulukossa olevan indikaattorin suhteessa indikaattori X:n tärkeyteen eli jos esim. pidät indikaattori X:ää kaksi kertaa niin tärkeänä kuin indikaattori Y:tä, anna indikaattori Y:lle pistearvo 50. Mikäli jokin taulukossa esitetty indikaattori on mielestäsi case-tuotantoketjujen kestävyuden arvioinnissa täysin merkityksetön, anna sille pistearvo 0.

Sosiaalinen indikaattori	Indikaattorin kuvaus	Pistearvo
1 Metsäenergian tuotantosysteemin saama institutionaalinen tuki	Tuotantosysteemin toimintaan suotuisasti vaikuttavien institutionaalisten tekijöiden olemassaolo, esim. lainsäädännölliset tekijät, hallinnolliset käytännöt, normit ja rutiinit	
2 Metsäenergian tuotantosysteemien vaikutukset merkitykselliseen elämän sisältöön	Tuotantosysteemin positiiviset vaikutukset ihmisten henkiseen hyvinvointiin esim. työ- ja virkistymismahdollisuuksiin liittyvien itsensä toteuttamismahdollisuuksien kautta	
3 Metsäenergian tuotantosysteemin yhteisöllinen merkitys: sitoutuneisuus paikkakunnalle ja vaikutus tulevaisuuden visioiden mahdollistamiseen	Tuotannon siirtämisen mahdollisuudet ja toiminnan motiivit (esim. metsänomistajien osuuskunta vs. ylikansallinen yhtiö) vaikuttavat sitoutuneisuuteen ja toiminnan jatkuvuuden ennustettavuuteen, joka tukee sosiaalisen kestävyuden kehittymistä ja ylläpitämistä	
4 Metsäbioenergian tuotantosysteemien vakaus ja joustavuus	Tuotantosysteemin toiminnan pitkäjänteisyys sekä sopeutumis- ja palautumiskyky (ml. raaka-aineen käytön joustavuus) toimintaympäristön muutoksissa	
5 Metsäenergian tuotantosysteemin oikeudenmukaisuus	Metsäenergian tuotantosysteemin kyky ylläpitää oikeudenmukaista ja kohtuullista tulojen, työllisyyden ja muiden hyötyjen jakautumista	
6 Metsäenergian tuotantosysteemin vaikutukset metsien monikäyttöön, ml. virkistys	Tuotantosysteemin toiminnan myötä metsien eri käyttömuodot säilyvät ja jopa vahvistuvat	
7 Metsäenergian tuotantosysteemiin liittyvä verkostoituneisuus	Tuotantosysteemiin kytkeytyvät epämuodolliset ja muodolliset verkostot voivat tukea sosiaalisen pääoman muodostumista ja hyödyttää koko yhteisön toimintaa	
8 Metsäenergian tuotantosysteemin sisäiset ohjauskeinot liittyen päätösprosessien hallintaan ja palautemekanismeihin	Tuotantosysteemin toiminnasta osataan keskustella moniarvoisesti ja toimintaan liittyvät päätösprosessit esim. yhteiskuntavastuuraportoinnin ansiosta läpinäkyviä, kestäviä, oikeudenmukaisia ja tehokkaita	
9 Metsäenergian tuotantosysteemiin nivoutuva yrittäjyys ja niiden tarjoamat omatoimisen työllistymisen mahdollisuudet	Tuotantosysteemin aikaansaamat mahdollisuudet työllistää itsensä yrittäjyyden kautta	
10 Metsäenergian tuotantosysteemin alueen muulle metsäsektorille sekä muille elinkeinoille aikaansaamat hyödyt	Tuotantosysteemin toiminnan liittynyt esimerkiksi alaan läheisesti nivoutuvaan liiketoiminnan kehitykseen, kuten metsäteollisuuteen, matkailuun sekä maatalouteen	
11 Metsäenergian tuotantosysteemiin palkatun työvoiman kausivaihtelu	Tuotantosysteemin palkatun työvoiman kausivaihtelu vaikuttavat sekä elinolosuhteiden pysyvyyden kautta työntekijöiden elämän laatuun että alan houkuttelevuuteen	



METLA



Tekes





## Liite 13. Kulttuuristen indikaattoreiden asiantuntijakysely: 2. vaihe.

**Kysely sinulle, kulttuurisen kestävyysasiantuntija**

*Millä tavalla asiantuntijat konkretisoivat kulttuurista kestävyyttä?  
Millaisia käsitteitä kulttuurisen kestävyysarvioimiseksi tuotettiin?*

Kulttuurisen kestävyysarvioimiseksi haastateltiin BioSus-hankkeessa yhteensä 12 kulttuurisen kestävyysasiantuntijaa. Asiantuntijat tuottivat yhteensä 74 käsitettä neljän bioenergiaketjun (ks. liite 1) kulttuurisen kestävyysarvioimiseksi. Taulukossa 1 on tiivistetty lista tuotetuista käsitteistä. Osa käsitteistä on yhdistetty ja osa on siirretty muihin kestävyysulottuvuuksiin.

Pyydämme teitä nyt arvioimaan tuotettujen käsitteiden merkitystä neljän tarkasteltavan bioenergiaketjun (ks. liite 1) kulttuurisen kestävyysarvioimisen osalta. Taulukossa 1 on käsitteet, jotka asiantuntijat tuottivat haastatteluiden aikana. Käsitteille aikaisemmin antamanne painotukset on merkitty taulukkoon valmiiksi (0-100). Käyttäkää antamianne pistearvoja hyödyksi kun arvotatte uusia käsitteitä. Esimerkiksi jos X=100, ja jos pidätte sitä kaksi kertaa niin merkittävänä kuin Y:tä, anna Y:lle 50 pistettä. Minimipistearvo on 0 ja ylärajaa ei ole (voitte siis halutessanne käyttää lukuarvoja jotka ovat yli 100, jos uusi käsite on tärkeämpi kuin aikaisemmin arvottamanne käsite). Pistearvo 0 tarkoittaa, että kyseinen käsite ei ole lainkaan oleellinen neljän eri bioenergiaketjun kulttuurisen kestävyysarvioimisessa. Käyttäkää arvioinnin apuna liitteessä 1 olevaa tietoa eri bioenergiaketjuista.

Kiitos yhteistyöstä!

Terveisin  
Tanja Myllyviita, Suomen ympäristökeskus (SYKE)  
tutkija  
[tanja.myllyviita@ymparisto.fi](mailto:tanja.myllyviita@ymparisto.fi)  
0400 148 808



Taulukko 1. Haastatteluiden aikana tuotetut kulttuurisen kestävyuden käsitteet. Esimerkiksi jos X=100, ja jos pidätte sitä kaksi kertaa niin merkittävänä kuin Y:tä, anna Y:lle 50 pistettä. Minimipistearvo on 0, ylärajaa ei ole (voitte siis halutessanne käyttää lukuarvoja jotka ovat yli 100). Pistearvo 0 tarkoittaa, että kyseinen käsite ei ole lainkaan oleellinen neljän eri bioenergiaketjun kulttuurisen kestävyuden arvioimisessa.

Käsite	Kuvaus	Pistearvo
1. Paikallisuus	Raaka-aineen tulisi olla paikallista alkuperää ja myös lopputuotteen tulisi tulla käytetyksi paikallisesti	
2. Jatkuvan kasvatuksen mahdollisuudet	Energiapuun tuotannon rinnalla jatkuvan kasvatuksen mahdollisuudet paranisivat, koska avohakkuuta ei tehtäisi ja vain osa puusta korjattaisiin kerralla	
3. Maiseman muutos	Maiseman muutos hakkuutähteiden keräämisen ja pienpuun korjuun seurauksena,	
4. Kantojen nosto	Kantokasat ovat epäesteettisen näköisiä ja kantojen nosto herättävät ihmisissä pelkoja ja epäluuloja	
5. Turpeen nostoon tarvittavat alueet	Uudet turpeennostoaueet tuhoavat kulttuurimaisemaa	
6. Turpeen noston ja kuljetuksen aiheuttamat haitat väestölle	Turpeen nosto ja kuljetus häiritsevät ihmisiä esim. niiden aiheuttamien pölypäästöjen ja vesistövaikutusten takia.	
7. Omavaraisuus	Omillaan pärjäämisen aikaansaama turvallisuuden ja riippumattomuuden tunne	
8. Virkistyskäyttö	Hakkuutähteiden keruu saattaa muuttaa riistan, marjojen ja sienten lajistoa sekä ja siihen miten paikka koetaan. Lisäksi esim. alueen kalastusmahdollisuudet saattavat valumavesien vaikutuksesta muuttua	
9. Ihmisten vihreät arvot (sekä työntekijät että käyttäjät)	Uusiutuvan energiantuotannon aiheuttama positiivinen mieli, koska uusiutuvan energian tuotanto ja käyttö on uusiutumattomaan energiaan verrattuna mielekkäämpää	
10. Äänimaisema	Metsäkoneet pitävät meteliä, melua aiheuttavat myös kuljetukset ja erityisesti kantojen murskaus	
11. Aikajanan huomiointi	Pitkäaikaiset vaikutukset uhkaavat paikallista yhteisöä, (vertaa turpeen nosto ja hakkuu, vaikutukset turpeen nostossa kauaskantoiset)	
12. Yritysten toimintakulttuuri	Yritykset tukevat toimintatavan muutosta eri tavalla, toiset yrityksen mahdollistavat isotkin muutokset, sillä työntekijöitä ja toimintakulttuuria valmistellaan muutokseen	
13. Yrityksellä on positiivinen vaikutus paikkakunnalle	Erityisesti iso yritys tuo alueelle työpaikkoja, teknologiaa ja on myös oma ylpeydenaihe. Yritykset tukevat alueen elinvoimaisena säilymistä.	
14. Kilpailu raaka-aineesta	Raaka-aineesta saattaa tulla kilpailua, jolloin esim. aines- ja energiapuun käytön ristiriitaisuuden kaltaisten konfliktien riski kasvaa	
15. Yrityksen ikä	Pitkäaikaiset yritykset tukevat paikallisen kulttuurin säilymistä ja kehittymistä kulttuuria	
16. Hakkeen käyttö	Hakkeen käytöllä on Suomessa pitkä perinne	
17. Ensiharvennusten lisääntyminen	Pienimpiä puita poistamalla siistitään maisemaa, jolloin myös virkistysmahdollisuudet paranevat	
18. Sivutuotteiden hyödyntäminen ja raaka-aineen tehokas käyttö	Toiminnan hyväksyttävyys kasvaa sivutuotteiden ja hakkuutähteiden käytön lisäyksen kasvun myötä	



19. Metsätalouden tukeminen	Puupohjaisten energialähteiden hyödyntäminen tukee perinteistä metsätaloutta	
20. Raaka-aineen jalostus	Raaka-aineen jalostus tuo lisää työpaikkoja ja lisää tuotteiden arvostusta	
21. Hyväksyttävyyys	Toimintatapojen on oltava yleisesti hyväksytyjä ja niiden on sovittava yhteiskunnan arvoihin (esimerkiksi turpeen nosto voi aiheuttaa konflikteja)	
22. Raaka-aine varastot	Energiapuuvarastot vievät paljon tilaa ja ovat useimpien mielestä epäesteettisiä	
23. Merkittävä maisemanmuutos raaka-aineen suuren kysynnän vuoksi	Raaka-aineen kysynnän kasvaessa sitä hankitaan uusilta alueilta, jolloin maisema muuttuu. Tämä edellyttää erityisesti paikallisten ihmisten maisemiarvostusten huomioon ottamista toiminnan suunnittelussa	
24. Lisääntynyt liikenne raaka-aineen kuljetusten vuoksi	Raaka-aineiden kuljetukset häiritsevät ihmisiä ja voivat aiheuttaa onnettomuuksia	
25. Uudet osaamistarpeet	Tuotannon kehittyminen lisää uudenlaisen osaamisen kysyntää, jolloin työntekijöiden koulutus ja osaavien ihmisten muutto alueelle lisääntyy	
26. Uudet metsäkoneet	Uudet metsäkoneet ovat aikaisempaa kevyempiä käyttää ja parempia työn jäljeltään	
27. Liikenneyhteydet syrjäseuduille	Liikenneyhteydet syrjäseuduille paranevat raaka-ainekuljetusten myötä	
28. Turpeen noston kulttuuri	Turpeen noston jatkaminen tukee turpeen noston pitkää kulttuurista perinnettä Suomessa	
29. Raaka-aineen omistajuus	Paikallinen omistus lisää raaka-aineen käytön hyväksyttävyyttä osin alueelle tulevien sosio-ekonomisten hyötyjen takia	
30. Yritysten omistajuus	Paikallinen yritysomistus lisää alueellisten sidosryhmien vaikutusmahdollisuuksia	
31. Lähiluonnon hyödyntäminen	Hyödynnettäessä raaka-aineen hankinnassa lähellä asutusta olevia alueita vastarinnan todennäköisyys kasvaa	
32. Muutostarve vallitseviin tuotantovaihtoehtoihin	Nykyisiin tuotantomuotoihin verrattuna uudet tuotantoketjut vaativat mahdollisimman vähän muutoksia niin metsätalouteen liittyvässä alkutuotannossa kuin jalostuksessakin	
33. Metsiin liittyvä perinnetieto	Metsiin liitetään paljon uskomuksia, tarinoita ja on myös paljon kansalaistietoa joka liittyy metsiin, energiapuun tuotanto saattaa vaikuttaa perinnetiedon ylläpitämiseen	
34. Metsien hengellinen vaikutus	Metsät ovat myös hengellinen pääoma	
35. Pellettikäytön teknisyyys	Pelletteihin siirtyminen on tällä hetkellä teknisesti hankalaa, koska niiden käyttö edellyttää investointeja ja teknisiä muutoksia lämmitysjärjestelmiin	
36. Yrittäjien oma päätäntävalta	Isot yritykset eivät voi antaa vapaata päätäntävaltaa raaka-aineen tuottajille, koska määräykset tulevat "ylhäältä päin"	

37. Ison yrityksen vaikutus alueeseen	Varsinkin isot tuotantolaitokset muokkaavat maisemaa ja tuovat mukanaan ympäristöongelmia osan aiheuttaessa myös hajuhaittoja	
38. Isot yritykset eivät tue paikallista kulttuuria	Isot yritykset saattavat vaihtaa paikkakuntaa kustannusten mukaan, eivätkä sitoudu paikalliseen kulttuuriin, yritys saattaa vaihtaa paikkakuntaa paremman tuottavuuden vuoksi	
39. Fossiilisten polttoaineiden korvaaminen	Gloobaalien vaikutusmahdollisuuksien kasvu edellyttäisi sitä, että tuote korvaisi selkeästi jotakin fossiilista polttoainetta, kuten biodiesel öljyä	
40. Uuden raaka-aineen keruu	Pienpuun, hakkuutähteen ja kantojen nostosta ei ole pitkäaikaisia kokemuksia, joten niiden hyödyntämiseen saatetaan suhtautua epäluuloisesti	
41. Kysynnän ja tarjonnan tasapaino	Kysynnän ja tarjonnan tulisi olla mahdollisimman lähellä toisiaan, jotta konfliktien todennäköisyyttä voitaisiin vähentää	
42. Käyttäjien mielikuvat	Käyttäjät todennäköisesti haluavat käyttää uusiutuvaa energiaa, joten heidän mielikuvansa ja kokemuksensa tuotteista ovat tärkeitä	
43. Hakkuutähteen keruu	Hakkuutähteen keruu siisti kulttuurimaisemaa	
44. Osallistaminen	Paikallisille tulisi järjestää keskustelutilaisuuksia yms, jolloin paikallisten vaikutusmahdollisuudet paranevat	
45. Tiedottaminen	Yritysten tulisi tiedottaa toiminnastaan ja perustella sitä erityisesti paikallisille	
46. Vienti	Vientitulot tukevat paikallista kulttuuria ja vievät suomalaista osaamista ja luonnonvaroja muualle sekä kohottavat paikallista identiteettiä, koska puutuotteiden viemisellä on Suomessa pitkä perinne	
47. Viennin hyväksyttävyys	Tuotteiden vienti ulkomaille saattaa aiheuttaa kummastusta ja närkästystä, jos sama tuote voitaisiin käyttää kotimaassa (esimerkiksi pelletit)	
48. Homogeeninen toimijayhteisö	Mitä homogeenisempiä toimijoita, sitä vähemmän ilmenee konflikteja	
49. Työn arvostus	Bioenergian raaka-aineen kerääminen on vähemmän arvostettua työtä ja teknisesti hankalampaa "risujen keruuta"	

Tilaa kommentteille:





- 1) Paikallinen metsähakkeen käyttöön perustuva lämmöntuotanto, Enon energia-osuuskunta  
Paikalliseen puupohjaiseen energiaan luottava yritys hankkii raaka-aineensa paikallisista metsistä ja polttaa sen paikallisessa pienessä lämpövoimalassa korvaten öljyn ja kaasun käyttöä. Enon energia-osuuskunta on paikallisten metsänomistajien yritys. He ovat sijoittaneet pääomaa koko tuotantoketjuun ja omistavat myös Enon lämpölaitokset. Paikallisten toimitilojen omistajat ovat heidän asiakkaitaan ja toiminta perustuu "avaimet käteen"-periaatteeseen. Paikalliset asianosaiset, jotka hyötyvät toiminnasta, ovat aktiivisesti toiminnassa mukana. Oletuksena on, että bioenergiaketjulla on lukuisia etuja: omavaraisuus ja paikallisen talouden tukeminen. Tuotot jäävät kunnan alueelle sen sijaan että fossiilista energiaa ostettaisiin kunnan ulkopuolelta. Toisaalta systeemin kasvupotentiaali on vähäinen, sillä lämpö on käytettävä paikallisesti. Lämmöntarve on rajallinen, eikä lämpöä voida varastoida myöhempää käyttöä varten.
- 2) Ilomantsin pellettitehdas  
Puupelletit ovat prosessoitu biopolttoaine, jolla on suhteellisen korkea energiasisältö. Puupellettejä valmistetaan kuljetuskustannusten laskemiseksi ja käytön helpottamiseksi. Ilomantsin tehdas sijaitsee Pohjois-Karjalassa lähellä Venäjän rajaa. Sijainti on etäinen, mutta tehtaalla on merkittävä rooli paikalliselle taloudelle tarjoten työtä ja aliurakointitilaisuuksia. Raakamateriaali kuljetetaan pääasiassa kunnan ulkopuolelta, ja tuotetut pelletit kuljetetaan aina ulkomaille asti. Näkökulma kestävyuden kannalta on oletettavasti erilainen kuin paikallisen metsähake yrityksen, mutta miten paljon, ja millä kriteerein?
- 3) Puu- ja turvebiomassan käyttö CHP-laitoksessa, Fortumin CHP-laitos Joensuussa  
Fortumin CHP-laitos Joensuussa huolehtii suurimmasta osasta lämmön ja sähkön tuotannosta Joensuun keskusalueen 50 000 asukkaalle. Tehdas käyttää polttoaineena turpeen ja metsähakkeen sekoitusta. Turpeella on merkittävä rooli Suomen energiapolitiikassa. Turve on paikallinen polttoaine, ja sen käyttöä voidaan tasapainottaa metsähakkeen lisäämisellä. Merkittävin ero on, että turve luokitellaan yleensä uusiutumattomaksi luonnonvaraksi, jolla on merkittävät hiilidioksidipäästöt, kun metsähake on uusiutuvaa ja hiilineutraalia. Kestävän kehityksen kannalta tämä on mielenkiintoista, sillä turpeen käyttö tuo mahdollisuuden myös laajamittaiselle metsähakkeen käytölle, sillä teknisistä syistä johtuen metsähakkeen käyttö yksistään ei ole mahdollista. Turpeen osuus on noin 20% Fortumin Joensuun CHP-laitoksen biomassasta.
- 4) Puu- ja turvebiomassasta valmistettava biodiesel, Varkauden biodieselin koelaitos  
Biojalostaminen ja laaja-alainen biomassan prosessointi biodieseliksi ja muiksi nestemäisiksi polttoaineiksi ovat monien EU kehitysprojektien kiinnostuksen kohteena. Varkauden koelaitos on Suomen edistynein biojalostamo. Biojalostamo vaikuttaa sijaintialueellaan merkittäväällä tavalla metsäbiomassan hyödyntämiseen. Vuotuisella 1-2 miljoonalla tonnilla metsäbiomassaa on suuri vaikutus toimintaympäristöönsä. Yksi tärkeimmistä kysymyksistä on kuinka jo olemassa olevat bioenergiaketjut, kuten Enon paikallinen lämpölaitos, voi kilpailla samasta biomassasta suurien biojalostamojen kanssa. Olennaista on myös pohtia, mitä seurauksia biojalostamoilla voi olla moniulotteiselle kestävyydelle.

Liite 1. BioSus-hankkeen neljä case-tapausta
--

## Liite 14.Yrityskysely metsäenergian tuotantosysteemeille.

## KYSELY METSÄENERGIAN TUOTANTOSYSTEEMILLE

1. Metsäenergian tuotantosysteemin taustatiedot, osa 1: konserneihin kuuluvien yhtiöiden osalta täytetään sen tytäryhtiön tiedot, johon tiedonkeruussa mukana oleva metsäenergian tuotantosysteemi kuuluu.

1.1. Yrityksen yhtiömuoto

1.2. Yrityksen perustamisvuosi

1.3. Kotimaisten henkilöiden tai yritysten osuus omistuksesta (%) vuonna 2010

1.4. Onko yrityksellä useita toimipaikkoja

a. Ei  (silrry kysymykseen 1.G.)

b. Kyllä

1.5. Jos yrityksellä on useita toimipaikkoja, missä toimipaikat sijaitsevat?

a. Vain tämän kunnan alueella

b. Usean kunnan alueella Suomessa

c. Useissa eri maissa

1.6. Onko yrityshistoriassa tapahtunut merkittäviä muutoksia 2000-luvulla ja jos on, mitä? (esim. yhtiömuodon ja omistussuhteiden muutokset)

2. Metsäenergian tuotantosysteemin taustatiedot, osa 2: tiedot pyritään täyttämään koskien tässä tiedonkeruussa mukana olevaa metsäenergian tuotantosysteemiä eli Itä-Suomen ulkopuolella sijaitsevat toimipaikat rajataan tiedonkeruun ulkopuolelle.

2.1. Kuinka pitkään tämä metsäenergian tuotantosysteemi on toiminut Itä-Suomen alueella?

2.2. Mikä oli tässä tiedonkeruussa mukana olevan metsäenergian tuotantosysteemin henkilöstön määrä henkilötyövuosina vuonna 2010?

2.3. Kuuluuko tässä tiedonkeruussa mukana olevaan metsäenergian tuotantosysteemiin useita toimipaikkoja tai tuotantolaitoksia ja jos kuuluu, kuinka monta ja minkä kuntien alueella ne sijaitsevat?

2.4. Mikä on tuotantosysteemin vuotuinen...

a. ...kapasiteetti (MWh)

b. ...myyntitulot (€)

c. ...raaka-ainekustannukset (€)

d. ...ulkopuolelta ostettujen palveluiden kustannukset (€)

e. ...arvonlisäys (€)

f. ...palkkakulut (€)

g. ...liikevoitto/-tappio (€)

2.5. Onko tuotantosysteemissänne 2000-luvulla toteutettu pitkän tähtäimen investointeja, jotka koskevat Itä-Suomen aluetta?

a. Ei  (silrry kysymykseen 3.)

b. Kyllä

2.6. Millaisia Itä-Suomen aluetta koskevia investointeja olette tuotantosysteemissänne tehneet 2000-luvulla?

### 3. Metsäenergian tuotantosysteemin raaka-ainekäyttö ja lopputuotteet

<b>3.1. Kuinka paljon tuotantosysteemissänne käytetään seuraavia raaka-aineositteita?</b>	<b>MWh</b>
a. Hakkuutähteet, kannot, pieniläpimittainen rankapuu ja järeä ainespuuksi kelpaamaton runkopuu	
b. Puutuoteteollisuuden sivutuotteet	
c. Turve	
d. Muu, mikä?	

<b>3.2. Mitkä ovat ositteittain tuotantosysteeminne keskimääräiset raaka-aineen hankintamatkat?</b>	<b>km</b>
a. Hakkuutähteet, kannot, pieniläpimittainen rankapuu ja järeä ainespuuksi kelpaamaton runkopuu	
b. Puutuoteteollisuuden sivutuotteet	
c. Turve	
d. Muu, mikä?	

<b>3.3. Mikä on ulkomaisen raaka-aineen käytön osuus ositteittain tuotantosysteeminne raaka-aineen kokonaiskäytöstä?</b>	<b>%</b>
a. Hakkuutähteet, kannot, pieniläpimittainen rankapuu ja järeä ainespuuksi kelpaamaton runkopuu	
b. Puutuoteteollisuuden sivutuotteet	
c. Turve	
d. Muu, mikä?	

<b>3.4. Voidaanko tuotantosysteeminne nykyisiä raaka-aineen käyttösuhteita muuttaa ilman, että tuotantoteknologiaan tehdään muutoksia?</b>	<b>Kyllä</b>	<b>Ei</b>
a. Metsäenergiajakeiden käyttöä voidaan korvata turpeen käytöllä	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. Turpeen käyttöä voidaan korvata metsäenergiajakeiden käytöllä	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. Puutuoteteollisuuden sivutuotteiden käyttöä voidaan korvata muun puuraaka-aineen käytöllä, minkä puuraaka-aineen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. Muut muutokset mahdollisia, mitkä?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

<b>3.5. Mikä on vuotuinen tuotannon lopputuotteittain "normaalilla" käyttöasteella?</b>	<b>MWh</b>
a. Lämpö	
b. Sähkö	
c. Pelletit	
d. Nestemäiset biopolttoaineet, mitkä?	
e. Muut, mitkä?	

<b>3.6. Voidaanko tuotantosysteeminne tuotantoa sopeuttaa joustavasti?</b>	<b>Kyllä</b>	<b>Ei</b>
a. Käyttöastetta voidaan lyhyelläkin aikavälillä nostaa joustavasti kysynnän kasvaessa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. Käyttöastetta voidaan lyhyelläkin aikavälillä laskea joustavasti kysynnän supistuessa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. Tuotantokapasiteettia voidaan pitkällä aikavälillä kasvattaa joustavasti markkinoiden kasvaessa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. Tuotantokapasiteettia voidaan pitkällä aikavälillä supistaa joustavasti markkinoiden supistuessa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e. Eri lopputuotteiden osuutta yrityksen kokonaistuotannosta voidaan muuttaa, mitä?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f. Muut joustavat tuotannonsopeutukset mahdollisia, mitkä?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



#### 4. Metsäenergiantuotannon uhat ja mahdollisuudet kotimaisessa ja kansainvälisessä toimintaympäristössä

4.1. Ovatko seuraavat tekijät <u>uhka</u> tuotantosysteeminne toiminnan jatkuvuudelle?	Kyllä, lyhyellä aikavälillä (0–5 vuotta)	Kyllä, pitkällä aikavälillä (yli 5 vuotta)
a. Raaka-aineen hankinnan tehottomuus (esim. pitkät kuljetusmatkat ja hakkuualojen pienuus)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. Metsänomistajien haluttomuus energiapuun myyntiin	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. Energiapuukauppajärjestelmien kehittymättömyys	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. Ammattitaitoisen korjuuhenkilöstön puute	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e. Kilpailu raaka-aineesta puuta käyttävien toimialojen välillä	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f. Energiapuun korjuuseen liittyvien tukijärjestelmien epävakaus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g. Raaka-ainepula markkinoilla liittyen esim. ympäristönsuojelulakeihin	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h. Raaka-ainekustannusten nousu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
i. Maankäyttöön liittyvät päätökset esim. yhdyskuntarakenteen suunnittelussa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
j. Kansalliset ja kansainväliset ilmastopoliittiset päätökset	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
k. Päästökauppajärjestelmään liittyvät toimenpiteet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
l. Koti- ja vientimarkkinoiden kehittymättömyys	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
m. Koti- ja vientimarkkinoilla tapahtuvat muutokset liittyen esim. kysyntään	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
n. Muut tekijät, mitkä?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.2. Tuovatko seuraavat tekijät <u>mahdollisuuksia</u> tuotantosysteeminne toiminnan jatkuvuudelle?	Kyllä, lyhyellä aikavälillä (0–5 vuotta)	Kyllä, pitkällä aikavälillä (yli 5 vuotta)
a. Energia- ja ainespuun korjuumenetelmien ja -teknologioiden kehittäminen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. Energiapuukauppajärjestelmien kehittäminen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. Metsänomistajien energiapuun myyntihalukkuuden kasvu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. Ammattitaitoisen korjuuhenkilöstön saatavuuden turvaaminen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e. Kotimaisen metsäteollisuuden toimintaedellytysten turvaaminen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f. Energiapuun korjuuseen liittyvien tukijärjestelmien kehittäminen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g. Raaka-aineen saatavuuden turvaaminen markkinoilla esim. lainsäädännön tulkintojen selkeys	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h. Raaka-ainekustannusten vakaus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
i. Maankäyttöön liittyvät päätökset esim. yhdyskuntarakenteen suunnittelussa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
j. Kansalliset ja kansainväliset ilmastopoliittiset päätökset	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
k. Päästökauppajärjestelmään liittyvät toimenpiteet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
l. Koti- ja vientimarkkinoiden kehittyminen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
m. Koti- ja vientimarkkinoilla tapahtuvat muutokset liittyen esim. kysyntään	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
n. Muut tekijät, mitkä?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.3. Vaikuttavatko seuraavat institutionaaliset tekijät suotuisasti tuotantosysteeminne toimintaan erityisesti Itä-Suomessa?	Kyllä	Ei
a. Julkisen sektorin neuvontapalvelut liittyen esim. rahoituksen hankintaan ja T&K -toimintaan	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. Tuotantosysteemin työvoiman saatavuutta helpottava koulutus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. Raaka-aineen saatavuutta helpottavat kulkuyhteydet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. Tuotteiden jakelua helpottavat kulkuyhteydet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e. Alueelliset kehittämissstrategiat	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f. Alueelliset rahoitusohjelmat	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g. Muut tekijät, mitkä?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



## METSÄENERGIANTUOTANNON SOSIAALISEN KESTÄVYYDEN MITTAUS

### 5. Metsäenergian tuotannon verkostoituneisuus

5.1 Onko tuotantosysteemillänne yhteyksiä seuraaviin paikallisiin yhteistoiminnan muotoihin?	Kyllä	Ei
a. Toiminta vapaamuotoisissa yhteisin harrastuksiin ja muuhun toimintaan liittyvissä epämuodollisissa verkostoissa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. Säännöllinen ja tavoitteellinen vapaa-ajan toiminta muun muassa ammatti- ja muissa yhdistyksissä	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. Yhteistyötä ja verkostoitumista alueen julkisten toimijoiden kanssa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. Verkostoitumista alueen toimijoiden kanssa yhteisessä kehittämistoiminnassa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e. Verkostoitumista alueen muiden toimijoiden kanssa yhteisessä konkreettisessa liiketoiminnassa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f. Muussa, missä?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### 5.2. Ovatto yhteydet paikallisiin pk-yrityksiin tärkeässä asemassa tuotantosysteeminne toiminnassa?

- a. Ei  (siirry kysymykseen 6.)  
b. Kyllä

### 5.3. Teettekö yhteistyötä paikallisten pk-yritysten kanssa...

- a. ...raaka-aineen hankinnassa Ei  Kyllä   
b. ...koneiden ja laitteiden toimituksissa Ei  Kyllä   
c. ...koneiden ja laitteiden huollossa Ei  Kyllä   
d. ...lopputuotteiden jakelussa Ei  Kyllä   
e. ...muussa, missä? Ei  Kyllä

### 5.4. Kuinka monta alueellista pk-yritysyhteistyökumppania arvioitte tuotantosysteemillänne olevan...

- a. ...kaikki toimittaja-asiakassuhteet mukaan luettuna?  
b. ...vain pitkä-aikaiset, esim. pysyviin sopimuksiin perustuvat toimittaja-asiakassuhteet mukaan luettuna?

### 6. Metsäenergian tuotantosysteemin yhteisöllinen merkitys

#### 6.1. Pidättekö tärkeänä, että viestitätte paikalliselle yhteisölle tuotantosysteeminne sitoutuneen paikkakunnalle?

- a. Ei  (siirry kysymykseen 6.4.)  
b. Kyllä

#### 6.3. Pidättekö seuraavia tekijöitä tärkeinä tuotantosysteeminne tälle paikkakunnalle sitoutumisenne näkökulmasta?

	Kyllä	Ei
a. Yrityksellä on paikallinen omistajuus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. Yrityksellä on kotimainen omistajuus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. Yrityksellä on kansainvälinen omistajuus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. Yritys on alueella pitkään toiminut perinteinen ja paikalliset olosuhteet tunteva yritys	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e. Yritys on paikkakunnalla uusi ja uusia mahdollisuuksia luova yritys	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f. Yrityksessä on tehty pitkän tähtäimen alueellisia investointeja	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g. Yrityksellä on pitkän tähtäimen alueellisia investointisuunnitelmia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h. Yrityksellä on paikallisia toimittajasuhteita esimerkiksi raaka-aineen hankinnassa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
i. Muu, mikä?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**6.4. Pidätkö tärkeänä, että tuotantosysteeminne edistää paikallisen yhteenkuuluvuuden tunteen muodostumista?**

- a. Ei  (siirry kysymykseen 7.)  
 b. Kyllä

**6.5. Pidätkö seuraavia tekijöitä tärkeinä tuotantosysteeminne näkökulmasta paikallisen yhteenkuuluvuuden tunteen aikaansaamisessa?**

	Kyllä	Ei
a. Harrastustoiminnan järjestäminen yrityksen työntekijöille	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. Tapahtumien järjestäminen yrityksen työntekijöille ja heidän perheilleen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. Rahoitus tai muu osallistuminen paikallisten yhdistysten ja seurojen toimintaan	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. Paikallisen yhteisön edustajana ja puolestupuhujana toimiminen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e. Yhteisen osaamisen ja tietotaidon kehittäminen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f. Muu, mikä?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## METSÄENERGIANTUOTANNON KULTTUURISEN KESTÄVYYDEN MITTAUS

### 7. Metsäenergian tuotantosysteemin hyväksyttävyyttä

7.1. Pidätkö tärkeänä, että tuotantosysteeminne toiminta on paikallisen yhteisön näkökulmasta hyväksyttävää?

- a. Ei  (siirry kysymykseen 8.)  
b. Kyllä

7.2. Edistävätkö seuraavat tekijät tuotantosysteeminne näkökulmasta toimintanne yleistä hyväksyttävyyttä?

	Kyllä	Ei
a. Paikalliset voivat vaikuttaa konkreettisesti lopullisiin ratkaisuihin	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. Päätöksenteon läpinäkyvyys koskien sekä yrityksiä että julkisia toimijoita	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. Eri käyttömuotojen yhteensovittaminen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. Vaikutukset maanomistussuhteisiin otetaan huomioon päätöksenteossa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e. Eri sidosryhmien ristiriitaiset tavoitteet otetaan huomioon päätöksenteossa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f. Päätöksentekoprosessissa pyritään vähentämään epävarmuutta yritysten toiminnasta aiheutuvista seurauksista luonnolle ja ympäristölle	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g. Toiminnan ajallisten ja spatiaalisten vaikutusten kokonaisvaltainen huomioon ottaminen päätöksenteossa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h. Muu, mikä?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### 8. Kansalaisten osallistaminen metsäenergiayritysten päätöksentekoon

8.1. Pidätkö tärkeänä, että tuotantosysteeminne osallistaa paikallisia asukkaita tuotantosysteeminne toimintaan liittyvään päätöksentekoon?

- a. Ei  (siirry kysymykseen 9.)  
b. Kyllä

8.2. Pidätkö tuotantosysteeminne näkökulmasta seuraavia tekijöitä tärkeinä paikallisten asukkaiden osallistamisen keinoina?

	Kyllä	Ei
a. Yritys tiedottaa päätöksistään kansalaisille	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. Tiedottamisen lisäksi yrityksen kysyy kansalaisten mielipidettä toimintaansa liittyvissä päätöksissä	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. Yrityksen suunnittelee toimintaansa tiiviissä vuorovaikutuksessa kansalaisten kanssa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. Yrityksen raportoi esim. toimintakertomuksissaan siitä, kuinka kansalaismielipiteet ovat vaikuttaneet päätöksentekoon	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### 9. Metsäenergian tuotantosysteemin yleiset maisemavaikutukset

9.1. Mikä ovat seuraavien tuotantosysteeminne näkökulmasta seuraavien tekijöiden yleiset maisemavaikutukset?

	Hyöty	Haitta	Ei vaikutusta
a. Turpeen nosto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. Kantojen nosto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. Hakkuutähteiden korjuu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. Pienpuun korjuu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e. Tuotantolaitosten rakentaminen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f. Muu toiminnan vaatima infrastruktuuri, kuten metsäautotiet ja tiet tuotantolaitoksiin	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g. Luonnon hyödyntäminen lähellä asutusta	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h. Muu, mikä?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## 10. Metsäenergian tuotantosysteemin vaikutukset lähiluontoon

10.1 Mikä ovat tuotantosysteeminne näkökulmasta seuraavien tekijöiden maisemavaikutukset erityisesti asutuksen läheisyydessä?	Hyöty	Haitta	Ei vaikutusta
a. Turpeen nosto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. Kantojen nosto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. Hakkuutähteiden korjuu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. Pienpuun korjuu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e. Tuotantolaitosten rakentaminen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f. Muu toiminnan vaatima infrastruktuuri, kuten metsäautotiet ja tiet tuotantolaitoksiin	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g. Luonnon hyödyntäminen lähellä asutusta	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h. Muu, mikä?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## 11. Käyttäjien mielikuvat metsäenergian loppukäytössä

11.1. Ovatko seuraavat käyttäjien mielikuviiin liittyvät tekijät tärkeitä tuotantosysteeminne toiminnan näkökulmasta?	Kyllä	Ei
a. Energia on tuotettu uusiutuviista raaka-aineista	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. Energia on helposti saatavilla	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. Energian käyttö on helppoa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. Energia on maineeltaan ympäristöystävällistä	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e. Energian käyttö on edullista	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f. Energiamuodon vaatimat investointikustannukset ovat edulliset	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g. Energian hintakehitys tulevaisuudessa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h. Muu, mikä?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## 12. Tila vapaalle kommentoinnille

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



## Liite 15. Kysely paikallisille asukkaille: kulttuuriset ja sosiaaliset indikaattorit.




### *Tutkimuskysely:*

## *Mikä on metsäenergian tuotannon merkitys Itä-Suomessa?*

Metsäenergian tuotanto on eräs Itä-Suomen aluekehityksen painopistealueista, jolla on monia alueellisia ja paikallisia yhteiskunnallisia vaikutuksia. Paikallisten asukkaiden näkemysten tunteminen on olennainen osa metsäenergian tuotannon vaikutusten arviointia sekä siihen liittyviä päätöksiä. Erityisesti kansallisella tasolla toimivien poliitikkojen tietämys paikallisista olosuhteista on kuitenkin usein nähty riittämättömäksi.

Tämän kyselyn avulla pyritään selvittämään itäsuomalaisten mielipiteitä siitä, mitkä tekijät vaikuttavat Itä-Suomessa tuotettavan metsäenergian sosiaaliseen ja kulttuuriseen merkitykseen. Kysely ja tiedonkeruu liittyvät Suomen ympäristökeskuksen (SYKE), Metsäntutkimuslaitoksen ja Itä-Suomen yliopiston yhteistyönä toteutettavaan, Tekesin rahoittamaan BioSus-hankkeeseen, jossa arvioidaan itäsuomalaisen metsäenergiatuotannon taloudellista, ekologista, sosiaalista ja kulttuurista kestävyyttä. Lisätietoa hankkeesta on SYKE:n internet-sivuilla ([www.ymparisto.fi/syke/biosus](http://www.ymparisto.fi/syke/biosus)).

Tämä postikysely kohdistetaan Enon, Ilomantsin, Joensuun ja Varkauden alueille, joissa toimii jokin neljästä kyselyssä mukana olevasta metsäenergiayritystyyppistä: metsäenergiaosuuskunta, lämmön ja sähkön yhteistuotantolaitos (CHP), pelletitehdas ja/tai biodiesellaitos. Kyselyn tarkoituksena on "leikitellä" ajatuksella, että asuinpaikkasi läheisyyteen voisi tulevaisuudessa tulla mikä tahansa näistä tuotantoyrityksestä, vaikka todellisuudessa kaikkia metsäenergian tuotantolaitoksia ei jokaisella alueella ole eikä edes ole tulossa. Kyselyn vastaanottajien yhteystiedot on hankittu Väestörekisterikeskuksen tietopalvelusta yksinomaan tätä tutkimustarkoitusta varten ja sekä niitä että kyselyyn saatavia vastauksia säilytetään Suomen ympäristökeskuksessa ehdottoman luottamuksellisesti siten, ettei myöskään tutkimustuloksista ole mahdollista tunnistaa yksittäisen vastaajan tietoja.

Kyselylomakkeeseen saatavat vastaukset ovat merkittävä osa informaatiota, jota hankkeen kautta välitetään käytännön toimijoille. Tämän vuoksi jokainen palautettu vastaus on arvokas.

Kyselyyn vastaaminen ei edellytä metsäenergian tuotannon yksityiskohtien tietämistä, vaan BioSus-hankkeen kannalta on olennaista saada tietoa metsäenergian tuotantoon liittyvistä yleisistä mielikuvistasi ja näkemyksistäsi. Kysymykset perustuvat itäsuomalaisten metsäenergian tuotantoon perehtyneiden asiantuntijoiden määrittelemiin sosiaalisen ja kulttuurisen kestävyden mittareihin. Paikallisten asukkaiden näkemysten selvittäminen on hankkeen tulosten kannalta erittäin tärkeää, koska mittareihin liittyvää tietoa ei luotettavasti saada muualta. Lisäksi pyritään selvittämään, ovatko mittarit määritelleet asiantuntijat ylipäättään ymmärtäneet riittävän hyvin paikallisia olosuhteita.

Vastaajia pyydämme ystävällisesti postittamaan täyttämänsä kyselylomakkeen Suomen ympäristökeskuksen Joensuun toimipaikkaan oheisella palautuskuorella viimeistään maanantaina 29.8.2011.

*Kiitämme lämpimästi osallistumisestasi ja tässä vaiheessa. Mikäli haluat lisätietoja, vastaamme mielellämme kysymyksiisi.*

**Suomen ympäristökeskus (SYKE)**  
 Katja Lähtinen (Erikoistutkija, MMT)  
 S-posti: [katja.lahtinen@ymparisto.fi](mailto:katja.lahtinen@ymparisto.fi)  
 Puhelin: 040 566 2573

Susanna Sironen (Tutkija, MMT)  
[susanna.sironen@ymparisto.fi](mailto:susanna.sironen@ymparisto.fi)  
 040 182 0847



**BioSus**



## Tarkempi kuvaus metsäenergian tuotantolaitoksista

Pyydämme tässä lomakkeessa Sinua arvioimaan metsäenergiatuotannon yhteiskunnallisia vaikutuksia seuraavien neljän metsäenergiayritystyyppin perusteella:

### 1) Metsäenergiaosuuskunta

Paikallista metsähakkeen käyttöön perustuvaa lämmöntuotantoa.

Raaka-aineena ensiharvennuspuut ja hakkuutähteet.

Paikallinen omistajuus.

Suora työllistyvyys 2–10 henkilöä, muu paikallinen työllistyvyys 5–20 henkilöä.

*Esimerkiksi Enon metsäenergiaosuuskunta Enossa*



### 2) Lämmön- ja sähkön yhteistuotantolaitos (CHP-laitos)

Yhteistuotantolaitos tuottaa kaukolämpöä kaupunkialueen lämmitykseen ja sähköä valtakunnan verkkoon.

Raaka-aineena ainespuu, hakkuutähteet, kannot ja turve. Monikansallinen osakeyhtiö.

Tuotantolaitos työllistää noin 70 henkilöä, epäsuora työllistyvyys noin 150 henkilöä.

*Esimerkiksi Fortum Power and Heat Oy Joensuun voimalaitos*



### 3) Pellettitehdas

Pellettitehdas tuottaa pellettejä lämmityskäyttöön vientiin ja kotimaiseen käyttöön.

Raaka-aineena metsäteollisuuden sivutuotteet, sahanpuru ja kutterilastut.

Osakeyhtiö.

Tehdas työllistää 10–30 henkilöä. Epäsuoraa työllistävyyttä vaikea arvioida, koska raaka-aine tulee ympäri Suomen metsäteollisuuslaitosten sivutuotteina.

*Esimerkiksi Vapo Oy:n Ilomantsin pellettitehdas Ilomantsissa*



### 4) Biodiesellaitos

Biodiesellaitos tuottaa puu- ja turvebiomassasta biopolttoainetta.

Raaka-aineena ainespuu, hakkuutähteet, kannot ja turve. Monikansallinen osakeyhtiö.

Tuotantolaitos työllistää 50–100 henkilöä, epäsuora työllistyvyys 300–500 henkilöä.

*Esimerkiksi NSE Biofuels-koelaitos Varkaudessa*





### *Lomakkeen täyttöohjeet*

**M**etsäenergiatuotannon yhteiskunnallisten vaikutusten arviointi pohjautuu tässä kyselyssä seuraavilla sivuilla kahdeksaan mittariin: kuuteen kulttuurisen kestävyden mittariin sekä kahteen sosiaalisen kestävyden mittariin.

**K**aikkiin kahdeksaan mittariin liittyy ensin kysymys, jolla selvitetään näkemystäsi mittareihin vaikuttavista taustatekijöistä. Merkitse kysymykseen mittarin kannalta mielestäsi tärkeät taustatekijät rastilla (x). Kysymyksissä valmiiksi esitettyjen taustatekijöiden lisäksi voit myös lisätä kuhunkin mittariin "omia" taustatekijöitäsi.

**M**ittareihin vaikuttavien taustatekijöiden selvittämisen jälkeen kunkin kestävyden mittarin osalta Sinua pyydetään vertaamaan keskenään neljää metsäenergiayritystyyppiä. Vertaaminen tapahtuu siten, että annat pistearvon 100 yritykselle, joka mielestäsi vastaa eniten/parhaiten tärkeinä pitämiäsi taustatekijöitä. Voit antaa pistearvon 100 yhdelle tai monelle yritystyyppille eli "tärkeimpiä/parhaita" metsäenergian tuotantotyyppiä voi mielestäsi olla useita. Tämän jälkeen vertaat muiden metsäenergiayritysten suhteellista merkitystä tärkeimpään yritykseen/tärkeimpiin yrityksiin antamalla niille pistearvot 0–99.

***Esimerkki:** Jos pidät mittarin kannalta parhaimpana metsäenergiatuotantotyyppiä, anna sille pistearvo 100. Tämän jälkeen pisteytä muut 3 yritystyyppiä suhteessa metsäenergiayrityksen hyvytyteen. Mikäli CHP-laitos on mielestäsi puolliksi niin hyvä kuin metsäenergiatuotantotyyppi, anna CHP-laitokselle pistearvo 50. Mikäli pelletitehdas ja biodieselilaitos ovat keskenään yhtä hyviä ja hyvydeltään kolmasosan metsäenergiatuotantotyyppien kanssa, anna molemmille arvo 33. Mikäli jokin yritystyyppi on mielestäsi mittarin kannalta täysin merkityksetön, anna yritykselle pistearvo 0.*

## Kysymykset kulttuurisen kestävyyden mittareista

### 1. Metsäenergian tuotantosysteemien hyväksyttävyys

a) Millaiset metsäenergiayritysten toimintaan liittyvät tekijät voivat mielestäsi edistää niiden yleistä hyväksyttävyyttä paikallisten asukkaiden keskuudessa?	Tärkeä (x)
<i>Paikalliset voivat vaikuttaa konkreettisesti lopullisiin ratkaisuihin</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Päätöksenteon läpinäkyvyys koskien sekä yrityksiä että julkisia toimijoita</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Päätöksenteossa sovitaan yhteen metsän/alueen eri käyttömuodot</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Päätöksenteossa otetaan huomioon vaikutukset maanomistussuhteisiin</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Päätöksenteossa otetaan huomioon eri sidosryhmien ristiriitaisetkin tavoitteet</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Päätöksentekoprosessissa pyritään vähentämään epävarmuutta yritysten toiminnasta aiheutuvista seurauksista luonnolle ja ympäristölle</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Päätöksenteossa otetaan kokonaisvaltaisesti huomioon metsäenergiayritysten toiminnan vaikutukset, jotka voivat sijoittua eri aikaan ja eri laajuisille alueille</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Muu, mikä?</i>	<input type="checkbox"/>

### b) Vertaile metsäenergiayritystyyppäjä sen mukaan, kuinka yleisesti hyväksyttävänä pidät niiden toimintaa. Vertaile yrityksiä antamalla niille pisteet väliltä 0–100.

<i>Metsäenergiasuuskunta</i>	_____
<i>Lämmön ja sähkön yhteistuotantolaitos (CHP-laitos)</i>	_____
<i>Pellettitehdas</i>	_____
<i>Biodieselilaitos</i>	_____

### 2. Käyttäjien mielikuvat metsäenergian loppukäytöstä

a) Millaiset mielikuvat ja kokemukset vaikuttavat mielestäsi kuluttajien energiankäyttöön liittyviin valintoihin?	Tärkeä (x)
<i>Energia on tuotettu uusiutuvista raaka-aineista</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Energia on helposti saatavilla</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Energian käyttö on helppoa</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Energia on maineeltaan ympäristöystävällistä</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Energian käyttö on edullista</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Energiamuodon vaatimat investointikustannukset ovat edulliset</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Energian hintakehitys tulevaisuudessa</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Muu, mikä?</i>	<input type="checkbox"/>

### b) Vertaile metsäenergiayritystyyppäjä sen mukaan, kuinka positiivista ovat mielikuvasi niiden lopputuotteista. Vertaile yrityksiä antamalla niille pisteet väliltä 0–100.

<i>Metsäenergiasuuskunta</i>	_____
<i>Lämmön ja sähkön yhteistuotantolaitos (CHP-laitos)</i>	_____
<i>Pellettitehdas</i>	_____
<i>Biodieselilaitos</i>	_____



### 3. Metsäenergiayritysten tuotantotoiminnan maisemavaikutukset

a) Mitkä tekijät mielestäsi vaikuttavat maisemaan ja muuttavat sitä metsäenergiayritysten tuotantoon liittyvissä toiminnoissa? Arvioi lisäksi, onko maisemavaikutuksessa kyse hyödyistä vai haitasta.	Hyöty (x)	Haitta (x)
<i>Turpeen nosto</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Kantojen nosto</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Hakkuutähteiden korjuu</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Pienpuun korjuu</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Tuotantolaitosten rakentaminen</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Muu toiminnan vaatima infrastruktuuri, kuten metsäautotiet ja tiet tuotantolaitoksiin</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Luonnon hyödyntäminen asutuksen lähellä</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Muu, mikä?</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**b) Vertaile metsäenergiayritystyyppiä sen mukaan, kuinka suuriksi koet niiden aiheuttamat HAITALLISET maisemavaikutukset. Vertaile yrityksiä antamalla niille pisteet väliltä 0–100.**

<i>Metsäenergiaosuuskunta</i>	_____
<i>Lämmön ja sähkön yhteistuotantolaitos (CHP-laitos)</i>	_____
<i>Pellettitehdas</i>	_____
<i>Biodieselilaitos</i>	_____

### 4. Metsäenergiayritysten tuotantotoiminnan hyödyt ja haitat lähiluonnossa

a) Mitkä metsäenergiayritysten tuotantoon ja raaka-ainehankintaan liittyvät tekijät vaikuttavat maisemaan erityisesti asutuksen läheisyydessä? Arvioi lisäksi, onko kyse hyödyistä vai haitoista.	Hyöty (x)	Haitta (x)
<i>Turpeen nosto</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Kantojen nosto</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Hakkuutähteiden korjuu</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Pienpuun korjuu</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Tuotantolaitosten rakentaminen</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Muu toiminnan vaatima infrastruktuuri, kuten metsäautotiet ja tiet tuotantolaitoksiin</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Muu, mikä?</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**b) Vertaile metsäenergiayritystyyppiä sen mukaan, kuinka epämieluisana koet niiden tuotantoon ja raaka-ainehankintaan liittyvän toiminnan asutuksen läheisyydessä. Vertaile yrityksiä antamalla niille pisteet väliltä 0–100.**

<i>Metsäenergiaosuuskunta</i>	_____
<i>Lämmön ja sähkön yhteistuotantolaitos (CHP-laitos)</i>	_____
<i>Pellettitehdas</i>	_____
<i>Biodieselilaitos</i>	_____

### 5. Metsäenergiayritysten tuotantotoimintaan liittyvien haitallisten vaikutusten ajallinen kesto

a) Mitkä metsäenergiayritysten tuotantoon ja raaka-ainehankintaan liittyvät tekijät aiheuttavat haittaa paikallisille ihmisille ja millä aikavälillä? <i>Pitkällä aikavälillä tarkoitetaan tässä yli 10 vuotta ja lyhyellä aikavälillä 0–10 vuotta.</i>	Pitkällä aikavälillä (x)	Lyhyellä aikavälillä (x)
<i>Turpeen nosto</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Kantojen nosto</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Hakkuutähteiden korjuu</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Pienpuun korjuu</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Tuotantolaitosten rakentaminen</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Muu toiminnan vaatima infrastruktuuri, kuten metsäautotiet ja tiet tuotantolaitoksiin</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Haju- ja pienhiukkaspäästöt</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Vaikutukset alueen muihin yrityksiin</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Muu, mikä?</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

b) Vertaile metsäenergiayritystyyppiä sen mukaan, kuinka suureksi koet niiden toiminnasta aiheutuvien HAITTOJEN ajallisen merkityksen. Vertaile yrityksiä antamalla niille pisteet väliltä 0–100.	
<i>Metsäenergiaosuuskunta</i>	_____
<i>Lämmön ja sähkön yhteistuotantolaitos (CHP-laitos)</i>	_____
<i>Pellettitehdas</i>	_____
<i>Biodieselilaitos</i>	_____

### 6. Paikallisten asukkaiden osallistaminen metsäenergiayritysten päätöksentekoon

a) Miten seuraavien metsäenergiayritystyyppien tulisi mielestäsi osallistaa paikallisia asukkaita päätöksentekoonsa?	Tärkeä (x)
<i>Yrityksen tulee tiedottaa päätöksistään paikallisille ihmisille</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Tiedottamisen lisäksi yrityksen tulee kysyä kansalaisten mielipidettä toimintaansa liittyvissä päätöksissä</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Yrityksen tulee suunnitella toimintaansa tiiviissä vuorovaikutuksessa kansalaisten kanssa</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Yrityksen tulee raportoida esim. toimintakertomuksissaan siitä, kuinka paikallisten ihmisten mielipiteet ovat vaikuttaneet päätöksentekoon</i>	<input type="checkbox"/>

b) Vertaile metsäenergiayritystyyppiä sen mukaan, kuinka hyvin erilaiset metsäenergiayritykset voivat mielestäsi osallistaa paikallisia asukkaita päätöksentekoonsa. Vertaile yrityksiä antamalla niille pisteet väliltä 0–100.	
<i>Metsäenergiaosuuskunta</i>	_____
<i>Lämmön ja sähkön yhteistuotantolaitos (CHP-laitos)</i>	_____
<i>Pellettitehdas</i>	_____
<i>Biodieselilaitos</i>	_____



## Kysymykset sosiaalisen kestävyysmittareista

### 1. Metsäenergian tuotantosysteemien yhteisöllinen merkitys

a) Mitkä tekijät vaikuttavat mielestäsi metsäenergiayritysten sitoutuneisuuteen paikkakunnalle ja paikalliseen yhteisöön?	Tärkeä (x)
<i>Yrityksellä on paikallinen omistajuus</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Yrityksellä on kotimainen omistajuus</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Yrityksellä on kansainvälinen omistajuus</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Yritys on alueella pitkään toiminut perinteinen ja paikalliset olosuhteet tunteva yritys</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Yritys on paikkakunnalla uusi ja uusia mahdollisuuksia luova yritys</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Yrityksessä on tehty pitkän tähtäimen alueellisia investointeja</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Yrityksellä on pitkän tähtäimen alueellisia investointisuunnitelmia</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Yrityksellä on paikallisia toimittajasuhteita esimerkiksi raaka aineen hankinnassa</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Muu, mikä?</i>	<input type="checkbox"/>
b) Millainen metsäenergiayritysten toiminta mielestäsi edistää paikallista yhteenkuuluvuuden tunnetta?	Tärkeä (x)
<i>Harrastustoiminnan järjestäminen yrityksen työntekijöille</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Tapahtumien järjestäminen yrityksen työntekijöille ja heidän perheilleen</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Rahoitus tai muu osallistuminen paikallisten yhdistysten ja seurojen toimintaan</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Paikallisen yhteisön edustajana ja puolestapuhujana toimiminen</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Yhteisen osaamisen ja tietotaidon kehittäminen</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Muu, mikä?</i>	<input type="checkbox"/>
c) Vertaile metsäenergiayritystyyppiä sen mukaan, kuinka suuren yhteisöllisen merkityksen koet näillä yritystyypeillä olevan paikallisille ihmisille. Vertaile yrityksiä antamalla niille pisteet väliltä 0–100.	
<i>Metsäenergiaosuuskunta</i>	_____
<i>Lämmön ja sähkön yhteistuotantolaitos (CHP-laitos)</i>	_____
<i>Pellettitehdas</i>	_____
<i>Biodiesellaitos</i>	_____

## 2. Metsäenergian tuotantosysteemeihin liittyvä verkostoituneisuus

a) Millaiset metsäenergiayritysten toiminnasta muodostuvat verkostot mielestäsi edistävät paikallisen yhteisön sosiaalista pääomaa eli kykyä toimia keskenään ja paikallisten ihmisten keskinäistä luottamusta?	Tärkeä (x)
Vapaa-ajatoimiset yhteisiin harrastuksiin ja muuhun toimintaan liittyvät verkostot	<input type="checkbox"/>
Säännöllinen ja tavoitteellinen vapaa-ajan toiminta, muun muassa ammatti- ja muut yhdistykset	<input type="checkbox"/>
Yhteistyö ja verkostoituminen alueen julkisten toimijoiden kanssa	<input type="checkbox"/>
Verkostoituminen alueen toimijoiden kanssa yhteisessä kehittämistoiminnassa	<input type="checkbox"/>
Verkostoituminen alueen muiden toimijoiden kanssa yhteisessä konkreettisessa liiketoiminnassa	<input type="checkbox"/>
Muu, mikä?	<input type="checkbox"/>

b) Vertaile metsäenergiayritystyyppiä sen mukaan, kuinka hyvin nämä yritystyytit mielestäsi verkostoituvat tukeakseen paikallisen yhteisön toimintaa. Vertaile yrityksiä antamalla niille pisteet välillä 0–100.

Metsäenergiaosuuskunta	_____
Lämmön ja sähkön yhteistuotantolaitos (CHP-laitos)	_____
Pellettitehdas	_____
Biodiesellaitos	_____

**A**lla olevaan tilaan voit halutessasi kommentoida kyselylomaketta tai ylipäätään esittää metsäenergian tuotantoon liittyviä ajatuksiasi

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---

*Kiitokset vaivannäöstäsi!*

## Liite 16. Sidosryhmähaastattelu kestävyyden dimensioiden painotuksista.



*Mikä on ekologisen, taloudellisen, sosiaalisen ja kulttuurisen kestävyyden merkitys itäsuomalaisessa metsäenergiantuotannossa?*

*Millaiset ovat eri sidosryhmien näkemykset ekologisen, taloudellisen, sosiaalisen ja kulttuurisen kestävyyden merkityksestä itäsuomalaisessa metsäenergiantuotannossa?*

## Kysely sinulle, itäsuomalaisen metsätalouden ja metsiin liittyvän elinkeinotoiminnan sidosryhmäedustaja

### Vastaajan nimi:

Metsäenergian tuotannolla nähdään olevan monia suotuisia vaikutuksia: sen avulla voidaan parantaa alueellisia elinkeinomahtoisuuksia, vähentää kasvihuonekaasupäästöjä, lisätä energiaomavaraisuutta ja vahvistaa paikallisia kulttuuripiirteitä. Metsäenergian tuotantotapa vaikuttaa sillä saavutettavaan taloudellisiin, ekologisiin, sosiaalisiin ja kulttuurisiin hyötyihin. Kestävyyvaikutukset eivät ole toisistaan riippumattomia, vaan erilaisten metsäenergiantuotantovaihtoehtojen taloudellisia vaikutuksia tulisi tarkastella suhteessa muihin kestävän kehityksen osa-alueisiin. Tällaista moniulotteista tietoa metsäenergian tuotantovaihtoehtojen kestävyyvaikutuksista on toistaiseksi kuitenkin niukasti.

BioSus-hankkeessa tutkitaan erilaisten energiantuotantovaihtoehtojen näkökulmasta metsäbioenergian tuotannon taloudellisia, ekologisia, sosiaalisia ja kulttuurisia vaikutuksia Itä-Suomen alueella. Hanke on Tekesin rahoittama ja se toteutetaan Suomen ympäristökeskuksen (SYKE), Metsäntutkimuslaitoksen (Metla) ja Itä-Suomen yliopiston (UEF) yhteistyönä vuosina 2009–2011. Kyselylomakkeilla kerätty tieto on olennaisessa roolissa hankkeen toteutuksessa. Tätä sidosryhmille tehtävää tiedonkeruuvaihetta ennen ekologisen, taloudellisen, sosiaalisen ja kulttuurisen kestävyyden mittaamiseen perehtyneet asiantuntijat ovat määrittäneet vuosina 2010–2011 toteutetuissa kyselyissä itäsuomalaisen metsäenergiantuotannon kestävyyden arviointiin soveltuvia indikaattoreita. Asiantuntijoita on ollut mukana kertomassa mielipiteitään kaikkiaan noin 40 ja heidän määrittämänsä indikaattorit on kuvattu sivuilla 5–6 esitetystä taulukosta 3.

Tämän kyselylomakkeen tarkoituksena on kerätä itäsuomalaisen metsätalouden ja metsiin liittyvän elinkeinotoiminnan sidosryhmien edustajilta tietoa siitä, mikä on eri kestävyyden osa-alueiden (ekologinen, taloudellinen, sosiaalinen ja kulttuurinen kestävyys) merkitys erityisesti itäsuomalaisen metsäenergiantuotannon kehittämisessä. Tarkasteltavat metsäenergian tuotantovaihtoehdot ovat lämpöyritystoiminta, yhdistetty lämmön ja sähkön tuotanto, pellettien valmistus ja biodieselin jalostus. Tuotantovaihtoehtojen yksityiskohdat on konkretisoitu neljän Itä-Suomen alueella olevan/olleen tuotantosysteemin avulla (sivut 3–4). Pyydämme, että pohdit eri kestävyyden osa-alueiden merkitystä näiden case-tuotantosysteemiin pohjautuvien yksityiskohtien kautta, vaikka kyseisiä tuotantosysteemejä ei enää/vielä olisikaan Itä-Suomessa.

Tähän kyselyyn on valittu vastaamaan 10 Pohjois-Karjalan metsäneuvostoon kuuluvaa henkilöä. Tavoitteena on kerätä tietoa siitä, mikä on kyselyyn valittujen henkilöiden edustamien sidosryhmien yleinen näkemys kestävästä metsäenergiantuotannosta Itä-Suomen alueella. Korostettakoon, että kaikki vastaukset käsitellään luottamuksellisesti. Toivomme ystävällisesti vastaustasi tähän lomakkeeseen, jotta BioSus-hankkeessa pystyttäisiin saamaan mahdollisimman monipuolista tietoa sidosryhmien näkemyksistä.

### Kiitos yhteistyöstä!

Katja Lähtinen  
Erikoistutkija (MMT)  
katja.lahtinen@ymparisto.fi, puh. 040 566 2573  
Suomen ympäristökeskus (SYKE)

Pekka Leskinen  
Tutkimusprofessori  
pekka.leskinen@ymparisto.fi, puh. 040 748 8545



METLA



Tekes





## Ohje ekologisen, taloudellisen, sosiaalisen ja kulttuurisen kestävyiden suhteellisen merkityksen vertailuun tässä kyselylomakkeessa

Ekologisen, taloudellisen, sosiaalisen ja kulttuurisen kestävyiden suhteellisen merkityksen arviointi tapahtuu siten, että merkitset alla olevaan taulukkoon 1 kunkin kestävyiden osa-alueen alle pisteluvun. Kukin pisteluku kuvaa sitä, kuinka tärkeänä edustamassasi sidosryhmässä käsityksesi mukaan pidetään taulukon 1 neljän eri kestävyiden osa-alueen toteutumista itäsuomalaisessa metsäenergiatuotannossa.

Anna pisteluku 100 sille kestävyiden osa-alueelle, joka käsityksesi mukaan on tärkein Itä-Suomen alueen metsäenergiatuotannossa. Tärkeimpiä kestävyiden osa-alueita voi olla yksi tai useampia. Annettuasi 100 pistettä yhdelle tai usealle kestävyiden osa-alueelle vertaat muiden taulukossa olevien kestävyiden osa-alueiden suhteellista merkitystä 100 pistettä saaneeseen osa-alueeseen/saaneisiin osa-alueisiin. Vertailun teet antamalla muille kuin tärkeimmälle osa-alueelle/tärkeimmille osa-alueille pistearvot väliltä 0–99. Usea osa-alue voi saada saman pisteluvun; olennaista on, että pisteluku 100 tulee käytetyksi vähintään yhden osa-alueen kohdalla. Pistearvo 0 tarkoittaa, että kyseinen osa-alue on itäsuomalaisen metsäenergiatuotannon kestävyiden arvioinnissa käsityksesi mukaan täysin merkityksetön.

**Taulukko 1.** Merkitse alla olevaan taulukkoon jokaisen kestävyiden osa-alueen kohdalle pistein 0–100 näkemyksesi niiden tärkeydestä itäsuomalaisessa metsäenergiatuotannossa. Vähintään yhden osa-alueen tulee saada pistearvo 100.

Ekologinen kestävyys (Pistearvo 0–100)	Taloudellinen kestävyys (Pistearvo 0–100)	Sosiaalinen kestävyys (Pistearvo 0–100)	Kulttuurinen kestävyys (Pistearvo 0–100)

Pohtiessasi ekologisen, taloudellisen, sosiaalisen ja kulttuurisen kestävyiden suhteellista merkitystä itäsuomalaisessa metsäenergiatuotannossa pyydämme käyttämään tässä lomakkeessa olevaa informaatiota. Alla olevassa taulukossa 2 on kuvattu satunnaisessa tärkeysjärjestyksessä indikaattorit, joihin on ollut saatavissa laskenta-aineistoa BioSus-hankkeen kestävyysarviointien tekemiseen, kun taas lomakkeen sivuilla 5–6 olevassa taulukossa 3 on esitetty myös satunnaisessa järjestyksessä kattava lista indikaattoreista, jotka asiantuntijoiden mukaan tulisi pyrkiä ottamaan huomioon itäsuomalaisen metsäenergiatuotannon kestävyiden arvioinnissa. Sivuilla 4–6 on kuvattu BioSus-hankkeessa tarkasteltavat metsäenergian tuotantovaihtoehdot ja niitä havainnollistavat case-tuotantosysteemit.

**Taulukko 2.** Asiantuntijoiden määrittelemät indikaattorit, joihin on saatavissa laskenta-aineistoa metsäenergiatuotannon kestävyiden arviointiin BioSus-hankkeessa.

Tuotantosysteemin aiheuttamat kiintoainepäästöt vesistöön	Tuotantosysteemin myyntitulot	Tuotantosysteemiä tukevien institutionaalisten rakenteiden olemassaolo	Tuotantosysteemin käyttämän raaka-aineen paikallisuus
Tuotantosysteemin aiheuttamat ravinnepäästöt vesistöön	Tuotantosysteemin liikevoitto tai liiketappio	Tuotantosysteemin alueen muulle metsäsektorille ja muille elinkeinoille aikaansaamat hyödyt	Tuotantosysteemin käyttämien hakkutäteiden keruun haitalliset maisemavaikutukset
Tuotantosysteemin veden kulutus	Tuotantosysteemissä tuotteille ja palveluille aikaansaatua arvonlisäystä	Tuotantosysteemin joustavuus ja vakaus	Käyttäjien mielikuvat tuotantosysteemissä jalostetun metsäenergian loppukäytöstä
Tuotantosysteemin aikaansaamat jätteet ja niiden kierrätys	Tuotantosysteemin tuotantokustannukset suhteessa tuotettuun energiamäärään	Tuotantosysteemin verkostoituneisuus alueella	Tuotantosysteemin toiminnan hyväksyttävyys
Tuotantosysteemin energiantuotannon tehokkuus	Tuotantosysteemin aikaansaamat välittömät ja välilliset palkkatulot alueen asukkaille	Tuotantosysteemin yhteisöllinen merkitys	Sidosryhmien osallistaminen tuotantosysteemin toimintaan liittyvää päätöksentekoon
Tuotantosysteemin tuottamat kasvihuonekaasut		Tuotantosysteemiin liittyvien pkyntysten työllistävyyden ja lukumäärä	Tuotantosysteemin aikaansaamisen haitallisten vaikutusten ajallinen kesto
			Tuotantosysteemin aiheuttamat haitalliset maisemavaikutukset erityisesti asutuksen lähellä





## BioSus-hankkeen case-tuotantosysteemit

### Paikallisen metsähakkeen käyttö lämpöyrityksessä, Enon energiaosuuskunta (1)

Enon energia-osuuskunta on paikallisten metsänomistajien omistama yritys. Lämpöyrityksessä käytettävä raaka-aine hankitaan paikallisista metsistä ja poltetaan samalla alueella sijaitsevassa pienessä lämpövoimalassa. Metsähakkeen käytöllä korvataan öljyn ja kaasun polttoa. Osakkaat ovat sijoittaneet pääomaa koko tuotantoketjuun ja he omistavat myös Enon lämpölaitokset. Paikallisten toimitilojen omistajat ovat energiaosuuskunnan asiakkaita ja toiminta perustuu "avaimet käteen"-periaatteeseen.



Lämpöyritystoimintaan ja paikallisen metsähakkeen käyttöön liittyviä etuja ovat energiaomavaraisuuden lisääminen ja aluetalouden tukeminen. Tuotot jäävät paikallisesti kuntaan sen sijaan että fossiilista energiaa ostettaisiin alueen ulkopuolelta. Toisaalta systeemin kasvupotentiaali on vähäinen, sillä lämpö on käytettävä paikallisesti, sen tarve on rajallinen, eikä lämpöä voida myöskään varastoida myöhempää käyttöä varten.

### Metsähakkeen ja turpeen suora poltto CHP-laitoksessa, Fortum Joensuu (2)

Fortumin CHP-laitos Joensuussa tuottaa suurimman osan Joensuun keskusalueen 50 000 asukkaan tarvitsemasta lämmöstä ja sähköstä. Tehdas käyttää polttoaineena metsähakkeen ja turpeen sekoitusta; käytettävästä raaka-aineesta noin 80 % on metsähaketta, noin 20 % on turvetta. Käytössä olevaan laitekantaan liittyvien teknisten syiden takia turvetta käytetään metsähakkeen seospolttoaineena energian-tuotannossa. Kestävän kehityksen näkökulmasta tilanne on mielenkiintoinen, koska turpeen käyttö tuo mahdollisuuden myös laajamittaiselle metsähakkeen käytölle.



Kotimaisena raaka-aineena turpeella on merkittävä rooli Suomen energiapolitiikassa. Metsähakkeen käyttöä lisäämällä voidaan myös vaikuttaa turpeen käyttöön. Merkittävien metsähakkeen ja turpeen välinen ero on niiden uusiutuvuus: turpeen hiilidioksidipäästöt ovat merkittävät ja se luokitellaan yleensä uusiutumattomaksi luonnonvaraksi, kun taas metsähake on laskennallisesti hiilineutraali ja uusiutuva energianlähde.



METLA



Tekes



# BiSus

## Pelletit puutuoteteollisuuden sivutuotteista, Iiomantsin pellettitehdas (3)

Puupelletit ovat puutuoteteollisuuden sivutuotteista jalostettu biopolttoaine, jolla on suhteellisen korkea energiasisältö. Puupellettejä valmistetaan kuljetuskustannusten laskemiseksi ja käytön helpottamiseksi.

Iiomantsin pellettitehdas sijaitsee Pohjois-Karjalassa lähellä Venäjän rajaa. Sijainti on etäinen, mutta tehtaalla on merkittävä rooli paikalliselle taloudelle, koska se tarjoaa alueella työtä ja aliurakointitilaisuuksia. Raaka-aine kuljetetaan pääasiassa kunnan ulkopuolelta, ja valmiit pelletit kuljetetaan aina ulkomaille asti. Pellettituotannon kestävyysvaikutukset poikkeavat oletettavasti esimerkiksi paikallisen lämpölaitoksen vaikutuksista, mutta kuinka paljon ja millä kestävyuden osa-alueilla?



## Puun ja turpeen käyttö biodieselin jalostuksessa, NSA Biofuels -koelaitos Varkaus (4)

Biojalostaminen ja laaja-alainen biomassan prosessointi biodieseliä sekä muiksi nestemäisiksi polttoaineiksi ovat kiinnostuksen kohde monissa EU-kehitysprojekteissa. Varkauden koelaitos on Suomen edistynein biojalostamo ja sen vuotuinen metsäbiomassan käyttö on noin 50 000 tonnia. Täydessä mittakaavassa toimiessaan valmiin jalostamon raaka-aineen käyttö olisi noin 1–2 miljoonaa tonnia metsäbiomassaa, millä olisi suuri vaikutus alueellisten metsävarojen käyttöön.



Suurten biojalostamojen rakentaminen lisää kilpailua raaka-aineesta ja olennainen kysymys on, kuinka Enon paikallisen lämpölaitoksen kaltaiset energiantuotantosysteemit voisivat kilpailla samasta biomassasta suurien biojalostamojen kanssa. Olennaista on myös pohtia, mitä seurauksia biojalostamoilla voisi olla sekä sosiaaliselle, ekologiselle, taloudelliselle että kulttuuriselle kestävyydelle.



**Taulukko 3.** Lista kaikista asiantuntijoiden määrittämistä indikaattoreista, jotka tulisi pyrkiä ottamaan huomioon itäsuomalaisen metsäenergiatuotannon kestävyys arvioinnissa. Taulukossa 2. jo esitetyt indikaattorit on esitetty kursivoituina.

Ekologinen kestävyys	Taloudellinen kestävyys	Sosiaalinen kestävyys	Kulttuurinen kestävyys
Tuotantosysteimin aiheuttamat kiintoainepäästöt vesistöön	Tuotantosysteimin myyntitulot	Tuotantosysteimiä tukevien institutionaalisten rakenteiden olemassaolo	Tuotantosysteimin käyttämän raaka-aineen paikallisuus
Tuotantosysteimin aiheuttamat ravinnepäästöt vesistöön	Tuotantosysteimin liikevoitto tai liiketappio	Tuotantosysteimin alueen muulle metsäsektorille ja muille elinkeinoille aikaansaamat hyödyt	Tuotantosysteimin käyttämien hakkutähtien keruun suotuisat esteettiset maisemavaikutukset
Tuotantosysteimin veden kulutus	Tuotantosysteimeissä tuotteille ja palveluille aikaansaatuv arvonlisäys	Tuotantosysteimin joustavuus ja vakaus	Käyttäjien mielekäs tuotantosysteimeissä jalostetun metsäenergian loppukäyttöä
Tuotantosysteimin aikaansaamat jätteet ja niiden kierrätys	Tuotantosysteimin tuotantokustannukset suhteessa tuotettuun energiamäärään	Tuotantosysteimin verkostoituneisuus alueella	Tuotantosysteimin toiminnan hyväksyntä sidosryhmien keskuudessa
Tuotantosysteimin energiantuotannon tehokkuus	Tuotantosysteimin aikaansaamat välittömät ja välilliset paikatulot alueen asukkaalle	Tuotantosysteimin yhteisöllinen merkitys	Sidosryhmien osallistaminen tuotantosysteimin toimintaan liittyvää päätöksentekoon
Tuotantosysteimin tuottamat kasvihuonekaasut	Tuotantosysteimin perustamisinvestointien suhde tuotantosysteimin elinkaaren aikaiseen energiantuotantoon	Tuotantosysteimin liittyvien pk-yritysten työllisyys ja lukumäärä	Tuotantosysteimin aikaansaamien haitallisten vaikutusten ajallinen kesto
Tuotantosysteimin vaikutukset metsä- ja luonnonsuojelulain mukaisten arvokaiden elinympäristöjen suojeluun	Tuotantosysteimin maksamat korot ja osingot		Tuotantosysteimin aiheuttamat haitalliset maisemavaikutukset erityisesti asutuksen lähellä
Tuotantosysteimin vaikutukset ekologisesti herkkien alueiden suojeluun yli "lakiminimin"	Tuotantosysteimin maksamat verot + tuotekehityspanostukset muihinkin kuin varsinaiseen yritys toimintaan + annetut yleishyödylliset lahjoitukset - saadut verohelpotukset ja tuet	Tuotantosysteimin vaikutukset merkitykselliseen elämään sisältöön	Tuotantosysteimin harjoittama, paikallista toimintaa aktivoiva raaka-aineen jalostus alueella
Tuotantosysteimin vaikutukset ekosysteemin monimuotoisuuden vaihteluun maisematasolla	Metsäteollisuuden sivutuotteiden osuus tuotantosysteimin käyttämästä raaka-ainemäärästä (tn)	Tuotantosysteimin liittyvä yrittäjäys ja sen tarjoamat omatoimisen työllistymisen mahdollisuudet	Tuotantosysteimin sidosryhmiä edustaminen suunnitelmassa olevista muokkista
Tuotantosysteimin vaikutukset siihen, että hakkualueille jätettävän lahoppuun puun määrä säilytetään riittävä tasolla	Tuotantosysteimeissä alueen omalla tuotannolla korvatut, korvattujen, aiemmin muualta tuojien tuotantopanosten arvo suhteessa kaikkien tuotantosysteimeissä käytettyjen tuotantopanosten arvoon	Tuotantosysteimin aiheuttamat suotuisat vaikutukset metsien monikäyttöön	Tuotantosysteimin toimintaan liittyvä kantojen nosto on uusi ilmiö, joka ei tule paikallista kulttuuria
Tuotantosysteimin vaikutukset kantojen nostoon	Tuotantosysteimeihin tehtyjen "kestävää kehitystä" tukevien T&K-investointien arvo (10 v. ka) suhteessa yrityksen kokonaisinvestointeihin	Tuotantosysteimeissä käytetyt sisäiset ohjaukset päätösprosessien ja palautemekanismin hallinnassa	Tuotantosysteimin käyttämien uusituvien raaka-aineiden käyttö tukee paikallista kulttuuria korvaten fossiilisia raaka-ainelähteitä
Tuotantosysteimin vaikutukset metsien pirstoutuneisuuteen	Tuotantosysteimin alueen alkupuolelta tulevan investointirahoituksen osuus (%) tuotantosysteimeihin tehtyjen perustamisinvestointien kokonaisarvosta	Tuotantosysteimin oikeudenmukaisuus	Tuotantosysteimin omistajuuden vaikutukset paikalliseen kulttuuriin (paikallinen omistajuus positiivista, monikansallinen omistajuus negatiivista)
Tuotantosysteimin vaikutukset metsäenergian korjaukseen liittyvään tsestötarpeisiin	Tuotantosysteimin aikaansaamat kunnallisverotulot alueelle	Tuotantosysteimin pakattu työvoiman kasvuvaihtelu	Tuotantosysteimin raaka-aineen käyttömäärien kasvu voi lisätä metsätähtien käyttöä rinnalla myös ainespuun käyttöä, mistä voi aiheutua laaja-alaisia haitallisia maisemavaikutuksia
Tuotantosysteimin vaikutukset luontaisten lajien säilyytyneeseen	Tuotantosysteimin raaka-aineiden, koneiden ja muiden tarvikkeiden heikentäminen	Tuotantosysteimin aiheuttamat vaikutukset sukupuolen väliseen tasa-arvoon	Tuotantosysteimin välinen kilpailu raaka-aineen käytöstä voi lisätä paikallisia konflikteja
Tuotantosysteimin vaikutukset uhanalaisten lajien suojeluun	Tuotantosysteimin tuotantokustannukset verrattuna vastaavaan fossiililla polttoaineella tuotetun energian tuotantokustannuksiin	Tuotantosysteimin alueelle tuomat osaamis- ja koulutustarpeet	Tuotantosysteimin paikallisen raaka-aineen käyttö tukee puunmyyntitulojen alueelle jääneen takia paikallista kulttuuria
Tuotantosysteimin vaikutukset metsämaan fyysikaalisen rakenteen säilymiseen akuperäisellä tasolla	Tuotantosysteimin alueelliset raaka-ainekustannukset suhteessa raaka-aineiden hankinnan kokonaiskustannuksiin	Tuotantosysteimeissä esiintyvien työtapaturmien ja työperäisten sairauksien määrä	Tuotantosysteimin turpeen käyttö heikentää paikallista kulttuurimaismaa, koska tuot ovat kulttuurimaismia
Tuotantosysteimin vaikutukset metsämaan ravintason säilymiseen	Tuotantosysteimin maksaman päästötulon hinta	Tuotantosysteimin palkattujen työntekijöiden työttömyys	Tuotantosysteimin uusituvien raaka-aineiden käyttö on työntekijöiden ja loppukäyttäjien näkökulmasta hyväksyttävää, mikä edistää vihreiden arvojen toteutumista
Tuotantosysteimin vaikutukset maankäyttöön	Tuotantosysteimin raaka-aineiden käyttömäärä suhteessa tuotteiden myyntiin arvoon	Tuotantosysteimin aiheuttamat terveysvaikutukset alueella	Tuotantosysteimin toiminta lisää työllisyyttä ja alueen elinvoimaisuutta; suurin yritys vaikutus pieniä suotuisampi
Tuotantosysteimin vaikutukset vesistöjen suojavyöhykkeisiin	Tuotantosysteimin aikaansaamien alueellisten työpaikkojen määrä suhteessa tuotantokäytöiden määrään		Tuotantosysteimin käyttämien turpeen tuotannon kiintoainepäästöillä voi olla haitallisia vaikutuksia asukkaalle
Tuotantosysteimin vaikutukset metsien kasvuun	Tuotantosysteimin aikaansaattujen ja säilytettyjen alueellisten työpaikkojen määrä suhteessa tuotettuun energiamäärään		Tuotantosysteimin toiminnan tulisi vaikuttaa positiivisesti perinteisten metsänhoitomenetelmien säilymiseen
Tuotantosysteimin käyttämien raaka-aineiden uusitusuus	Tuotantosyst. välön ja välil. alueellinen työllisyys suht. tuot. energiamäärään		Tuotantosysteimin tulisi olla pysyvä alueella tukeakseen paikallista kulttuuria



# BioSus

Tuotantosysteemin aiheuttamat muut  
ilmäpäästöt

Tuotantosysteemin liittyvän muula  
yrittäjyydellä tulisi olla itsenäinen  
päättävälaiketoiminnassa  
Tuotantosysteemin toiminnassa tulisi  
huomioida metsien henkinen merkitys  
paikallisille  
Tuotantosysteemin olemassaolo luo uusia  
koulutustarpeita, joka tukee paikallisen  
osaamisen kehittymistä  
Tuotantosysteemin tulisi olla omavaraisia  
raaka-aineen tuotannossa ja koppuotteiden  
käytössä  
Tuotantosysteemin  
organisaatiokulttuurien monimuotoisuus  
tukee eri tavoin paikallista  
metsäenergiatuotantoa  
Tuotantosysteemin käyttämien  
hakkuitshoiden korjuu helpottaa metsissä  
kulkemista ja vaikuttaa positiivisesti niiden  
virkistyskäyttöön  
Monikansallisen suuryrityksen omistuksessa  
olevan tuotantosysteemin käytännöt voivat  
olla ristiriidassa paikallisen kulttuurin kanssa  
Suurikokoisen tuotantosysteemin  
vaikutukset alueella ovat tilavaatimusten  
sekä melu-, päästö- ja maisemahaittojen  
takia pienempää suursmitta  
Tuotantosysteemin toiminta kasvattaa  
ensiharvennusaktiivisuutta ja helpottaa  
metsissä liikkumista  
Tuotantosysteemin energijakeiden käyttö  
parantaa jatkuvan kasvatuksen  
mahdollisuuksia avohakkuiden sijaan  
Tuotantosysteemin energian vienti  
mahdollistaa kulttuurivahdon lisäämisen  
Tuotantosysteemin energiantuotannon ja  
energian kulutuksen väliä tulisi valita  
tasapaino  
Tehokas raaka-aineen ja sivutuotteiden  
käyttö metsäenergian tuotantosysteemeissä  
on suomalaisessa kulttuurissa hyväksyttyä  
Tuotantosysteemin suora tai epäsuora  
kytketty "bioenergia-työvoiman"  
arvostuksen tulisi olla korkea  
Tuotantosysteemin metsäenergiankäyttö on  
kulttuurisesti kestävä, koska Suomessa  
puun lämmityskäyttöä on pitkät perinteet  
Tuotantosysteemin käyttämän raaka-aineen  
kuljetus lisää liikennemäärää ja aiheuttaa  
haittoja paikallisille  
Tuotantosysteemin käyttämän raaka-aineen  
kuljetus lisää testotarpeita ja parantaa  
alueellisia tevenkkoja  
Tuotantosysteemin bioenergian vennis tulisi  
olla hyväksyttävää  
Tuotantosysteemin kehitys aiheuttaa  
nykyisin bioenergian tuotantoketjuhin  
muutostarpeita, jotka tulisi pyrkiä  
minimoimaan  
Metsin liittyvän perinnetiedon säilymistä  
tulisi edistää  
Pelelinkäyttö on teknisesti haasteellista  
Tuotantosysteemin käyttämät uudet raaka-  
aineet (esim. kannot) saattaa aiheuttaa  
paikallista vastarintaa  
Tuotantosysteemin toimistojen yhteinen  
kulttuurista vähentää konfliktien  
muodostumisen todennäköisyyttä  
Tuotantosysteemeissä käytettäviä raaka-  
ainevärsästä saatetaan pitää paikallisesti  
rumina  
Metsäenergiatuotanto lisää tarvetta uusien,  
teknologisesti edistyneempien koneiden ja  
laitteiden käyttöön  
Tuotantosysteemin toiminta saattaa  
aiheuttaa melua, joka vaikuttaa alueen  
äänimaisemaan  
Turvetuotannolla on Suomessa pitkät  
perinteet ja sen säilymistä tulisi edesauttaa  
Tuotantosysteemin käyttämän raaka-aineen  
korjuu ja tuotantosysteemin toiminta hallitaa  
virkistyskäyttöä



METLA





Tila kyselyyn tai tutkimushankkeeseen liittyville yleisille kommentille:






## KUVAILELEHTI

Julkaisija	Suomen ympäristökeskus			Julkaisu-aika Helmikuu 2012
Tekijä(t)	Pekka Leskinen, Tanja Kähkönen, Katja Lähtinen, Karri Pasanen, Sari Pitkänen, Susanna Sironen, Tanja Myllyviita, Lauri Sikanen ja Antti Asikainen			
Julkaisun nimi	<b>Moniulotteinen kestävyiden arviointikehikko puuenergian tuotannolle</b>			
Julkaisusarjan nimi ja numero	Suomen ympäristö 9/2012			
Julkaisun teema	Luonnonvarat			
Julkaisun osat/ muut saman projektin tuottamat julkaisut	Julkaisu on saatavana vain internetistä: <a href="http://www.ymparisto.fi/julkaisut">www.ymparisto.fi/julkaisut</a>			
Tiivistelmä	<p>Tulevaisuuden talous on entistä riippuvaisempi uusiutuvien luonnonvarojen kestävästä käytöstä, ainakin jos näkyvät biotalouden merkityksestä ja mahdollisuuksista toteutuvat käytännön toiminnaksi. Luonnonvarojen käytön kestävyttä on aiemmin tarkasteltu etenkin ekologisen kestävyiden näkökulmasta. Myös sosiaalista kestävyttä on käsitelty useissa tutkimuksissa. Taloudellinen kestävyys on puolestaan edellytys liiketoiminnan syntyiselle ja kehitymiselle. Kulttuurillista kestävyttä on käsitelty aiemmin vähän, koska sen määrittely ja rajaaminen on haasteellista. Kulttuurillisen kestävyiden tärkeyttä ei ole kuitenkaan vähätelty. Kun kehitetään luonnonvarojen kestävä käyttöä, kaikki neljä edellä mainittua kestävyiden ulottuvuutta ovat läsnä yhtä aikaa ja ne on pystyttävä huomioimaan päätöksenteossa. Tässä tutkimuksessa lähtökohta on, että uusiutuvia luonnonvaroja on käytettävä kestävästi ja että eri luonnonvarojen hyödyntämisen vaihtoehtoja on pystyttävä vertailemaan monipuolisesti kestävyiden näkökulmasta asettamatta mitään kestävyiden ulottuvuutta alistaiseksi toisille ulottuvuuksille.</p> <p>Tutkimuksessa tarkasteltiin neljää metsäbiomassan energiakäyttöön perustuvaa tuotantoketjua (1) paikallinen metsähakkeen käyttöön perustuva lämmöntuotanto, (2) yhdistetty lämmön- ja sähköntuotanto puulla ja turpeella, (3) puutuoteteollisuuden sivutuotteista jalostettavien pellettien valmistus ja (4) puu- ja turvebiomassasta valmistettava biodiesel. Eri kestävyiden ulottuvuuksien indikaattorit määriteltiin arvoketjuille asiantuntijahaastatteluihin. Indikaattorien arvot määriteltiin kirjallisuuden ja haastattelujen avulla. Laskennallinen kestävyystarkastelu eri vaihtoehtojen välillä tehtiin monitavoitteisen päätöksenteon (MCDA) metodologiaan pohjautuen ja samalla kehitettiin tarkoitukseen sopiva laskennallinen työkalu.</p> <p>Jokaiselle kestävyiden ulottuvuudelle määrittyi 20 - 40 indikaattoria, joista valikoitui asiantuntijahaastattelujen ja -kyselyjen perustella 5 - 7 toisaalta tärkeydeltään suurta ja toisaalta mitattavissa olevaa indikaattoria varsinaiseen laskentaan. Sidosryhmähaastattelujen perusteella määritettiin laskennassa käytettävät painokertoimet eri ulottuvuuksille. Ketjujen rinnakkaistarkastelu tehtiin haastatteluissa määritettyjen painokerrointen lisäksi hyödyntäen erilaisia laskennallisia oletuksia kestävyiden ulottuvuuksien ja kestävyttä mittaavien indikaattorien painotuksista.</p> <p>Tutkimus osoitti, että kestävyiden useiden ulottuvuuksien mittaaminen ja käsitteleminen osana päätöksentekoa on täysin mahdollista ja se avaa uusia näkökulmia päätöksenteon tueksi tehtäessä valintoja luonnonvarojen kestävä käytön suhteen. Toisaalta tutkimuksen empiiriset tulokset osoittivat, että tuotantoketjujen väliset kestävyserot riippuvat keskeisesti tuotetusta vaikutusarviointitiedosta ja sen luotettavuudesta, sekä käytetyistä painotuksista kestävyiden indikaattoreiden ja kestävyiden eri ulottuvuuksien välillä. Mikään tarkastelun kohteena olevista tuotantoketjuista ei ollut kaikkia muita parempi riippumatta laskentamallin lähtötiedoista ja -oletuksista. Osana tutkimusta on myös urauurtavasti tuotettu kulttuurillisen kestävyiden ongelmalähtöinen määritelmä ja määrittelyprosessi. Tämä mahdollistaa kulttuurisen ulottuvuuden konkreettisen arvioinnin ja luo pohjaa aihepiirin kehittämiselle jatkossa.</p> <p>Haasteen moniulotteisen kestävyiden mittaamisessa muodostaa mm. indikaattorien valinta ja laadullisten muuttujien käsittely. Kokonaiskestävyttä tarkasteltaessa olisikin tärkeää pystyä määrittelemään mitattavissa olevat indikaattorit kaikille bioenergian tuotantoketjuille, koska muutoin ketjujen välisen kestävyiden luotettava vertailu on hankalaa. Jatkotutkimuksissa saattaisi olla myös aiheellista keskittyä tarkemmin kuhunkin tuotantoketjuun erikseen kaikki kestävyiden ulottuvuudet huomioon ottavan elinkaariarvioinnin muodossa.</p>			
Asiasanat	Monikriteeriarviointi, elinkaariarviointi, kestävyys, bioenergia			
Rahoittaja/ toimeksiantaja	TEKES			
	ISBN	ISBN 978-952-11-3989-5 (PDF)	ISSN	ISSN 1796-1637 (verkkoi.)
	Sivuja 145	Kieli suomi	Luottamuksellisuus julkinen	Hinta (sis. alv 8 %)
Julkaisun myynti/ jakaja				
Julkaisun kustantaja	Suomen ympäristökeskus (SYKE), PL 140, 00251 Helsinki			
Painopaikka ja -aika				

## PRESENTATIONSBLAD

<i>Utgivare</i>	Finlands miljöcentral			<i>Datum</i> Februari 2012
<i>Författare</i>	Pekka Leskinen, Tanja Kähkönen, Katja Lähtinen, Karri Pasanen, Sari Pitkänen, Susanna Sironen, Tanja Myllyviita, Lauri Sikanen och Antti Asikainen			
<i>Publikationens titel</i>	<b>Moniulotteinen kestävyiden arviointikehikko puuenergian tuotannolle</b> (Mångdimensionell hållbarhetsanalysram för produktion av träenergi)			
<i>Publikationsserie och nummer</i>	Miljön i Finland 9/2012			
<i>Publikationens tema</i>	Naturtillgångar			
<i>Publikationens delar/ andra publikationer inom samma projekt</i>	Publikationen finns tillgänglig endast på internet: <a href="http://www.ymparisto.fi/julkaisut">www.ymparisto.fi/julkaisut</a>			
<i>Sammandrag</i>	<p>Ekonomi kommer i framtiden att vara ännu mer beroende av hållbar användning av förnybara naturresurser, i varje fall om utsikterna om bioekonomins betydelse och möjligheter blir verklighet. Den hållbara användningen av naturresurserna har tidigare analyserats framför allt ur ett ekologiskt hållbarhetsperspektiv. Även social hållbarhet har behandlats i många undersökningar. Ekonomisk hållbarhet är en förutsättning för att en affärsverksamhet ska kunna starta och utvecklas. Kulturell hållbarhet har inte behandlats i så stor grad tidigare eftersom den är svår att definiera och avgränsa. Men vikten av kulturell hållbarhet har ändå inte underskattats. När man utvecklar den hållbara användningen av naturresurser är alla de fyra ovannämnda hållbarhetsdimensionerna närvarande samtidigt och man måste kunna ta dem i beaktande när man fattar beslut. Utgångspunkten för den här undersökningen är att de förnybara naturresurserna måste användas på ett hållbart sätt och att olika alternativ att utnyttja naturresurserna måste kunna jämföras mångsidigt ur hållbarhetsperspektiv utan att någon av hållbarhetsdimensionerna underordnas de andra.</p> <p>I undersökningen granskades fyra produktionskedjor baserade på användningen av skogsbiomassa för energiproduktion: (1) lokal värmeproduktion baserad på skogsflis, (2) kombinerad värme- och elproduktion baserad på trä och torv, (3) tillverkning av träpellets av biprodukter från trävaruindustrin och (4) tillverkning av biodiesel av trä- och torvbiomassa. Indikatorer för de olika hållbarhetsdimensionerna i värdekedjorna fastställdes genom expertintervjuer. Indikatorvärdena fastställdes med hjälp av litteratur och intervjuer. Beräkningarna i granskningen av de olika alternativen hållbarhet gjordes med hjälp av en metodologi som bygger på multikriterieanalys (MCDA) och samtidigt utvecklades ett för ändamålet lämpligt beräkningsverktyg.</p> <p>För varje hållbarhetsdimension fastställdes 20 - 40 indikatorer. Utgående från expertintervjuer och –enkäter utvaldes bland dem 5 - 7 indikatorer för den egentliga beräkningen. Valet baserades på indikatorernas angelägenhetsgrad och mätbarhet. Utgående från intervjuer med olika intressegrupper fastställdes viktcoefficients för de olika dimensionerna. Parallellgranskningen av kedjorna utfördes med hjälp av de viktcoefficients som fastställdes i intervjuerna samt olika beräkningsantaganden om viktningen hos hållbarhetsdimensionerna och de indikatorer som mäter hållbarheten.</p> <p>Undersökningen visade att det är fullt möjligt att mäta olika hållbarhetsdimensioner och inkludera dem i beslutsfattandet, och att det öppnar nya perspektiv som stöder beslutsfattandet vid val som gäller den hållbara användningen av naturresurser. Å andra sidan visar undersökningens empiriska resultat att skillnaderna i hållbarhet mellan produktionskedjorna i hög grad beror på vilken information konsekvensbedömningen har producerat och hur pålitlig informationen är, samt på viktningarna mellan hållbarhetsindikatorerna och de olika hållbarhetsdimensionerna. Ingen av de produktionskedjor som granskades var bättre än alla de andra oberoende av beräkningsmodellens utgångsinformation och utgångsantaganden. Som en del av undersökningen har man nu också för första gången tagit fram en probleminriktad definition och definitionsprocess för kulturell hållbarhet. Det här möjliggör en konkret analys av den kulturella dimensionen och skapar en grund för utvecklingen av ämnesområdet i fortsättningen.</p> <p>Utmaningar när det gäller att mäta den mångdimensionella hållbarheten är bl.a. valet av indikatorer och behandlingen av de kvalitativa variablerna. Då man granskar hållbarheten som en helhet är det viktigt att kunna fastställa mätbara indikatorer för alla produktionskedjorna som producerar bioenergi, eftersom det annars blir svårt att göra tillförlitliga jämförelser av hållbarheten i kedjorna. I kommande undersökningar kunde det också vara motiverat att koncentrera sig i större detalj på varje produktionskedja i form av en livscykelanalys som tar alla hållbarhetsdimensionerna i beaktande.</p>			
<i>Nyckelord</i>	Multikriterieanalys, livscykelanalys, hållbarhet, bioenergi			
<i>Finansiär/ uppdragsgivare</i>	TEKES			
	ISBN	ISBN 978-952-11-3989-5 (PDF)	ISSN	ISSN 1796-1637 (online)
	<i>Sidantal</i> 145	<i>Språk</i> finska	<i>Offentlighet</i> Offentlig	<i>Pris (inneh. moms 8 %)</i>
<i>Beställningar/ distribution</i>				
<i>Förläggare</i>	Finlands miljöcentral, PB 140, 00251 Helsingfors			
<i>Tryckeri/tryckningsort -år</i>				

## DOCUMENTATION PAGE

<i>Publisher</i>	Finnish Environment Institute			<i>Date</i> February 2012
<i>Author(s)</i>	Pekka Leskinen, Tanja Kähkönen, Katja Lähtinen, Karri Pasanen, Sari Pitkänen, Susanna Sironen, Tanja Myllyviita, Lauri Sikanen and Antti Asikainen			
<i>Title of publication</i>	<b>Moniulotteinen kestävyiden arviointikehikko puuenergian tuotannolle</b> (Multi-dimensional sustainability framework to evaluate forest and wood energy production)			
<i>Publication series and number</i>	The Finnish Environment 9/2012			
<i>Theme of publication</i>	Natural resources			
<i>Parts of publication/ other project publications</i>	The publication is available only in the internet: <a href="http://www.ymparisto.fi/julkaisut">www.ymparisto.fi/julkaisut</a>			
<i>Abstract</i>	<p>The future economy will be more and more dependent on the sustainable use of natural resources, at least if the views on the importance and possibilities of the bioeconomy are realized in practice. The sustainability of the use of natural resources has previously been studied from the perspective of ecological sustainability in particular. Social sustainability has also been examined in several studies. On the other hand, economic sustainability is a prerequisite for developing business activities. As defining and framing of cultural sustainability is challenging, up to now it has only been discussed to some extent, although the importance of cultural sustainability has not been understated. When developing the sustainability of the use of natural resources, all the above-mentioned dimensions of sustainability are present in parallel and they need to be acknowledged in decision-making. The starting point of this study is that natural resources need to be used sustainably and that different options for utilizing natural resources need to be compared from the sustainability perspective, without giving higher priority to any sustainability dimension compared to others beforehand.</p> <p>In this study four production chains based on energy use of forest biomass were examined: (1) local district heating based on forest chips, (2) combined heat and power with wood and peat, (3) wood pellet production from by-products of the wood product industry, and (4) biodiesel production based on wood and peat. The indicators for different sustainability dimensions in the studied production chains were determined through expert interviews and the indicator values were determined through literature review and interviews. The mathematical examination of sustainability was based on multi-criteria decision analysis (MCDA) so that a computational tool suitable for the calculations was developed.</p> <p>In total, 20 - 40 indicators were defined for each sustainability dimension; out of these, five to seven measurable indicators with the highest importance, based on expert interviews and surveys, were selected for the actual calculations. The weights for different sustainability dimensions to be used in calculations were based on interest group interviews. The parallel examination of production chains was done not only with weights defined in interviews but also with assumptions about sustainability indicators weights and sustainability dimension weights.</p> <p>This study showed that measuring different sustainability dimensions and handling them as a part of the decision-making process is fully possible; this will open new perspectives for supporting decision-making concerning the sustainable use of natural resources. On the other hand, the empirical results of this study showed that the sustainability differences between production chains depend heavily on the reliability of the produced impact assessment data, and on the weightings used between sustainability indicators and sustainability dimensions. None of the studied production chains is better than all the others, despite initial information and assumptions in the calculation model. As a part of this study, a novel problem-oriented definition and determination process of cultural sustainability was produced. This enables concrete evaluation of cultural sustainability and creates a basis for developing this field in the future.</p> <p>Among others, choosing indicators and processing qualitative variables are challenging topics in measuring multidimensional sustainability. Thus, in estimating the sustainability it would be important to define measurable indicators for all the bioenergy production chains, as otherwise a reliable comparison of sustainability between the production chains is difficult. In further studies it could also be justified to focus more closely on each production chain separately through a life cycle analysis that takes all the sustainability dimensions into consideration.</p>			
<i>Keywords</i>	Multi-criteria evaluation, life cycle assessment, sustainability, bioenergy			
<i>Financier/ commissioner</i>	TEKES			
	ISBN	ISBN 978-952-11-3989-5 (PDF)	ISSN	ISSN 1796-1637 (online)
	<i>No. of pages</i> 145	<i>Language</i> Finnish	<i>Restrictions</i> Public	<i>Price (incl. tax 8 %)</i>
<i>For sale at/ distributor</i>				
<i>Financier of publication</i>	Finnish Environment Institute, P. O.Box 140, FI-00251 Helsinki, Finland			
<i>Printing place and year</i>				





Luonnonvarojen kestävässä käytössä ekologiset, taloudelliset, sosiaaliset ja kulttuuriset kysymykset ovat keskinäisessä vuorovaikutuksessa, mikä tulisi myös pystyä ottamaan laaja-alaisesti huomioon luonnonvaroja koskevassa päätöksenteossa. Kansainvälisen näkökulman lisäksi kestävä kehityksen edistämiseksi tulisi kyetä arvioimaan päätösten vaikutuksia paikallisiin olosuhteisiin.

”Moniulotteinen kestävyden arviointikehikko puuenergian tuotannolle” (BioSus) -hankkeen tulokset osoittavat eri energiantuotantovaihtoehtojen paikallisiin olosuhteisiin perustuvan laaja-alaisen kestävyden arvioinnin mahdolliseksi. Hankkeessa laadittiin laskentakehikko, jolla vertailtiin metsäbiomassan käyttöön perustuvan energiantuotannon vaikutuksia ekologiseen, taloudelliseen, sosiaaliseen ja kulttuuriseen kestävyteen Itä-Suomen alueella.

BioSus-hankkeen tulokset tarjoavat uutta teoreettista ja empiiristä tietoa luonnonvarojen käyttöä koskevan päätöksenteon kehittämiseen. Hankkeen tulosten perusteella voidaan myös ottaa aikaisempaa syvällisemmin kantaa kulttuurisen kestävyden arvioinnin kannalta olennaisiin kysymyksiin.

