

Kansallisen energia- ja ilmastostrategian päivityksen ympäristövaikutusten arviointi

***Mikael Hildén, Niko Karvosenoja, Sirkka Koskela, Kaarle Kupiainen, Jari Liski,
Kaisa Manninen, Ville-Veikko Paunu, Anna Repo, Mikko Savolahti***

Suomen ympäristökeskus 19.3.2013



SISÄLLYS

Yhteenveto	3
1 Johdanto	5
2 Yleiskuva strategian linjausten ympäristövaikutuksista	6
2.1 Energiatehokkuustoimenpiteet	6
2.2 Joustokeinot ja nielut	7
2.3 Lisätoimet vuoteen 2020 mennessä	8
2.4 Päästöjen vähentämistavoitteen tiukentaminen EU:ssa	9
2.5 Uusiutuva energia ja turve	10
2.5.1 Metsäpohjainen biomassa	10
2.5.2 Peltobiomassa ja lanta	12
2.5.3 Bioraaka-aineista valmistettu synteettinen maakaasu (bio-SNG)	12
2.5.4 Bioenergian käytön kestävyys turvaaminen	12
2.5.5 Tuulivoima	13
2.5.6 Jätteiden energiahyödyntäminen	14
2.5.7 Turpeen käytön vähentämiseen ja soiden suojeluun liittyvät kysymykset	15
2.6 Eurooppalaisen ja kansallisen energiamarkkinakehityksen edellyttämät toimet	16
2.6.1 Pohjoismainen vähittäismarkkinakehitys	16
2.6.2 Sähkön kulutuksen jousto ja kapasiteettimarkkinat	16
2.6.3 Taso sähköverkkojen varmuudelle	17
2.6.4 Kantaverkon kehittäminen siten, että Suomi pysyy yhtenä hinta-alueena	17
2.6.5 Pienimuotoisen sähköntuotannon edistäminen	17
2.6.6 Maakaasun aseman turvaaminen ja maakaasun älykäs mittaus	18
2.7 Kaukolämpö sekä sähkön ja lämmön yhteistuotanto	19
2.8 Kuluttajat ja kuluttajatoimien ohjaus	20
2.9 Maatalous ja ruoka	21
3 Puhtaan teknologian liiketoiminnan kehittäminen	21
3.1 Energia- ja ilmastokysymyksiin liittyvä innovaatiopolitiikka	21
3.2 Tutkimus ja tuotekehitys	22
3.3 Kotimarkkinoiden kilpailukyky ja kehitys	23
3.4 Kaupallistamisen ja kansainvälistymisen tukeminen	23
3.5 Demonstraatioiden edistäminen	24
4 Julkisen sektorin toiminta sekä alueellinen ja kuntatason toiminta	24
5 Ilmastomuutokseen sopeutuminen	26
6 Yhteenveto strategian vaikutuksista ilmansaasteiden päästöihin	27
6.1 Merkittävät ilmansaasteet	27
6.2 Johtopäätökset ilmansuojelutarkastelusta	32
7 Yhteenveto strategian vaikutuksista hiilinieluihin	32
8 Yhteenveto strategian vaikutuksista luonnon monimuotoisuuteen	33
9 Yhteenveto strategian vaikutuksista elinkaaritarkastelun valossa	34
9.1 Polttoaineiden tuonnin ympäristövaikutukset	35
9.2 Polttoaineiden tuonnin ja käytön yhdistetyt ympäristövaikutukset	36
9.3 Johtopäätökset elinkaariarvioinnista	37
10 Kirjallisuusviitteet	38

Yhteenveto

Tässä selvityksessä on arvioitu päivitetyn energia- ja ilmastostrategian merkittävimpiä ympäristövaikutuksia. Arvioinnissa on tarkasteltu kaikki päivitetyn strategian linjaukset siinä käytetyn ryhmittelyn mukaan. Yleisesti ottaen linjaukset ja toimenpiteet, jotka edistävät energian säästöä vähentävät myös luonnonvaroihin kohdistuvia paineita. Tämä on omiaan vähentämään tuotannon ja kulutuksen ympäristövaikutuksia. Verrattuna nykytilaan, tavoiteltu vuoden 2020 energiankulutus ei kuitenkaan edusta merkittävää muutosta. Strategian linjauksilla kyetään siten lähinnä välttämään kehitystä, jossa energiankulutus kasvaisi nykyisestä. Energiankulutuksen väheneminen on ympäristövaikutusten hallinnan kannalta toivottava kehitys, sillä se lisää mm. mahdollisuuksia toteuttaa uusiutuvien energialähteiden osuudelle asetettu tavoite eri tavoin. Energiakulutuksen aleneminen helpottaa tavoitteen toteuttamista siten, että se aiheuttaa mahdollisimman vähän haitallisia sivuvaikutuksia.

Kasvihuonepäästöjen rajoittamisen lisäksi strategian linjauksilla ja toimenpiteillä on erilaisia sivuvaikutuksia. Linjausten ja toimenpiteiden käytännön toimeenpano määrää miten merkittäviksi sivuvaikutukset muodostuvat. Haitallisia ympäristövaikutuksia voidaan monissa tapauksissa välttää soveltamalla elinkaariajattelua toimenpiteiden yksityiskohtaisessa suunnittelussa. Elinkaaritarkastelu valottaa toimenpiteiden vaikutuksia monipuolisesti, mikä on tärkeää erityisesti, kun pyritään lisäämään tai vähentämään jonkun energialähteen käyttöä merkittävästi verrattuna nykytilaan. Lähestymistapa on myös erittäin hyödyllinen arvioitaessa uusia teknisiä ratkaisuja, joilla tavoitellaan energiatehokkuutta, uusien energialähteiden käyttöä tai kulutusrakenteen muuttamista. Elinkaaritarkastelun lisäksi on kuitenkin välttämätöntä seurata ympäristövaikutusten kehittymistä, sillä ulkoisten olosuhteiden muutokset, kuten talouskehitys, voivat johtaa ennakoituja suurempiin tai pienempiin vaikutuksiin.

Arvioinnissa on päivitetty polttoaineiden yleinen elinkaaritarkastelu. Lisäksi on tarkasteltu erikseen vaikutuksia ilmansaasteisiin, hiilinieluihin ja luonnon monimuotoisuuteen. Elinkaariarviointi osoitti, että ne polttoaineiden valmistuksen ja käytön vaikutukset, jotka johtuvat pienhiukkasista, otsonin terveysvaikutuksista, rehevöitymisestä, happamoitumisesta ja kasvihuonekaasupäästöistä vähenevät selvästi vuodesta 2010 vuoteen 2020. Päivitetyn tarkastelun perusteella pienhiukkaset ja happamoitumista aiheuttavat päästöt ovat kasvihuonekaasupäästöjen lisäksi energiaskenaarioiden merkittävimmät haitalliset päästöt. Päästöt vähenevät vuoden 2020 skenaariossa kulutuksen vähentymisen, erotinlaitteiden kehittymisen, liikenteen päästöjen vähenemisen, ydinvoiman käytön lisäämisen ja biopolttoaineisiin siirtymisen ansiosta.

Ilmansuojeluun perustuva analyysi osoitti, että merkittävimmät muutokset pienhiukkasten terveysvaikutusten kannalta ovat tarkennetun perusskenaarion pientalojen tiukemmat energiamääräykset ja sitä kautta alhaisempi talokohtaisen lämmityksen tarve sekä tieliikenteen tehostumisesta ja kulkutapamuutoksista johtuvat alhaisemmat polttoaineenkulutusmäärät. Liikenteen osalta erityisesti kaupunkialueilla tapahtuvia ajoneuvokilometrejä vähentävät toimet (esim. autoilusta pyöräilyyn ja joukkoliikenteeseen siirtymistä edistävät toimet) ovat tehokkaita alentamaan pienhiukkasille altistumista, koska ne vähentävät sekä pakokaasu- että katupölypäästöjä alueilla, joissa päästöille altistuu suuri määrä ihmisiä. Pientalojen lämmityksen osalta terveysvaikutusten kannalta merkittävin tekijä on puun pienpolton kehittyminen taajama-alueilla; yhtäältä energiamääräysten kiristyminen vähentää lämmitystarvetta, toisaal-

ta fossiilisten polttoaineiden ja lämmityssähkön kallistuminen saattavat lisätä puulämmityksen määrää ja sitä kautta pienhiukkasten päästöjä ja niille altistumista. Erityisesti tiheästi asutuilla pientaloalueilla olisi tärkeää kiinnittää huomiota talokohtaisen lämmityksen pienhiukkaspäästöihin.

Ilmansaasteiden tarkastelussa arvioitiin myös strategian vaikutuksia mustahiilen päästöihin. Ilmakehän mustahiili on epätäydellisessä palamisessa syntyvä hiukkasmainen epäpuhtaus, jonka erityispiirre on, että se absorboi auringon valoa ja lämmittää näin ilmakehää. Laskeutuksessaan lumelle mustahiilihiukkaset tummentavat pintaa ja näin vähentävät auringon valon takaisinheijastumista. Erityisesti arktisella alueella mustahiilen on arvioitu voimistavan merkittävästi alueen ilmastomuutosta ja nopeuttavan jäätiköiden sulamista. Tulevaisuudessa Suomen suurimmat mustahiilipäästöt aiheuttaa puun pienpoltto. Erityisen korkeita päästöjä aiheuttaa rakenteeltaan yksinkertaiset polttolaitteet ja väärät polttotavat. Huonosti toteutettu puulämmitys saattaa olla epäedullinen, paitsi terveysvaikutustensa, myös ilmastovaikutustensa suhteen.

Päivitetyssä energia- ja ilmastostrategiassa metsien hiilinielut tulevat esiin erityisesti kahdessa yhteydessä. Toisaalta hiilinielut ovat yksi päästöjen säätelyn joustokeino: Suomen nettopäästöjä ilmakehään voidaan vähentää päästövähennysten ohella hiilinielujen avulla. Toisaalta metsien hiilinielut liittyvät metsäbioenergian kestävyYTEEN, päästövaikutuksiin, laskentäsääntöihin ja hiilineutraalisuuteen.

Suomen metsät säilyvät hiilinieluina lähivuosisikymmenet riippumatta siitä, lisätäänkö metsäenergian käyttöä suunnitelman mukaan vai ei. Jos puunkäyttö kasvaa vähän tai maltillisesti nykytilaan verrattuna, hiilinielu säilyy niin suurena, että Suomi saa metsien hiilinielustaan maksimihyvityksen Kioton pöytäkirjan toisella velvoitekaudella. Metsäenergian käyttö ja varsinkin sen lisääminen pienentävät kuitenkin aina hiilinielua. Toisin sanoen Suomen metsien hiilinielu olisi suurempi ilman metsäenergian käyttöä. Metsäenergia ei tämän vuoksi voi olla täysin hiilineutraalia.

Energia- ja ilmastostrategian merkittävimmät vaikutukset luonnon monimuotoisuuteen johtuvat mahdollisista maankäyttömuutoksista Suomessa ja maamme rajojen ulkopuolella. Suomessa bioenergian tuotannon lisäys voi heijastua metsien hoitoon ja käyttöön. Bioenergian lisäämistavoitteet sekä niihin liittyvät ohjauskeinot saattavat johtaa metsien monimuotoisuuden turvaamisen kannalta kielteiseen kehitykseen, mikäli ei onnistuta toteuttamaan korjaavia toimenpiteitä riittävässä laajuudessa. Maatalouden biomassojen käyttö energiantuotantoon strategian linjausten mukaisesti voi vaikuttaa maatalousmaan monimuotoisuuteen, mutta vaikutuksen suunta ei ole yksiselitteinen. Jos energiabiomassojen tuotanto lisää maatalousmaisan yksipuolistumista, vaaditaan maatalouden ympäristötukijärjestelmältä entistä tehokkaampia keinoja jo todetun kielteisen kehityksen estämiseksi.

Kansainvälisesti bioenergian kysyntä on lisännyt luonnon monimuotoisuuteen kohdistuvia paineita. Strategian linjausten mukaan haitallisten ympäristövaikutusten ehkäisyyn panostetaan jo mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Tämä edellyttää aktiivista osallistumista kansainvälisten kestävyyskriteerien kehittämiseen ja soveltamiseen.

1 Johdanto

Työ- ja elinkeinoministeriö pyysi joulukuussa 2012 Suomen ympäristökeskusta tarkastelemaan viimeistelyvaiheessa olevan kansallisen energia- ja ilmastostrategian päivityksen ympäristövaikutuksia. Arvioinnille asetettiin neuvottelujen perusteella seuraavat tavoitteet:

- päivitys strategian keskeisistä ympäristövaikutuksista vertaamalla uudistettua strategiaa vuoden 2008 ympäristöarviointiin.
- vähintään laadullinen tarkastelu vaikutuksista, jonka perusteella tehdään arvio muutoksista suhteessa v. 2008 laadittuun elinkaaritarkasteluun.
- tarkastelu päivityksen vaikutuksista happamoittaviin päästöihin ja hiukkaspäästöihin.

Tätä ympäristövaikutusten arviointia ei ole toteutettu osana strategian päivityksen valmistelua, eikä se ole vaikuttanut strategian sisältöön. Arviointi perustuu joulukuun 2012 versioon strategiasta ja tammikuussa 2013 tehtyihin skenaariolaskelmiin. Arvioinnin viimeistelyvaiheessa varmistettiin, ettei strategiassa oltu tehty ympäristövaikutusten kannalta merkittäviä muutoksia arvioinnissa käytettyyn versioon nähden.

Tarkastelussa on pyritty tunnistamaan esitettyjen linjausten ympäristönäkökulmia ja tunnistamaan osa-alueita, joiden ympäristövaikutuksiin tulisi paneutua toimeenpanossa ja myös tulevan vähähiilisen tiekartan laadinnassa. Lähtökohtana on ollut vuoden 2008 laadittu ympäristövaikutusten arviointi (Hildén ym. 2008).

Käytetty ympäristövaikutusten määritelmä on laaja ja on SOVA-lain (200/2005) § 2 pykälän mukainen:

ympäristövaikutuksella tarkoitetaan suunnitelman tai ohjelman välitöntä ja välillistä vaikutusta Suomessa ja sen alueen ulkopuolella:

- a) ihmisten terveyteen, elinoloihin ja viihtyvyyteen;
- b) maaperään, vesiin, ilmaan, ilmastoon, kasvillisuuteen, eliöihin ja luonnon monimuotoisuuteen;
- c) yhdyskuntarakenteeseen, rakennettuun ympäristöön, maisemaan, kaupunkikuvaan ja kulttuuriperintöön;
- d) luonnonvarojen hyödyntämiseen;
- e) a–d alakohdassa mainittujen tekijöiden keskinäisiin vuorovaikutussuhteisiin;

Määritelmän laajuudesta johtuen merkittävä osa tarkastelusta on laadullista.

Tarkastelun rakenne noudattaa päivitetyn strategian rakennetta. Arvioinnissa on kiinnitetty huomiota erityisesti niihin toimenpiteisiin, joilla voi olla merkittäviä ympäristövaikutuksia. Raportin luvuissa 6-9 on laadittu yhteenvedot merkittävistä ympäristövaikutuksista.

2 Yleiskuva strategian linjausten ympäristövaikutuksista

2.1 Energiatehokkuustoimenpiteet

Energiatehokkuustoimenpiteet vähentävät pääsääntöisesti energiantuotannon ympäristövaikutuksia. Energiantuotanto kuluttaa luonnonvaroja ja aiheuttaa päästöjä joko suoraan tai energiatuotantolaitosten rakentamisen kautta. Linjauksen mukainen loppukulutustavoite pitää Suomen energiakulutuksen lähes nykytasossa. Energiatehokkuustoimenpiteet voivat siten estää haitallisia vaikutuksia syntymästä, mutta eivät yksin merkittävästi vähennä nykyisiä vaikutuksia.

Ympäristövaikutusten hallinnan kannalta on olennaista, että energiatehokkuustoimenpiteiden suunnittelussa tarkastellaan elinkaaren aikaisia vaikutuksia, mukaan lukien heijastusvaikutuksia muiden luonnonvarojen käyttöön. Lisäksi mahdolliset terveysvaikutukset tulee ottaa huomioon konkreettisten toimenpiteiden suunnittelussa ja toteutuksessa. Erityisesti rakentamisessa on sekä mahdollisuuksia että riskejä energiatehokkuustoimenpiteiden kehittämisessä ja toteuttamisessa (Engvall ym. 2003, Aromaa ja Haverinen-Shaughnessy 2012). Elinkaaritarkastelu auttaa tunnistamaan kokonaisvaikutuksiltaan parhaimmat energiatehokkuustoimenpiteet.

Strategian energiatehokkuuteen liittyvät linjaukset

- ✓ *Asetetaan energian loppukulutuksen tavoitteeksi 310 TWh vuonna 2020.*
- ✓ *Laaditaan energiatehokkuusdirektiivin mukainen kansallinen energiatehokkuuden toimeenpanosuunnitelma.*
- ✓ *Erityisesti energiatehokkuusdirektiivin toimeenpanemiseksi laaditaan energiatehokkuuslaki, jonka valmistelun hoitaa TEM yhteistyössä LVM:n, MMM:n, VM:n ja YM:n kanssa.*
- ✓ *Selvitetään pikaisesti mahdollisuus energiayhtiöiden velvoiteohjelmaan ja mahdollisuudesta yhdistää sitä muihin toimiin.*
- ✓ *Laaditaan pitkän aikavälin strategia rakennusten energiatehokkuuden parantamisesta direktiivin määräajan puitteissa.*
- ✓ *Laaditaan energiatehokkuusdirektiivin mukaisesti valtion keskushallinnon rakennusten energiansäästösuunnitelma sekä linkitetään sen seuranta ja toteuttaminen osaksi konsernitason taloussuunnittelua ja johtamista.*
- ✓ *Toteutetaan energiatehokkuusdirektiivin mukaisesti energiatehokkuutta valtion keskushallinnon julkisissa hankinnoissa sekä veloitetaan valtion organisaatiot edistämään aktiivisesti cleantech- ja ympäristöhankintoja, ja suositellaan kuntien cleantech- ja ympäristöhankintojen edistämistä. Edistetään energiatehokkuuden edelläkävijäkuntien syntymistä.*
- ✓ *Osana energiatehokkuusdirektiivin toimeenpanoa kehitetään edelleen kunta-alan energiatehokkuussopimuksia ja energiaohjelmia.*

- ✓ *Edistetään kansainvälisen energiatehokkuusliiketoiminnan syntymistä ja kasvua. Uuden liiketoiminnan kehittämisessä hyödynnetään energiatehokkuussopimusjärjestelmää ja strategisia huippuosaamisen keskittymiä. Edistetään osana strategista Cleantech-ohjelmaa mahdollisesti hyödynnettävissä olevia toimintamalleja liiketoiminnan kasvattamiseksi.*
- ✓ *Selvitetään missä määrin uusiutuvan energian käytön edistäminen kaukolämpölaitoksissa nykyistä enemmän on kustannustehokkaampi päästövähennyskeino kuin energiatehokkuutta parantavat korjausinvestoinnit.*
- ✓ *Arvioidaan pikaisesti mahdollisuudet edistää nykyistä voimakkaammin maantieliikenteen energiatehokkuuden paranemista mukaan lukien liikenteen energiatuki joukkoliikenteen ja tavarankuljetusten energiatehokkuuden parantamiseksi ja kuljetuspalveluiden kustannusten nousun hillitsemiseksi sekä kannusteet nykyistä energiatehokkaampien autojen hankintaan. Arviointityö toteutetaan osana öljyriippuvuuden vähentämishjelman toimeenpanoa.*
- ✓ *Varmistetaan kansallisen älyliikennestrategian toteutuminen eri liikennemuodoissa koko liikennejärjestelmän energiatehokkuuden parantamiseksi.*
- ✓ *Asetetaan tieto- ja viestintäverkkojen sekä ICT-infrastruktuurien kasvavalle energiankulutukselle määrätietoisia energiatehokkuustavoitteita.*
- ✓ *Arvioidaan tieto- ja viestintäteknologiaan perustuvien palveluiden kestävyyttä osana energiatehokkuussitoumuksia.*
- ✓ *Kannustetaan maatiloja energiatehokkuuden edistämiseen eri tavoin, mm. Maaseudun kehittämisohjelman toimenpiteillä.*

2.2 Joustokeinot ja nielut

Nieluja koskevilla päätöksillä on myös muita kuin kasvihuonekaasutaseisiin kohdistuvia vaikutuksia. Merkittävimmät näistä koskevat maankäyttöä ja metsien hoitoa. ”Metsäkadon” rajoittaminen voi tarkoittaa maankäytön suunnittelussa metsäalueiden säilyttämistä myös taajama-alueiden läheisyydessä ja niiden pirstoutumisen välttämistä. Tämä voi tukea pyrkimystä säilyttää luonnon monimuotoisuutta. Lisäksi nykyistä vahvemmat kannustimet säilyttää hiilinieluja luo tarvetta rajoittaa mm. pellonraivausta, mikä vaikuttaa maatalouden kehitykseen eri alueilla. Pellonraivauksen rajoittaminen laskennallisen metsäkadon minimoimiseksi edistää samalla vesiensuojelua, mutta saattaa paikallisesti rajoittaa maatalouden kehittämis mahdollisuuksia.

Strategian joustokeinoihin ja nieluihin liittyvät linjaukset

- ✓ *Joustokeinojen käytön painotuksista ja ajoituksesta koko jaksolla 2013 – 2020 laaditaan erillinen strategia vuoden 2013 aikana.*

- ✓ *Suomi neuvottelee Durbanin ilmastokokouksen (joulukuu 2011) päätöksessä Kioton pöytäkirjan 1. kauteen verrattuna syntyneen Suomen metsäkatokompensaation menetyksen korvaamisesta täysimääräisesti pöytäkirjan toisella, vuonna 2013 alkavalla kaudella.*
- ✓ *Nieluja koskeissa ratkaisuissa, kuten EU:n nielujen sisällyttämisessä osaksi EU:n ilmasto- ja energiapoliittisia velvoitteita, Suomi pyrkii siihen, että EU:n sisällä sovittavat tilinpitosäännöt olisivat mahdollisimman lähellä Durbanin ilmastoneuvotteluissa joulukuussa 2011 sovittuja nielujen raportointi- ja laskentasääntöjä, jotta voidaan minimoida raportoinnin ja laskennan eroavaisuudet EU:n ja YK:n ilmastosopimuksen (UNFCCC) välillä.*
- ✓ *Eri toimialoilla tavoitteena on hyvän suunnittelun avulla metsäkadon pitäminen mahdollisimman pienenä.*
- ✓ *Metsäkadon pinta-alatietoja tarkennetaan ja ilmastovelvoitteiden oikeudenmukaisen jakautumisen turvaamiseksi parannetaan Suomen kasvihuonekaasupäästötietoja.*

2.3 Lisätoimet vuoteen 2020 mennessä

Kaikkiin ilmastopoliittisiin toimenpiteisiin liittyy erilaisia ympäristövaikutuksia. Ympäristövaikutusten hallinnan kannalta on olennaista, että eri ympäristönäkökulmien tarkastelu sisällytetään valmisteluun. Vuoteen 2050 tähtäävän vähähiilisen yhteiskunnan tiekartan tavoitteiden toteutuminen edellyttää rakenteellisia muutoksia kulutuksessa ja tuotannossa Suomessa, mikä väistämättä heijastuu ympäristövaikutuksina. Parhaimmillaan siirtyminen vähähiiliseen yhteiskuntaan vähentää luonnonvaroihin kohdistuvia paineita uudistetun kestävä kulutuksen ja tuotannon ohjelman (2012)¹ mukaisesti. Yksi tärkeä työkalu toimenpiteiden tarkastelussa on elinkaariarviointi, joka ottaa huomioon myös Suomen rajojen ulkopuolelle heijastuvia vaikutuksia ja jonka avulla voidaan tarkastella muualla maailmassa tapahtuvien muutosten heijastusvaikutuksia Suomen ympäristöön.

Ympäristövaikutusten kannalta F-kaasujen kansainvälisen sääntelyn kehittäminen on tärkeää. F-kaasujen kehitys ja käyttö ovat havainnollistaneet konkreettisesti kuinka tärkeää on tarkastella ympäristövaikutuksia riittävän laajasti ennen uusien teknologisten ratkaisujen laajamittaista hyödyntämistä (Farman 2002).

Erityisiin lisätoimiin liittyvät strategian linjaukset

- ✓ *TEM valmistelee yhteistyössä LVM:n YM:n ja VM:n kanssa puhtaan energian toimenpidekokonaisuuden mukaisia ohjaustoimenpiteitä, jotka linjataan pääosin Suomen vuoteen 2050 ulottuvan energiatiekartan yhteydessä. Laajakantoiset linjaukset käsitellään hallituksen puoliväliriihen yhteydessä. Talousarviovaikutteiset toimenpiteet pyritään käsittelemään vuosien 2013 ja 2014 kehysmenettelyjen yhteydessä.*
- ✓ *F-kaasuista aiheutuvien kasvihuonekaasupäästöjen hillitsemiseksi tulee edistää F-kaasujen mukaan lukien NF3 osittaisen käyttökiellon käyttöönottoa EU-*

¹ <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=136510&lan=sv> (Viitattu 15.2. 2013)

lainsäädännön muutoksilla edistää maailman laajuista säätelyä Montrealin pöytäkirjan mekanismein sekä etsiä F-kaasuille vaihtoehtoisia ratkaisuja. Lisäohjauksen tarvetta selvitetään kansallisesti.

2.4 Päästöjen vähentämistavoitteen tiukentaminen EU:ssa

Kasvihuonekaasujen päästöjen rajoittamistavoitteiden selvä kiristäminen aiheuttaa toteutuksesta riippuen erilaisia ympäristövaikutuksia. Keskittyminen pelkästään kasvihuonekaasujen rajoittamistavoitteeseen voi pahimmassa tapauksessa aiheuttaa vakavia haitallisia vaikutuksia esimerkiksi luonnon monimuotoisuuteen Suomessa tai maamme rajojen ulkopuolella.

Vähentämistavoitteisiin liittyvät myös toimenpiteiden seurantarjestelmät. Käytössä olevat puutteelliset kasvihuonekaasupäästöjen laskentasäännöt merkitsevät, että myös päätavoite, kasvihuonekaasupäästöjen rajoittaminen, voi vaarantua. Siten maankäyttöön liittyvät epäsuorat vaikutukset tulee ottaa huomioon (Soimakallio 2012). Laajat elinkaaritarkastelut ovat välttämättömiä uusien tiukempien rajoittamistavoitteiden taustatarkasteluista. Elinkaaritarkastelut liittyvät myös päästökaupan kehittämiseen, sillä päästökaupan säännöt vaikuttavat mm. siihen, mitä toimenpiteitä ja energiatuotantomuotoja se edistää.

Strategian linjaukset liittyen päästöjen vähentämistoimien tiukentamiseen EU:ssa

- ✓ *EU:n nykyinen vuodelle 2020 asetettu päästövähennystavoite ei ole riittävä ns. kahden asteen lämpenemistavoitteen kannalta. Suomi tukee EU:n päätöstä, jonka mukaan se on valmis kiristämään päästövähennystavoitettaan 30 %:iin vuodelle 2020 jos muut teollisuusmaat sitoutuvat vastaaviin päästövähennyksiin ja keskeiset nopeasti kasvavat taloudet osallistuvat mahdollisuuksiensa mukaan riittäviin päästöjen vähennystoimiin. YK:n ilmastososopimuksen Dohan osapuolikokouksessa päätettiin, että osapuolten on uudelleenarvioitava päästövähennystensä kunnianhimoa vuodelle 2020 viimeistään vuonna 2014.*
- ✓ *Selvitysten perusteella EU:n vuotta 2020 koskevan päästövähennysvelvoitteen kiristäminen lisäisi jonkin verran kansantalouden kustannuksia. Toisaalta tarvittavien päästövähennysten lykkääminen todennäköisesti lisäisi ilmastopolitiikan kokonaiskustannuksia ja hidastaisi investointeja puhtaaseen teknologiaan. Suomi varautuu osallistumaan EU- ja kansainvälisellä tasolla käytäviin neuvotteluihin päästövähennystavoitteiden uudelleen arvioinnista ja määrittämisestä.*
- ✓ *EU:ssa valmistelun painopiste on siirtynyt vuoden 2020 jälkeisten päästövähennystavoitteiden suunnitteluun. Ellei vuoden 2030 tavoitetta aseteta pian tai vuoden 2020 tavoitetta kiristetä, tämä saattaa johtaa suhteessa tiukemman tavoitteen määrittämiseen vuodelle 2030, jotta voidaan pysyä vuodelle 2050 asetetuissa tavoitteissa. Suomi ottaa kantaa näihin tavoitteisiin vuonna 2013 laadittavan tiekartan kohti vuotta 2050 valmistelun yhteydessä.*

- ✓ *Mikäli esimerkiksi päästökaupan uudistamistarve johtaa uuteen keskusteluun päästövähennystavoitteiden yksipuolisesta kiristämisestä vuodelle 2020, osallistuu Suomi aktiivisesti tähän keskusteluun nojaten hallitusohjelman mukaisesti asiasta tehtyihin analyyseihin ja selvityksiin.*

2.5 Uusiutuva energia ja turve

Uusiutuvan energian käyttöön liittyy useita ympäristövaikutuksia, joiden merkitys ja hallinta vaihtelevat tapauskohtaisesti. Kun arvioidaan uusiutuvan energian käytön ympäristövaikutuksia tärkeimmät kysymykset liittyvät maankäytön ja elinympäristöjen muutokseen, vaikutuksiin hiilivarastoihin ja hiilinieluihin, ravinnepäästöihin sekä ilmansuojeluun.

Ne uusiutuvat energialähteet, kuten metsä- ja peltobiomassat, jotka perustuvat laajojen pinta-alojen käyttöön energiantuotantoon, voivat vaikuttavat maankäytön muutosten kautta erityisesti luonnon monimuotoisuuteen. Elinympäristöjen, erityisesti metsien, muuttuminen on Suomessa tärkein uhanalaisuuden aiheuttaja (Rassi ym. 2010).

Aurinko- ja tuulienergian käyttö ei vaadi yhtä laajoja pinta-aloja kuin metsäbioenergian tuotanto, mutta erityisesti tuulienenergian tuotannolla on maisemallisia vaikutuksia.

2.5.1 Metsäpohjainen biomassa

Metsähakkeen käytön lisäys lisää painetta kerätä vähäarvoista puuta metsästä, mikä vaikuttaa metsien hiilitaseeseen. Vähäarvoisen puun tehokas käyttö vaikeuttaa samalla lahoppuun lisäämistavoitteiden saavuttamista talousmetsissä. Tämä heijastuu mm. elinympäristöjen rakenteeseen ja kehitykseen, mikä vaikeuttaa luonnon monimuotoisuuden turvaamistavoitteiden saavuttamista, sillä lahoppuun puute on yksi merkittävä syy metsälajiston uhanalaistumiseen (Rassi ym. 2010). Metsähakkeen käytön lisääminen muuttaa myös metsämaisemaa. Korkeat käyttötavoitteet edellyttävät latvusmassan ja kantojen keräämistä suurelta hakkuualalta vuosittain. Kantojen nosto puolestaan rikkoo metsien maaperän rakennetta samaan tapaan kuin metsätaloudessa käytettävät voimakkaimmat maanmuokausmenetelmät.

Metsien käsittelytapojen muutokset vaikuttavat ravinnepäästöihin (Finér ym. 2010, Miettinen ym. 2012). Metsäpohjaisen biomassan käyttö synnyttää myös tarvetta kuljettaa suuria määriä aineita, mistä seuraa monia liikenteen ja kuljetustarpeen aiheuttamia epäsuoria ympäristövaikutuksia. Biomassan poltto aiheuttaa lisäksi mm. hiukkaspäästöjä (ks. luku 6).

Metsähakkeen käytön lisäys vähentää osittain paineita hyödyntää turvesoita, mikä voi helpottaa polttoturpeen tuotannon ja luonnonsuojelun tarpeiden yhteensovittamista. Metsähakkeen käytöllä on myönteisiä vaikutuksia paikallisiin elinoloihin tarjoamalla työtä ja kannustamalla uusiin ratkaisuihin, joilla voi olla kaupallista merkitystä.

Käytettävät raaka-aineet määräävät pitkälti biopolttoaineiden- ja nesteiden tuotannon ympäristövaikutukset. Jäteperäiset raaka-aineet voivat vähentää ympäristökuormitusta, kuten myös puujalostusteollisuuden sivutuotteiden hyödyntäminen. Neitseellisen raaka-

aineeseen perustuvat tuotantoprosessit aiheuttavat ympäristövaikutuksia, joiden luonne ja merkitys määräytyvät käytettävien raaka-aineiden ja tuotantoprosessien mukaan.

Tuontiraaka-aineisiin perustuva tuotanto voi puolestaan aiheuttaa merkittäviä ympäristövaikutuksia Suomen rajojen ulkopuolella. EU:n Direktiivi 2009/28/EY uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämisestä on asettanut yleiset puitteet bioenergian kestävyyskriteereille ja sen perusteella on hyväksytty joukko vapaaehtoisia järjestelmiä.² Euroopan Standardintokomitea (CEN) on kehittämässä standardeja, joiden perusteella voidaan ottaa huomioon sekä vaikutuksia luonnon monimuotoisuuteen (prEN 16214-3) että elinkaariarviointiin perustuvia kasvihuonekaasupäästöjä (prEN 16214-4).³ Tavoitteena on varmistaa, että biopolttoaineiden käyttö ei aiheuta merkittäviä haitallisia sivuvaikutuksia. Tästä on myös valmisteilla direktiivimuutos (KOM(2012) 595 lopullinen).

Strategian linjaukset metsäpohjaisen biomassan käyttöön

- ✓ *Pidetään kiinni metsähakkeen käytön 25 TWh:n tavoitteesta sähkön ja lämmön tuotannossa vuonna 2020. Monipolttoainekattiloissa metsähakkeen käyttö korvaa turpeen käyttöä.*
- ✓ *Edistetään metsäpohjaisen biomassan käyttöä kivihiilen korvaamiseksi siten, että kivihiilen voimalaitoskäyttö pääosin syrjäytyy vuoteen 2025 mennessä. Tavoitteen saavuttamiseksi varmistetaan energiatuen riittävyys investointien tekemiseen ja selvitetään tarve uusille tukijärjestelmille pellettien, torrefioidun puun tai muiden biomassapohjaisten jalosteiden käytön edistämiseksi kivihiilipölykattiloissa.*
- ✓ *Metsähakkeen käytön lisäämiseen tähtäävien ohjauskeinojen osalta huolehditaan, että ne ovat pitkäjänteisiä ja ennakoitavissa. Eri energiatukien vaikutusta puumarkkinoihin seurataan.*
- ✓ *Metsähakkeen korjuun ja kuljetuksen logistiikkaa kehitetään edelleen ja luodaan markkinaehtoisesti edellytykset kattaville ja kestäville toimitusketjuille.*
- ✓ *Edistetään lämpöyrittäjyyttä paikallisiin biomassoihin perustuvan energiantuotannon ja -käytön lisäämiseksi.*
- ✓ *Lisätään hajautetun energiantuotannon osuutta uusiutuvan energian tuotannossa. Kansallista energia- ja aluepolitiikkaa sekä niihin liittyviä edistämistoimia suunniteltaessa otetaan huomioon hajautetun energiantuotannon käytön ja jakelun kehittäminen sekä innovatiiviset lähiritkaisut.*
- ✓ *Lisätään biopolttoaineiden ja -nesteiden tuotantoa. Edistetään niiden käytön testausta ja käyttöönottoa mm. laiva- ja lentoliikenteessä IMO:n, ICAO:n ja EU:n määräyksiin ja päästökauppajärjestelmän haasteisiin vastaamiseksi.*

² http://ec.europa.eu/energy/renewables/biofuels/sustainability_schemes_en.htm (Viitattu 16.2. 2013).

³ <http://www.cen.eu/cen/Sectors/Sectors/UtilitiesAndEnergy/Fuels/Pages/Sustainability.aspx> (Viitattu 15.2. 2013).

2.5.2 Peltobiomassa ja lanta

Kehitys, joka lisää paineita kehittää resurssi- ja energiatehokkaita keinoja lannan ja muiden jätteiden käsittelylle on ympäristövaikutusten kannalta myönteinen. Se voi osaltaan vähentää maatalouden ympäristökuormitusta sekä lisätä maatalouden tuottamiin biomassoihin sisältyvien raaka-aineiden hyötykäyttöä (Luostarinen ym. 2011). Hyölanta-hankkeessa on luotu perusta asian monipuoliselle tarkastelulle ja jatkokehittämiselle.⁴ Toteutuakseen toivottu kehitys vaatii todennäköisesti muutoksia maatalouden ympäristöohjauksessa sekä mahdollisesti myös jätelainsäädännössä.

Peltobiomassoja ja lantaa koskeva strategian linjaus

- ✓ *Maatalouspohjaisen biomassan energiakäytön edistämisessä painotetaan erityisesti muiden kuin ruoaksi käytettävien kasvien tai kasvinosien tuotantoa ja käyttöä sekä elintarvikeketjun sivujakeiden ja jätteiden (ml. lanta) käyttöä.*

2.5.3 Bioraaka-aineista valmistettu synteettinen maakaasu (bio-SNG)

Synteettisen maakaasun tuotannon ympäristövaikutukset määräytyvät käytettävien raaka-aineiden sekä tuotannon ja käytön laajuuden perusteella. Itse kaasun käyttö aiheuttaa vähän päästöjä, mutta raaka-ainetuotanto määrää kaasun päästökertoimet. Elinkaariperusteinen tarkastelu osoittaa, että bio-SNG valmistusprosessi tuottaa NO_x ja hiukkaspäästöjä sekä tuhkaa. Lisäksi puun muuntaminen kaasuksi merkitsee, että energiaa menetetään prosessissa. Tämän vuoksi bio-SNG:n käyttäminen esimerkiksi liikennepolttoaineena on parempaa kuin sen käyttö lämmitykseen, johon puuta voidaan käyttää myös suoraan (Felder ja Dones 2007).

Strategian linjaukset koskien synteettistä maakaasua

- ✓ *Tavoitellaan maakaasun käytön korvaamista noin 10 prosentilla kotimaisesta puusta valmistetulla synteettisellä maakaasulla vuoteen 2025 mennessä.*
- ✓ *Tuetaan mahdollisen bio-SNG-laitoksen rahoituksen saamista NER300-rahoituksen toiselta kierrokselta tai muista EU:n rahoituslähteistä.*

2.5.4 Bioenergian käytön kestävyys turvaaminen

Bioenergian uskottavuuden kannalta käytön kestävyys edistäminen on olennaista. Kestävyys on osittain kiistanalainen käsite ja tämän seurauksena kestävyyskriteerien muodostaminen ja soveltaminen ovat vaativia tehtäviä. Kansainvälinen kehitystyö tähtää kestävyyskriteerien määrittämiseen ja standardointiin.⁵ Vaikeutena on tunnistaa universaaleja kriteerejä. Koska olosuhteet poikkeavat toisistaan on mahdollista, että osa kriteereistä näyttää tukevan kestäviä ratkaisuja Suomessa, mutta ei muualla ja päinvastoin.

4

https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/tutkimus/Hankehaku/Hankeentiedot?p_kielikoodi=FI&p_hanke_segno=287703 (Viitattu 20.2. 2013)

⁵ http://ec.europa.eu/energy/renewables/biofuels/sustainability_schemes_en.htm (Viitattu 22.3. 2013).

Läpinäkyvän päätöksenteon kannalta yhtenäiset laskentasäännöt, joiden perusteella päästökertoimet muodostetaan, ovat tärkeitä. On kuitenkin todettava, että kestävä biomassan tuotanto ei sinänsä anna perusteita tulkita polttoa hiilineutraaliksi, sillä poltto on vain yksi mahdollinen käyttötapa biomassalle. Biomassan polttoa ei siten voi luonnontieteellisin perustein määrätä lähtökohtaisesti hiilineutraaliksi. Elinkaaritarkastelujen avulla voidaan sen sijaan arvioida eri bioenergian tuotanto- ja käyttömuotoihin liittyviä säteilypakotteita ja kehittää niitä bioenergian tuotanto- ja käyttömuotoja, joiden aiheuttamat säteilypakotteet ovat kaikkein pienimmät. Bioenergian muut kestävyyskriteerit voivat myös vaikuttaa kehityksen suuntaamiseen.

Bioenergiaa koskevat strategian linjaukset

- ✓ *Bioenergian käytön lisääminen Suomen tavoitteiden mukaisesti tulee tapahtua kestävästi siten, etteivät luonnon monimuotoisuuden suojelu, vesiensuojelu ja muut ympäristönsuojelun tavoitteet vaarannu. Bioenergian kestävyyteen liittyvästä sääntelystä tullaan päättämään EU:ssa, jotta voidaan saada aikaan toimiva eurooppalainen markkina.*
- ✓ *Bioenergiaa koskevien kestävyyskriteerien valmistelussa pyritään varmistamaan, että kriteerit eivät muodostu sellaisiksi, että ne vaarantaisivat tai estäisivät kestävien kotimaisten biomassojen käytön energiantuotannossa ja siihen liittyvissä tukitoimissa.*
- ✓ *Lisäksi pyritään varmistamaan, että kestävä biomassan poltto on päästölaskennassa myös jatkossa hiilineutraalia.*
- ✓ *Bioenergian käytön lisäämishankkeissa mahdolliset haitalliset ympäristövaikutukset ja elinkaariaikainen hiilitase tunnistetaan. Haitallisten ympäristövaikutusten ehkäisyyn panostetaan jo mahdollisimman aikaisessa vaiheessa.*

2.5.5 Tuulivoima

Tuulivoima on ympäristövaikutuksiltaan kiistanalainen ennen kaikkea maisemavaikutusten takia. Paikallisesti myös voimalaitosten ääni on koettu häiritseväksi. Lisäksi on tehty havaintoja siitä, että tuulivoimalat voivat aiheuttaa vaaraa erityisesti linnuille (European Wind Energy Association 2007). Ulkomerellä sijoitettavat merituulipuistot voivat ratkaista osan maisema- ja äänikysymyksistä, mutta monimuotoisuusvaikutuksia ne voivat jopa lisätä. Myös merenpinnan alaiset vaikutukset voivat muodostua merkittäviksi, jos suunnittelussa ei oteta riittävästi huomioon merenpinnan alaisia elinympäristöjä. Sijoituspaikan oikean valinnan avulla voidaan merkittävästi vähentää vedenpinnan ylä- ja alapuolisia kielteisiä ympäristövaikutuksia.

Yhdysvalloissa laaditun tutkimuksen mukaan nykyteknologian mukaiset tuulivoimalaitokset vaativat noin 750 tonnia materiaa/MW. Tästä suurin osa (lähes 80 %) on betonia (Wilburn 2011). Elinkaaritarkastelun perusteella rakentaminen ja siihen liittyvät kuljetukset aiheuttavat 74-90 % tuulivoimalan elinkaaren aikaisista päästöistä, käytöstä syntyy 7-12% ja purku aiheuttaa 3-14 % päästöistä (European Wind Energy Association, 2007).

Tuulivoimaa koskevat strategian linjaukset

- ✓ *Tuulivoimaloiden rakentamista joudutetaan kehittämällä suunnittelua ja lupamenetelyjä ja siten lupien saamista. Tuotantotavoitteeksi vuodelle 2025 asetetaan noin 9 TWh. Aiemmin asetettu tavoite vuodelle 2020 on 6 TWh.*
- ✓ *Jatketaan määrätietoisesti tuulivoiman investointeihin liittyvien esteiden poistamista. Selvitetään samalla keinoja, joilla voitaisiin edistää tuulivoimarakentamisen keskittämistä laajemmiksi kokonaisuuksiksi.*
- ✓ *Valmistellaan vuonna 2013 merituulivoimademonstraatiohankkeen edellyttämät säädösmuutokset ja tuettavan hankkeen valintamenettelyn periaatteet.*
- ✓ *Valmistellaan säädösmuutos, joka selkeyttää tuulivoimalle varatun kiintiön 2500 MVA jakoon liittyvää menettelyä.*
- ✓ *Tuulioloiltaan tuotannolle soveltuvia alueita on sisämaassa rajallinen määrä. Pidemmällä aikavälillä eri hallinnonalojen yhteiseksi keskeiseksi tavoitteeksi tulisi asettaa merituulipuistojen kestävä toteuttamisen edistäminen. Merituulipuistojen sijoitussuunnittelussa on hyödynnettävä vedenalaisesta luonnosta olevat tiedot ympäristöhaittojen ehkäisemiseksi sekä tiedot liikenneväylistä, laivaliikenteestä ja talvimerenkulun toiminta-alueista liikenneturvallisuuden huomioimiseksi.*

2.5.6 Jätteiden energiahyödyntäminen

Kaatopaikoille sijoitettavan jätteen määrän vähentäminen on luonnonvarojen järkipäisen käytön edistämiseksi hyvin perusteltu. Ympäristövaikutuksiin vaikuttaa se, miten ko. jätteitä käsitellään. Ympäristön kannalta myönteisimmät vaikutukset syntyvät silloin, kun vaatimukset johtavat jätteiden synnyn ehkäisyyn. Hyötykäytön edistäminen rajoittaa yleisesti kielteisiä ympäristövaikutuksia. Massapoltto, jossa energiantuotanto on toissijainen funktio, johtaa suhteellisesti suurempiin haitallisiin ympäristövaikutuksiin, jotka kuitenkin ovat selvästi pienempiä kuin kaatopaikkasijoituksessa. Vuonna 2011 Suomessa noin 22 % kotitalousjätteestä poltettiin ja yli 40 % päätyi kaatopaikoille. Mahdollisuuksia tehostaa jätteen energiahyödyntämistä on, sillä esimerkiksi Ruotsissa noin puolet kotitalousjätteestä käytettiin v. 2011 energiantuotantoon ja alle 1 % päätyi kaatopaikoille (Avfall Sverige 2012).

Strategian linjaukset jätteiden energiahyödyntämisestä

- ✓ *Kaatopaikoista aiheutuvien metaanipäästöjen vähentämiseksi biohajoavien ja muiden orgaanisten jätteiden sijoittamista tavanomaisen jätteen kaatopaikoille rajoitetaan edelleen.*
- ✓ *Uuden jätelainsäädännön toimeenpanolla tehostetaan jätteen synnyn ehkäisyä, edistetään kierrätystä ja jätteen käyttöä uusiomateriaalina sekä edistetään kierrätykseen ja materiaalihyötykäyttöön soveltumattoman jätteen energiahyödyntämistä jätteenpolttoa ja biokaasun tuotantoa lisäämällä.*

- ✓ *Selvitetään jätteelle käytössä olevien päästökerrointen ajanmukaisuutta ja tarkistamistarvetta.*
- ✓ *Jätteiden hyötykäytön lisääminen tulee sisällyttää osaksi maakunnallista suunnittelua.*

2.5.7 Turpeen käytön vähentämiseen ja soiden suojeluun liittyvät kysymykset

Turpeen käyttö on laajojen metsäojitusten vuoksi aiheuttanut merkittäviä ristiriitoja Suomessa. Turpeen käyttö energiantuotannossa on myös johtanut elinympäristöjen menetyksiin. Lisäksi turvetuotanto aiheuttaa pöly- ja meluhaittoja. Turpeen käytön vähentäminen estää siten verrattain suoraan haitallisia ympäristövaikutuksia syntymästä: kuormitus vesiin vähenee, ristiriidat monimuotoisuuden suojelutavoitteiden kanssa vähenevät ja pölyhaitat vähenevät. Samalla turvesoiden hiilivarastot säilyvät. Haittojen vähennyksen merkitys on riippuvainen energiaturpeen hankintakohteista, hankinta-alueiden jälkikäsitteystä sekä turvetta korvaavista polttoaineista (Hagberg ja Holmgren 2008). Jos turvetta korvataan fossiilisilla polttoaineilla, vesistö- ja monimuotoisuusvaikutukset vähenevät Suomessa, mutta muita haittavaikutuksia syntyy fossiilisen energian tuotantoalueilla. Kun puuta käytetään turpeen sijaan, soiden suojeluun kohdistuvat paineet vähenevät ja vesiensuojelu helpottuu paikallisesti. Tällöin kuitenkin puun käyttö kasvaa, mikä voi vaikeuttaa metsien monimuotoisuuden turvaamista.

Strategian linjaukset turpeen käytön vähentämiseen

- ✓ *Soiden ja turvemaiden käytön ja ennallistamisen ilmastovaikutuksiin liittyvää tutkimusta, seuranta- ja vaikutusten arviointia jatketaan ja tehostetaan, jotta voidaan vähentää turvemaihin liittyviä päästö- ja hiilinieluvävarmuuksia ja kohdentaa ilmastomuutoksen hillintään liittyvät toimenpiteet kustannustehokkaasti. Selvitetään mahdollisuudet ohjata energiaturpeen käytön vähentämistä erityisesti suurimmat elinkaaripäästöt tuottavaan turpeeseen ilman, että energiantuotannolle syntyy merkittäviä teknis-taloudellisia lisähaittoja.*
- ✓ *Turpeen energiakäyttöä vähennetään suunnitelmallisesti siten, ettei se korvaudu kivihieillä. Hallitus asettaa tavoitteeksi, että turpeen energiakäyttö vähenee kolmanneksella viime vuosien keskimääräisestä tasosta (23 TWh) vuoteen 2025 mennessä. Seuraavan 10 – 20 vuoden aikana kun nykyistä voimalaitoskantaa on käytössä, turvetta tarvitaan lämmityskaudella vähintään 11 – 13 TWh, koska se ei ole korvattavissa esimerkiksi metsähakkeella tai muulla uusiutuvalla polttoaineella. Lisäksi on turvattu kohtuullinen noin 6 – 8 TWh ylivuotinen turvevarasto sääriskien tasaamiseksi.*
- ✓ *Vuoden 2025 jälkeen turpeen energiakäyttöä on teknisesti mahdollista edelleen vähentää laitospölyn uusiutuessa ja teknisten korjausten myötä. Samalla on huomioitava vaihtoehtojen polttoaineiden saatavuus ja mitoittettava ohjaustoimet siten,*

ettei turve korvaudu fossiilisilla polttoaineilla eikä kaukolämmön hinta kohtuuttomasti nouse.

- ✓ *Turvetuotanto kohdennetaan valtioneuvoston soiden ja turvemaiden kestävästä ja vastuullisesta käytöstä tehdyn periaatepäätöksen mukaisesti. Soiden luonnontilaisuusasteikkoa sovelletaan ensisijaisesti niille soille, jotka hankitaan turvetuotantoon valtioneuvoston periaatepäätöksen antamisen jälkeen. Hallitus pyrkii kuitenkin ohjaamaan uuden turvetuotannon luonnontilaisuusluokkiin 0-2 (poikkeuksellisesti 3) kuuluville soille ja edistämään näiden soiden saamista tuotantoon mm. varmistamalla lupakäsittelyn nopeus. Hallitus edistää myös järjestelyitä, joilla luokkien 4-5 vanhat reservisuot pyritään vaihtamaan toisiin tuotantoalueisiin tai lunastetaan suojelualueiksi.*

2.6 Eurooppalaisen ja kansallisen energiamarkkinakehityksen edellyttämät toimet

2.6.1 Pohjoismainen vähittäismarkkinakehitys

Pohjoismaisella energiamarkkinoiden aktiivinen kehittäminen johtaa välillisiin ympäristövaikutuksiin, jotka todennäköisesti ovat myönteisiä. Yhteiset tehokkaat markkinat vähentävät kannustimia tehdä ylisuuria energiatuotannon investointeja ja säästävät siten luonnonvaroja. Ongelmia syntyisi vain, mikäli laajentuneet markkinat suosisivat ympäristövaikutuksiltaan erityisen ongelmallisia energiantuotantomuotoja. Ongelmat ovat vältettävissä varmistamalla, että energiantuotannon muu ympäristösäätely on ajan tasalla.

Strategian pohjoismaista vähittäismarkkinakehitystä koskeva linjaus

- ✓ *Suomi tukee jatkossakin pohjoismaisen sähkömarkkinan (ml. vähittäismarkkinan) kehittämistä kohti yhteistä, tehokasta markkinaa. Suomi ei kuitenkaan tässä vaiheessa ole valmis siirtymään ehdotettuun, pakolliseen yhden laskun malliin.*

2.6.2 Sähkön kulutuksen jousto ja kapasiteettimarkkinat

Sähkön kulutuksen joustolla on välillisiä ympäristövaikutuksia, ja jouston lisäämisellä on todennäköisesti myönteisiä ympäristövaikutuksia. Kulutuksen sääntely ja joustavuus tukee energian ja luonnonvarojen säästöä. Tehoreservin säännöllinen arviointi varmistaa myös sen, ettei rakenneta ylisuurta kapasiteettia, joka kuluttaa luonnonvaroja turhaan.

Sähkön kulutuksen joustoa ja kapasiteettimarkkinoita koskevat linjaukset

- ✓ *Lisätään kulutuksen kykyä joustaa tuotannon mukaan, jatketaan älyverkkojen rakentamista, luodaan edellytyksiä markkinaehtoiseen tuotantokapasiteetin rakentamiseen ja edistetään markkina-alueiden integrointia entistä tiiviimmin yh-*

teen. Nämä periaatteet palvelevat yleisemminkin sähkömarkkinoiden kehitystarpeita.

- ✓ *Nykyisen tehoreservin tarpeellisuutta arvioidaan aika ajoin. Jos EU:n alueella kaikesta huolimatta kehitetään kapasiteettimarkkinoita, ne on pyrittävä saamaan mahdollisimman samankaltaisiksi keskenään. Suomi kannattaa sähköjärjestelmän pitämistä mahdollisimman markkinaehtoisena.*

2.6.3 Taso sähköverkkojen varmuudelle

Toimitusvarmuuden määrittely kannustaa sopeutumaan ilmastonmuutokseen ja vähentämään haavoittuvuutta erityisesti sään ääri-ilmiöille. Konkreettiset ratkaisut, kuten maakaapeleiden osuuden lisääminen jakeluverkossa, voivat vaikuttaa myönteisesti maisemiin.

Sähköverkkojen varmuutta koskeva linjaus

- ✓ *Keväällä 2013 annettavassa sähkömarkkinalakiesityksessä määritetään periaatteet jakelu-, alue- ja kantaverkon toimitusvarmuudelle sekä varautumiselle poikkeuksellisiin tilanteisiin.*

2.6.4 Kantaverkon kehittäminen siten, että Suomi pysyy yhtenä hinta-alueena

Hinta-alueen laajuudella ei sinänsä ole merkittäviä ympäristövaikutuksia.

Kantaverkkoa koskeva linjaus

- ✓ *Suomen kantaverkkoa on kehitettävä niin, että koko maa voidaan pitää yhtenäisenä markkina-alueena. Suomen sähkömarkkinoiden jakaminen useaan hinta- tai tarjousalueeseen ei ole tarkoituksenmukaista, vaan maan sisäiset pullonkaulatilanteet on pyrittävä hoitamaan sähköverkon siirtokapasiteettia kehittämällä ja vastakaupoilla. Työ- ja elinkeinoministeriö seuraa maan sisäisten pullonkaulojen kehittymistä ja voi tarvittaessa arvioida hinta-aluejaon tarvetta uudelleen.*

2.6.5 Pienimuotoisen sähköntuotannon edistäminen

Pienimuotoinen sähköntuotannon edistäminen kannustaa pientuottajia tuottamaan ja tuomaan markkinoille sähköä. Edistämällä uusiutuvien energiavarojen käyttöä pientuotanto voidaan vähentää fossiilisten polttoaineiden käyttöä ja niihin liittyviä ympäristövaikutuksia. Hajautettu pientuotanto voi myös lisätä energiatuotannon joustavuutta (Saari ja Alanne 2006, Banks ym. 2011, Airaksinen ym. 2013). Samalla pientuotantoon liittyy myös kielteisiä vaikutuksia, kuten tuulivoiman maisemavaikutukset, pienvesivoimalaitosten aiheuttamat kalojen vael-

lusesteet sekä tuotantoyksiköiden luonnonvarojen kulutus, joka voi olla moninkertainen verrattuna suurten yksiköiden kulutukseen, kun kulutus lasketaan kapasiteettiyksikköä kohti.

Pientuotannon kielteisiin ympäristövaikutuksiin liittyy usein mittakaavakysymys: niin kauan kuin toiminta toteutetaan pienessä mittakaavassa ja harvassa, kielteiset ympäristövaikutukset voivat jäädä merkityksettömiksi. Kun toiminta laajenee, voidaan törmätä kynnsarvoihin, joiden ylitys johtaa kielteisten vaikutusten merkityksen nopeaan kasvuun. Esimerkiksi tuuli-voiman tuotannon laajentuessa kielteisiksi koetut vaikutukset kasvavat nopeasti.

Pientuotanto voi osoittautua tärkeäksi lisäkannustimeksi nolla- tai lähes nolla-energiarakentamisessa, jotka osaltaan vähentävät energiatuotannon haitallisia ympäristövaikutuksia. Rakentamisessa toinen merkittävä ulottuvuus on käytetyt materiaalit ja niiden määrä (Anderson 2011). Painottamalla uusiutuvia materiaaleja ja materiaalien tehokasta käyttöä voidaan vähentää myös luonnonvarojen käyttöön liittyviä haitallisia ympäristövaikutuksia. Elinkaaritarkastelu on tehokas työväline merkittävimpien toimenpiteiden suunnitteluun.

Strategian pienimuotoista sähköntuotantoa koskevat linjaukset

- ✓ *Velvoitetaan verkkoyhtiö ratkaisemaan pientuottajan liittymiseen liittyvät seikat annetun aikajänteen puitteissa.*
- ✓ *Luodaan yksinkertaiset liittymistä ja verotusta koskevat menettelyt sekä yhtenäiset ohjeistukset pientuottajan sähköntuotannon myymiselle, hinnoittelulle ja laskutusmenettelylle vuoden 2013 aikana.*
- ✓ *Julkaistaan Energiamarkkinaviraston sähkön hintavertailupalvelun yhteydessä tiedot sähköyhtiöistä, jotka ostavat pientuottajien sähköä.*
- ✓ *Listataan Suomessa tarjolla olevat sähkön pientuotannon teknologiat ja toimittajat.*
- ✓ *Hallitus arvioi pientuotannon ylijäämänsähkön markkinoiden kehitystä vuoden 2013 aikana. Hallitus valmistelee tarvittaessa esityksen ostovelvoitteesta. mikäli yllä mainitut toimet osoittautuvat riittämättömiksi eikä voida varmistua siitä, että pientuottajan ylijäämänsähkölle löytyy markkinoilla ostaja riittävän helposti.*
- ✓ *Asetetaan työryhmä selvittämään mahdollisuudet edistää pientuotantoa. Työryhmän tehtävänä on arvioida pientuotannon roolia uusiutuvan energian sekä erityisesti rakennusten energiatehokkuuden edistämässä ml. lähes nollaenergia- ja nollaenergiarakentaminen. Lisäksi työryhmän tehtävänä on pohtia toimenpiteitä pientuotannon kannattavuuden edistämiseksi ottaen huomioon erityisesti mahdollisuudet pientuotannon verohuojennusten laajentamiseen ja pientuotannon laiteinvestointien tukemiseen.*

2.6.6 Maakaasun aseman turvaaminen ja maakaasun älykäs mittaus

Fossiilisista polttoaineista maakaasu aiheuttaa vähiten haitallisia päästöjä ilmaan. Laivaliikenteessä siirtyminen LNG:hen vähentäisi merkittävästi happamoittavia päästöjä ja hiukkas-

päästöjä ja ratkaisee siten ne ongelmat, jotka liittyvät rikkipäästöjä koskevan IMO-päätöksen ja rikkidirektiivin toimeenpanoon (Andersen ym. 2011).

Strategian maakaasua koskevat linjaukset

- ✓ *Hallituksen EU-ministerivaliokunta on 13.6.2012 linjannut: Kaasumarkkinoiden toimivuuden, kaasun hinnan vakauden ja kaasun toimitusvarmuuden parantamiseksi edistetään järjestelyjä, joilla luodaan kilpailevaa kaasuntarjontaa ilman kansallisia tukia. Suomenlahden rannikolle sijoittuva LNG-terminaalihanke sekä Balticconnector -hanke sisällytetään EU:n infrapaketin mukaiselle Project of Common Interest (PCI) listalle yhdessä Viron kanssa, jotta hankkeen baltialaiset ja/tai suomalaiset osapuolet (yhtiöt) voivat hakea siihen EU-rahoitusta*
- ✓ *Maakaasun toimitusten älykästä mittausta ei ole tässä vaiheessa tarkoituksenmukaista edistää velvoittavilla säännöksillä.*

2.7 Kaukolämpö sekä sähkön ja lämmön yhteistuotanto

Sähkön ja lämmön yhteistuotanto on ollut ekotehokas ratkaisu taajama-alueilla, ja se on vähentänyt monia energiatuotannon haitallisia ympäristövaikutuksia. Strategian linjaukset pyrkivät varmistamaan, että kokonaisratkaisut säilyvät ekotehokkaina myös jatkossa. Selvityksessä tulee, kuten muissakin vastaavanlaisissa tarkasteluissa, tarkastella eri vaikutuksia kokonaisvaltaisesti. Pitkän aikavälin kehityksen tarkastelu on vaativa tehtävä, kun energian tuotannon päästökertoimet, tuotantorakenne sekä asuntokannan kulutusrakenne muuttuvat. Myös lämmityksen, jäähdytyksen ja sähkön yhteistuotannon optimointi vaatii uudentyypisiä analyysityökaluja (Rosen ym. 2005, Smith et al. 2012).

Kaukolämpöä sekä sähkön ja lämmön yhteistuotantoa koskevat linjaukset

- ✓ *Turvataan myös jatkossa lämmitystapojen kilpailu keskenään, kun kuluttaja tai rakennuttaja tekee lämmitystapavalintoja. Myös ympäristöperusteisessa sääntelyssä tämä näkökohta otetaan huomioon.*
- ✓ *Kaukolämmön myyjien on turvattava luottamus hinnoitteluun ja avoimuuteen.*
- ✓ *Tässä vaiheessa ei ole tarpeen luoda hintavalvontaan liittyvää erityissääntelyä.*
- ✓ *Tehdään energiatehokkuusdirektiivin edellyttämä kattava selvitys tehokkaan yhteistuotannon ja tehokkaan kaukolämmön ja -jäähdytyksen hyödyntämismahdollisuuksista vuoden 2015 loppuun mennessä. Varmistetaan edellä mainitussa selvityksessä kustannustehokkaiksi todettujen investointien toteuttamisedellytykset säännöksillä tai luomalla kannusteita energiayhtiöiden, kuntien ja teollisuuden yhteistyölle.*

2.8 Kuluttajat ja kuluttajatoimien ohjaus

Suuri osa strategian kuluttajia koskevista linjauksista edellyttää lisäselvityksiä ennen kuin voidaan toteuttaa varsinaisia toimenpiteitä. Yksityiskohdat määräävät myös ympäristövaikutusten laajuuden ja merkityksen. Ennakoitavissa olevissa toimenpiteissä on monta, joilla todennäköisesti on myönteisiä ympäristövaikutuksia. Esimerkiksi Helsingin kaupunkisuunnitteluviraston teettämän selvityksen havainnot siitä, että pyöräilyn edistäminen voi olla erittäin kustannustehokasta (WSP Finland 2013), viittaavat siihen, että kulutusta ohjaamalla voidaan saavuttaa merkittäviä myönteisiä ympäristövaikutuksia.

Strategian linjaukset eivät todennäköisesti johda toimenpiteisiin, joilla olisi merkittäviä kielteisiä ympäristövaikutuksia, mutta jos toimenpiteet jäävät heikoiksi, myös myönteiset vaikutukset voivat jäädä toteutumatta. Toimenpiteiden suunnittelua tukevissa selvityksissä on tämän vuoksi tärkeää tarkastella myös missä määrin muut ohjauskeinot ja yleinen yhteiskunnallinen kehitys tuottavat kuluttajille vastakkaisia kannustimia niille, joita tavoitellaan energia- ja ilmastostrategian linjauksissa.

Strategian linjaukset, jotka koskevat kuluttajia ja kulutusta tähtäävät laaja-alaiseen vaikutukseen kulutuksen eri osa-alueilla

- ✓ *Kootaan yhteen neuvontaa, työkaluja ja parhaita käytäntöjä kulutuksen energia- ja materiaalitehokkuuden parantamiseksi sekä uusiin ratkaisuihin kannustamiseksi.*
- ✓ *Kehitetään asumisessa, ravitsemuksessa ja liikkumisessa julkista ohjausta tavoitteena kannustaa kuluttajia tekemään valintoja, jotka vähentävät kasvihuonekaasupäästöjä.*
- ✓ *Joukkoliikenteestä luodaan yhtenäinen palvelukokonaisuus, joka sisältää käyttäjäystävällisen, yhteen toimivan maksu- ja informaatiojärjestelmän.*
- ✓ *Selvitetään joukkoliikenteen rahoituksen tarkoituksenmukaista kohdistamista lisäämään järjestelmän tehokkuutta ja kannustavuutta.*
- ✓ *Määritellään liikenteen hinnoittelun pitkän aikavälin strategia. Osana strategiaa tarkastellaan erilaisten tienkäyttömaksujen mahdollista käyttöönottoa.*
- ✓ *Tehdään työperäisten liikenteeseen liittyvien etujen ja taloudellisten kannusteiden kokonaisuudistus tavoitteena ohjata ja kannustaa käyttämään joukkoliikennettä, kävelyä ja pyöräilyä silloin kun se on käytännössä mahdollista. Työmatkalippua kehitetään helppokäyttöisemmäksi ja sen houkuttelevuutta parannetaan.*
- ✓ *Vaikutetaan kestävien kulkumuotojen valintaan ja kansalaisten liikkumistarpeeseen tukemalla tiedotusta, markkinointia ja liikkumisen ohjaustyötä sekä hyödyntämällä tieto- ja viestintäteknologiaa.*

2.9 Maatalous ja ruoka

Maatalous ja ruuankulutus aiheuttavat kasvihuonekaasupäästöjen lisäksi merkittäviä muita ympäristövaikutuksia sekä Suomessa että maamme rajojen ulkopuolella (Risku-Norja 2011).⁶ Strategian linjaukset heijastuvat pitkällä aikavälillä näihin vaikutuksiin. Linjausten toimeenpano edellyttää selvityksiä ja tutkimusta, jossa otetaan huomioon eri ympäristövaikutuksia. Elinkaaritarkastelun avulla voidaan kartoittaa kytkentöjä eri ympäristövaikutusten välillä (Seppälä ym. 2011). Tämän lisäksi on perusteltua selvittää kuluttajatutkimuksen menetelmien avulla miten ja miksi muutokset kuluttajavalinnoissa toteutuvat (Straughan ja Roberts 1999).

Strategian maataloutta ja ruokaa koskevat linjaukset

- ✓ *Ilmastomuutoksen hillitsemiseen liittyvät toimet suunnitellaan ja toteutetaan niin, etteivät ne vaaranna kotimaista maataloutta tai globaalia ruokaturvaa.*
- ✓ *Toimien oikeaksi kohdentamiseksi lisätään tutkimusta maankäytön ja maatalouden päästöistä sekä erityisesti tehokkaista päästövähennyskeinoista.*
- ✓ *Vähennetään ruokahävikkiä elintarvikeketjun joka vaiheessa ja korostetaan ruokavaliintojen merkitystä kasvihuonepäästöjen vähentämiseksi. Erityisesti kuluttajat ovat tässä tärkeässä roolissa.*
- ✓ *Maatalouspohjaisen biomassan energiakäytön edistämässä ja kehittämisessä painopiste on muissa kuin ravinnoksi käytettävissä biomassoissa.*
- ✓ *Edistetään toimia, joilla kehitetään suljettuja ravinne- ja ainekiertoja maatalouspohjaisessa energiatuotannossa.*

3 Puhtaan teknologian liiketoiminnan kehittäminen

3.1 Energia- ja ilmastokysymyksiin liittyvä innovaatiopolitiikka

Ilmasto- ja energiakysymysten ratkaisemiseksi tarvitaan uusia, aikaisemmista täysin poikkeavia ratkaisuja. Uusiin ilmasto- ja energiaratkaisuihin liittyy väistämättä myös uusia ympäristövaikutuksia. Koska uusia kulutusta ja tuotantoa uudistavia ratkaisuja on toteutettava suuressa mittakaavassa tai laajasti hajautettuina ratkaisuina, jotta ne vaikuttaisivat kasvihuonekaasupäästöihin olennaisesti, niillä on väistämättä myös muita merkittäviä ympäristövaikutuksia. Tämän vuoksi on tarpeellista edellyttää laaja-alaista teknologia-arviointia innovaatioiden kehittämisessä. Vaikutukset voivat olla paikallisia, kuten kotimaisen uusiutuvan energian tuotannossa, tai globaaleja, kuten kilpailussa ruuantuotannon ja energiantuotannon välillä (Murphy ym 2011).

Strategian innovaatiopoliittiset linjaukset

⁶ <http://www.ymparistopassi.fi/valmennus.php?k=21604> [Viitattu 27.1. 2013]

- ✓ *Suunnataan olemassa olevia innovaatioihin liittyviä rahoitusmekanismeja uusiutuvaan energiaan ja puhtaaseen teknologiaan (cleantech). Rahoituksen suuntauksessa huomioidaan kansallisen energiatalouden lisäksi globaalit megatrendit sekä matalahiilitavoitteiden ja tiekarttojen toteutusmahdollisuudet.*
- ✓ *Kehitetään innovaatioita tukevia politiikkatoimia, kuten markkinaehtoisia ohjauskeinoja, standardointia ja innovaatioiden lisäämistä hankinnoissa. Parannetaan elinkeinoelämän ja hallinnon vuoropuhelua säädöstyössä yhteisen foorumin avulla.*
- ✓ *Suomi pyrkii edelläkävijäksi cleantechin kokonaisvaltaisessa hyödyntämisessä kaupunkiympäristöissä. Välineitä ovat mm. Inka-ohjelma ja kasvusopimukset, joista osa keskittyy erityisesti uusiutuvaan energiaan ja energiatehokkuuteen.*

3.2 Tutkimus ja tuotekehitys

Tutkimus ja tuotekehitys avaavat mahdollisuuksia kehittää nykyisiä energia- ja tuotantojärjestelmiä ekotehokkaimmiksi. Toteutuessaan strategian linjaukset voivat vähentää merkittävästi energiatuotannon ympäristövaikutuksia. Linjausten mukaisilta toimenpiteiltä tulee soveltuvien osien edellyttää ympäristövaikutusten tarkastelua. Toimenpiteet, jotka lisäävät energia- ja materiaalitehokkuutta vähentävät yleensä haitallisia ympäristövaikutuksia, mutta erityisesti säätö- ja varavoimaan voi liittyä myös vaikutuksia, joiden välttäminen edellyttää kattavaa ympäristövaikutusten arviointia osana ratkaisujen suunnittelua.

Tutkimusta ja tuotekehitystä koskevat linjaukset

- ✓ *Selvitetään edellytyksiä perustaa tuulivoiman kansallinen osaamista kokoava konsepti tai tutkimusalusta, jolla tuetaan alan yritysten, viranomaisten ja tuulipuistojen ympäristöjen verkottumista ja alan liiketoiminnan kehitystä.*
- ✓ *Suomi toimii aktiivisesti valituissa TKI-hankkeissa EU-tasolla, mm. Set-Plan ja Horizon 2020 -instrumenteissa ja hakee aktiivisesti Euroopan komission rahoitusta cleantech-hankkeisiin.*
- ✓ *Panostetaan uusiin uusiutuvan energiantuotannon tuomiin markkina-avauksiin, kuten lisääntyvään säätö- ja varavoiman tarpeeseen, älyverkkoihin, uusiin liikenteen energiamuotoihin ml. polttokennot sekä metsäteollisuuden uudistumista tukeviin teknologioihin.*
- ✓ *Panostetaan älykkäiden energiaverkkojen kehitykseen ja demonstrointiin sekä edistetään uusien ICT-pohjaisten energiatehokkuustuotteiden markkinoille tuloa.*
- ✓ *Panostetaan energia- ja materiaalitehokkaisiin tuotteisiin, palveluihin ja toimintatapoihin sekä näiden tuoman kilpailuedun realisoimiseen.*

- ✓ *Päästökauppadirektiivin mukaan osa päästöoikeuksien huutokauppataloista tulisi käyttää muun muassa vähähiilisen teknologian kehittämiseen ja käyttöönottoon.*

3.3 Kotimarkkinoiden kilpailukyky ja kehitys

Uusiutuvan energian ja cleantech-hankkeiden rahoitusaseman muutoksilla ei ole välittömiä ympäristövaikutuksia. Parantamalla näiden hankkeiden rahoitusasemaa, voidaan kuitenkin edistää ekotehokkaita innovaatioita. Eri maista on löydettävissä hyviä esimerkkejä ympäristöinnovaatioiden edistämisestä (Hytönen 2011). Rahoitusehdoilla voidaan puolestaan viestittää toimijoille toivottavasta kehityssuunnasta. Sisällyttämällä vaatimuksia ympäristövaikutusten monipuolisesta tarkastelusta rahoitusehtoihin voidaan välttää tilanteita, joissa uusiutuvan energian kehittäminen osoittautuu muiden ympäristövaikutusten kannalta ongelmalliseksi sekä tukea hankkeita, joilla on monipuolisia ympäristöhyötyjä. Kotimarkkinat voivat toimia uusien ratkaisujen kehittämisalueena, ja menestyminen kotimarkkinoilla lisää todennäköisyyttä menestyä kansainvälisesti.

Strategian kotimarkkinoiden kilpailukykyä koskeva linjaus

- ✓ *Kehitetään uusiutuvan energian ja cleantech-hankkeiden rahoitusasemaa mm. valtiotakausjärjestelmien ja valtion rahoitusyhtiöiden toimintamallien osalta sekä edistämällä piensijoittajien mahdollisuuksia sijoittaa energia-alalle.*

3.4 Kaupallistamisen ja kansainvälistymisen tukeminen

Aktiivinen pyrkimys kansainvälistämiseen ja ratkaisujen vieminen kehitysmaihin voi olla sopusuhteissa muiden ympäristötavoitteiden kanssa. Suomella on kuitenkin myös huonoja kokemuksia ympäristöasioiden hallinnasta kehitysyhteistyössä (Kääriä ym. 2006). Suomessa kehitettyjen ratkaisujen vieminen kehitysmaihin on vaativa tehtävä. Onnistumisen kannalta on tärkeää, että tuki cleantechille ja uusiutuvan energian alojen edistäminen samalla asettaa vaatimuksia paikallisten olosuhteiden selvittämiseksi ja mahdollisten paikallisten ympäristövaikutusten ennakoimiseksi ja rajoittamiseksi. On tärkeää, että cleantech ja uusiutuvan energian edistämisessä kehitysyhteistyössä otetaan huomioon myös keskeiset kehityspoliittiset tavoitteet, kuten köyhyyden vähentäminen (Salminen ym. 2012).

Seuraavat strategian linjaukset kehitysyhteistyötä ovat merkittävä ympäristövaikutusten kannalta

- ✓ *Tavoitellaan Suomen energiateknologiaviennin kasvua 20 mrd euroon vuoteen 2020 mennessä ja cleantech-viennin kasvua 38 mrd euroon vuoteen 2020 mennessä. Tulokset edellyttävät uusiutuvan energian ja cleantech-alan noin 12 % vientipainotteista vuosittaista kasvua vuoteen 2020 asti. Viennin seuranta organisoidaan sopivan tahon, esimerkiksi tullin kautta.*
- ✓ *Hyödynnetään Suomen kehitysyhteistyön yksityisen sektorin instrumentteja ja ohjelmia yritysten liiketoiminnan tukemiseksi cleantechin ja uusiutuvan energian aloilla.*

- ✓ *Lisätään cleantech-näkökulman huomiointia eri alojen koulutuksessa, tutkimuksessa ja henkilöstön osaamisessa*

3.5 Demonstraatioiden edistäminen

Demonstraatioilla on kiistaton merkitys uusien ratkaisujen edistämisessä. Demonstraatioilla ei itsessään ole juurikaan merkittäviä ympäristövaikutuksia. Koska demonstraatioiden tavoitteena on edistää ratkaisujen laajaa käyttöönottoa on tärkeää, että niissä seurataan myös muita ympäristövaikutuksia kuin kasvihuonekaasupäästöjä. Referenssihankkeiden kokoelmissa tulee siten olla tiedot myös muista merkittävistä ympäristövaikutuksista, kuten vaikutuksista luonnonvarojen käyttöön ja resurssitehokkuuteen, muihin päästöihin ja luonnon monimuotoisuuteen. Esimerkiksi Tanska on sisällyttänyt ympäristöseurannan ulkomeren tuulivoimaloiden demonstraatiohankkeisiin.⁷

Strategian demonstraatioita koskevat linjaukset

- ✓ *Selvitetään muiden kuin energiantuotantoon liittyvien, osaltaan ilmastonmuutosta ehkäisevien teknologioiden tukimuotojen tilanne ja soveltuvuus demonstraatioihin alan yritysten näkökulmasta.*
- ✓ *Globaaleja markkinoita omaaville energiamuodoille, kuten tuuli-, bioenergia-, aurinko-, liikenteen energiaratkaisuille ml. polttokennot ja aaltovoimalle perustetaan kansallisia testi- ja demonstraatioalustoja.*
- ✓ *Selvitetään mahdollisuudet tukea ulkomailla toteutettavia cleantech-yritysten demonstraatiohankkeita innovaatio-, vienninedistämisen- ja kehitysyhteistyörahoitukseen liittyvien mekanismien kautta.*
- ✓ *Kerätään tietoa suomalaisten toimijoiden kotimaassa ja ulkomailla toteuttamista referenssihankkeista ja kootaan ne esille soveltuvalla tavalla hyödynnettäväksi markkinoinnissa.*

4 Julkisen sektorin toiminta sekä alueellinen ja kuntatason toiminta

Julkisella sektorilla on erityinen vastuu osoittaa, että eri ympäristövaikutuksia otetaan monipuolisesti huomioon. Linjausten mukaiset toimenpiteet tuottavat helposti myös muita ympäristöhyötyjä, kuten Helsingin kaupungin pyöräily selvitys osoittaa (WSP Finland 2013). Julkisen ja yksityisen sektorin yhteishankkeiden merkitystä on korostettu esimerkiksi Hinkukunnissa⁸ ja Sitran resurssiviisaus-hankkeessa⁹. Merkittävimmät ympäristöhyödyt liittyvät

⁷ Frontpage-Supply-Renewable energy- Wind Power- Offshore Wind Power- Environmental impacts <http://www.ens.dk/en-US/supply/Renewable-energy/WindPower/offshore-Wind-Power/Environmental-impacts/Sider/Forside.aspx> [Viitattu 27.1. 2013]

⁸ <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=26610&lan=FI> (Viitattu 27.1. 2013)

⁹ <http://www.sitra.fi/resurssiviisaus> (Viitattu 27.1. 2013)

resurssitehokkuuteen ja ympäristöpaineiden vähentämiseen mm. maankäytön suunnittelun avulla. Esimerkiksi ERA-17-ohjelmassa näitä tavoitteita edistetään¹⁰. Mm. Oulu on omassa ERA-17 hankkeessaan hahmottanut, miten tavoitteet ovat toteutettavissa paikallisesti (Oulun kaupunginhallitus 2012).

Strategian julkista sektoria koskevat linjaukset

- ✓ *Kannustetaan julkisen sektorin toimijoita vähentämään hankintojen sekä oman toiminnan kasvihuonekaasupäästöjä sekä parantamaan energiatehokkuutta.*
- ✓ *Edistetään ilmastotavoitteiden saavuttamista yhteistyössä julkisen sektorin sekä koko tuotanto- ja palveluketjun kanssa mm. kehittämällä uusia toimintatapoja, sosiaalisia ja teknologisia innovaatioita sekä kokeiluja.*
- ✓ *Edistetään kaupunkiseuduilla ja taajamissa yhdyskuntarakenteen eheyttämistä osana laadukkaan elinympäristön suunnittelua. Vähennetään henkilöautoriippuvuutta ohjaamalla kaavoituksella rakentamista kävely-, pyöräily- ja joukkoliikennevyöhykkeille. Liikenteeseen suunnattavia resursseja kohdistetaan pieniin kustannustehokkaisiin kehittämistoimiin, jotka edistävät joukkoliikennettä, kävelyä ja pyöräilyä.*
- ✓ *Kannustetaan kuntia energiatehokkaiden ja laadukkaiden yhdyskuntien suunnitteluun ja kehitetään tavoitteita palvelevia suunnittelu- ja arviointivälineitä.*
- ✓ *Suurten kaupunkiseutujen yhdyskuntarakenteen eheyttämistä ja seudullisen maankäytön ja liikennejärjestelmän yhteensovittamista tehostetaan MAL-aiesopimuksilla sekä tarvittaessa lainsäädännön muutoksilla. MAL-aiesopimusmenettelyn sitovuutta parannetaan vahvistamalla palvelurakenteiden ja elinkeinoelämän toimintaedellytysten huomioon ottamista. Vähähiilisen talouden edistäminen on myös yksi tulevan rakennerahasto-ohjelman 2014–2020 painopisteistä.*
- ✓ *Toteutetaan kuntien ja valtion yhteistyönä kokeiluhankkeita kestävien liikkumisratkaisujen edistämiseksi (esimerkiksi korkeatasoiset pyörätiet pyöräilyn mahdollisuuksien esiin tuomiseksi ja imagon nostamiseksi kaupunkikeskustoissa).*
- ✓ *Tehostetaan valtionhallinnon organisaatioiden ympäristöasioiden johtamista ja arviointeja asettamalla kunnianhimoisia energia- ja ympäristötavoitteita, seuraamalla niiden saavuttamista osana valtionhallinnon taloussuunnittelua sekä vahvistamalla verkostoitumista.*
- ✓ *Laaditaan valtioneuvoston periaatepäätös julkisten hankintojen suuntaamisesta tukemaan innovatiivisten ja kestävien cleantech-ratkaisujen (kuten energia- ja materiaaltehokkuus sekä uusiutuva energia) kehittämistä ja kotimarkkinareferenssejä. Tavoitteen saavuttamiseksi tuetaan Kestävien hankintojen neuvontapalvelua, kehitetään riskirahoitusinstrumentteja ja valitaan edelläkävijäkuntia.*

¹⁰ <http://era17.fi/> (Viitattu 27.1. 2013)

- ✓ *Valmistellaan valtionhallinnon organisaatioille asetettavat kuljetuksia koskevat vuositteiset päästömäärätavoitteet, jotka ohjaavat organisaatioiden ajoneuvohankintoja ja kuljetusten järjestämistä.*
- ✓ *Vahvistetaan alueellisen ilmastotyön päästölaskennan koherenssia ja ilmastomuutokseen sopeutumisen tarkastelujen yhdenmukaisuutta sekä tulosten hyödyntämismahdollisuuksia kansallisen ilmastopolitiikan seurannassa.*
- ✓ *Vahvistetaan aluetasolla ilmastotyön ja kestävän kulutuksen kytkentöjä mm. kehittämällä työkaluja kuntien ja kuntalaisten energia- ja materiaalitehokkaiden valintojen tueksi.*
- ✓ *Jatketaan selvitystyötä mahdollisuuksista hyödyntää kotimaassa toteutettavia kustannustehokkaita päästövähennyshankkeita ja/tai -ohjelmia päästökauppasektorin ulkopuolella. Selvitetään mahdollisuutta osallistua rahoitukseen ja käynnistää pilottivaihe näiden toteuttamiseksi.*

5 Ilmastomuutokseen sopeutuminen

Sopeutuminen ilmastomuutoksen voi aiheuttaa merkittäviä ympäristövaikutuksia. Ns. kova tai harmaa sopeutuminen perustuu ilmaston ääri-ilmiöitä kestäviin rakenteisiin, joita rakennetaan tai saadaan vahvistamalla nykyisiä. Pehmeällä tai vihreällä sopeutumisella pyritään lisäämään joustavuutta tai vähentämään haavoittuvuutta käyttämällä esimerkiksi maankäytön suunnittelua, viherrakentamista tai suunnittelemalla rakennuksia uudella tavalla.

Kovan sopeutumisen rakennelmat kuluttavat luonnonvaroja ja voivat muuttaa maisemia ja elinympäristöjä. Esimerkiksi Skotlannin hallitus on laatinut omasta sopeutumisohjelmastaan ympäristöarvion tarkastelemalla jokaisen sektorin uhkia ja mahdollisuuksia (The Scottish Government 2010, 2012). Ympäristöarvio vaikuttaa uuden ohjelman suunnitteluun.¹¹

Suomessa sopeutumisohjelman päivitykseen kuuluu myös ympäristöarvio, jonka avulla on mahdollista suunnata sopeutumistoimenpiteet siten, että ne ovat sopusoinnussa ilmastomuutoksen hillintätavoitteiden sekä muiden ympäristötavoitteiden kanssa sekä säästävät luonnonvaroja. Esimerkiksi hulevesien hallinnassa on mahdollisuuksia yhdistää ”kovia” ja ”pehmeitä” sopeutumiskeinoja (Suomen Kuntaliitto 2012).

Strategian linjaukset sopeutumisen edistämiseksi

- ✓ *Vahvistetaan sopeutumisstrategian päivittämisessä sopeutumisen toimeenpanon konkreettista otetta, määritetään ilmastomuutoksen globaalien, alueellisten sekä paikallisten välittömien ja välillisten vaikutusten ja riskien merkittävyyttä sekä suun-
nataan toimia kustannustehokkaasti merkittävimpiin vaikutuksiin ja avaintekijöihin.*

¹¹ The Scottish Government. Strategic Environmental Assessment
<http://www.scotland.gov.uk/Topics/Environment/climatechange/scotlands-action/adaptation/AdaptationProgramme/Development/SEA> (Viitattu 27.1. 2013)

Selvitetään Suomeen kohdistuvia ilmastonmuutoksen epäsuoria vaikutuksia maailmalta.

- ✓ *Sopeutumisstrategian päivittämissä otetaan huomioon ilmastonmuutoksen sopeutumis- ja hillintätavoitteiden ja -toimien mahdolliset synergiat sekä ristiriitaisuudet.*
- ✓ *Selvitetään mahdollisuuksia sopeutua ennakoitua rajumpaan ilmastonmuutokseen sekä tuetaan eri toimialojen varautumista sään ääri-ilmiöiden runsastumiseen.*
- ✓ *Kehitetään yhteiskunnan sopeutumisvalmiuksien parantamiseksi riskien arviointimenetelmiä ja haavoittuvuustarkasteluja, myös alue- ja paikallistasolla.*

6 Yhteenveto strategian vaikutuksista ilmansaasteiden päästöihin

Tässä luvussa esitetään arviot energia- ja ilmastostrategian perusskenaarion ja tarkennetun perusskenaarion mukaisen kehityksen vaikutuksista merkittävimpien ilmansaasteiden päästöihin. Tarkastelussa ovat mukana happamoitumista ja rehevöitymistä aiheuttavat rikki- ja typpipäästöt, ihmisten terveydelle haitalliset pienhiukkaspäästöt (PM2.5) sekä ilmakehää lämmittävät mustahiilipäästöt. Pienhiukkasille on arvioitu lisäksi primääristen hiukkaspäästöjen aiheuttamia vaikutuksia väestöaltistukseen mallilaskelmien avulla. Laskelmat perustuvat SYKE:n Suomen alueelliseen päästöskenaariomalliin (FRES, Karvosenoja 2008, 2011).

6.1 Merkittävät ilmansaasteet

Pienhiukkasten haitallisia vaikutuksia terveyteen pidetään yleisesti ilmansaasteiden merkittävimpana vaikutuksena (kasvihuonekaasujen ilmastovaikutusten lisäksi). Ihmisten keuhkoihinsa hengittämät pienhiukkaset aiheuttavat laajan kirjon vaikutuksia lievestä ärsytysoireista sydän- ja hengityssairauksien pahenemiseen (Hänninen ym. 2010). EU:n Puhdasta ilmaa Euroopalle –ohjelma (CAFE) on arvioinut, että ulkoilman pienhiukkaset aiheuttivat vuonna 2000 noin 350 000 enneaikaista kuolemantapausta Euroopassa. Vastaavasti terveydellisistä haitoista aiheutuneet taloudelliset menetykset arvioitiin useiksi sadoiksi miljardeiksi euroiksi vuosittain. CAFE-ohjelman selvitys arvioi pääasiassa kaukokulkeutuneiden pienhiukkasten taustapitoisuuksien vaikutuksia. Pienhiukkaset voivat kulkeutua ilmakehässä jopa tuhansia kilometrejä ja joutua täten ihmisten hengittämiksi hyvin etäällä päästölähteestään. Esimerkiksi Suomen pienhiukkasten taustapitoisuuksista merkittävä osa on peräisin Keski- ja Itä-Euroopan päästöistä. Taustapitoisuuksien lisäksi ihmiset joutuvat hengittämään pienhiukkasia, jotka ovat peräisin varsin lähellä sijaitsevista päästölähteistä. Esimerkiksi päästöt autojen pakoputkista ja omakotitalojen piipuista eivät ehdi laimentua tehokkaasti ennen kuin ne joutuvat ihmisten hengitettäväksi. Liikenne ja pienpoltto ovatkin merkittävimmät pienhiukkaspäästöjen lähteet.

Ilmansaasteiden tarkastelussa arvioitiin myös strategian vaikutuksia mustahiilen päästöihin. Ilmakehän mustahiili on epätäydellisessä palamisessa syntyvä hiukkasmainen epäpuhtaus, jonka erityispiirre on, että se absorboi auringon valoa ja lämmittää näin ilmakehää. Laskeutu-

essaan lumelle mustahiilihiukkaset tummentavat pintaa ja näin vähentävät auringon valon takaisinheijastumista. Mustahiili säilyy ilmakehässä vain lyhyen aikaa, noin päivistä viikkoon. Elinikä ilmakehässä on kuitenkin riittävän pitkä, että sitä havaitaan käytännössä kaikkialla maapallolla, myös napa-alueilla. Erityisesti arktisella alueella mustahiilen on arvioitu voimistavan merkittävästi alueen ilmastomuutosta. Lyhytikäisyytensä vuoksi on esitetty, että mustahiileen kohdistuvilla päästövähennyksillä voitaisiin ilmastomuutosta torjua nopealla 10–30 vuoden aikavälillä. Nykyisin merkittävimmät ihmisperäiset mustahiililähteet Suomessa ovat pienpoltto ja liikenne. Vaikka Suomen päästöjen osuus globaaleista ihmisperäisistä päästöistä on alhainen (noin tuhannesosa koko maailman päästöistä ja EU:n jäsenmaiden päästöistä noin kaksi prosenttia), erityisesti talviaikaisten päästöjen ilmastomerkitys on huomattavasti suurempi arktisten alueiden läheisyyden vuoksi (AMAP 2011). Suomi on liittynyt kansainväliseen koalitioon (Climate and Clean Air Coalition, CCAC), joka tähtää lyhytvaikutteisten ilmastomuutosta aiheuttavien yhdisteiden (SLCF, short-lived climate forcers), ml. mustahiili päästövähennyksiin.

Taulukoissa 6.1 - 6.3 on esitetty polttoaineiden primäärienergian kulutus, ilmansaasteiden päästöt ja primääristen PM2.5 päästöjen aiheuttama mallinnettu väestöaltistus vuosina 2010 ja 2020.

Taulukko 6.1 Polttoaineiden primäärienergia, ilmansuojelun kannalta merkittävät päästöt sekä väestön altistuminen pienhiukkasille vuoden 2010 tilanteen mukaan. Laskelma ei sisällä sekundaarisia / kaukokulkeutuneita pienhiukkasia⁽¹⁾.

2010	Polttoaineiden primäärienergia [PJ]	SO ₂ [kton]	NO _x [kton]	Mustahiili [kton]	Primääri PM2.5 [kton]	Prim.PM2.5 väestöaltistus [µg/m ³]
Energiantuotanto ja teollisuuden poltto	739	42.9	69.9	0.1	3.5	0.049*
• Hiili ja koksi	149	15.9	19.3	0.0	0.3	
• Turve	93.1	15.4	11.5	0.0	0.8	
• Puu, jäte	120	0.2	12.4	0.0	0.8	
• Mustalipeä	136	0.7	8.5	0.0	1.4	
• Öljy	54.2	10.6	5.8	0.1	0.6	
• Kaasu	186	0	12.2	0.0	0.1	
Teollisuusprosessit		14.7	7.4	0.1	1.5	
Pienpoltto	118	3.4	9	3.7	12.4	1.10
Liikenne ja työkoneet (ml. katupöly)	207	1.3	77.1	2.8	7.2	1.95
Muut lähteet**				0	4.6	0.86
Yhteensä	1064	62.3	163	6.7	29.2	3.96

Taulukko 6.2 Polttoaineiden primäärienergia, ilmansuojelun kannalta merkittävät päästöt sekä väestön altistuminen pienhiukkasille vuoden 2020 perusskenaarion mukaisessa tilanteessa. Laskelma ei sisällä sekundäärisiä / kaukokulkeutuneita pienhiukkasia⁽¹⁾.

2020 Perusskenaario	Polttoaineiden primäärienergia [PJ]	SO ₂ [kton]	NO _x [kton]	Mustahiili [kton]	Primääri PM2.5 [kton]	Prim.PM2.5 väestöaltistus [µg/m3]
Energiantuotanto ja teollisuuden poltto	729	24.5	56.6	0.0	2.9	0.045*
• Hiili ja koksi	139	11.8	13.1	0.0	0.3	
• Turve	55.3	6.9	5.0	0.0	0.1	
• Puu, jäte	166	0.5	14.5	0.0	0.8	
• Mustalipeä	142	0.5	8.8	0.0	1.3	
• Öljy	38.2	4.8	4.1	0.0	0.3	
• Kaasu	188	0.0	11.1	0.0	0.1	
Teollisuusprosessit	-	16.3	8.9	0.1	1.9	
Pienpoltto	93.3	2.4	7.2	3.3	10.5	0.93
Liikenne ja työkoneet (ml. katupöly)	222	0.3	54.2	1.1	5.7	1.46
Muut lähteet**	-	-	-	0.0	3.4	0.82
Yhteensä	1045	43.5	127	4.5	24.5	3.26

Taulukko 6.3 Polttoaineiden primäärienergia, ilmansuojelun kannalta merkittävät päästöt sekä väestön altistuminen pienhiukkasille vuoden 2020 tarkennetun perusskenaarion mukaisessa tilanteessa. Laskelma ei sisällä sekundäärisiä / kaukokulkeutuneita pienhiukkasia⁽¹⁾.

2020 Tarkennettu perusskenaario	Polttoaineiden primäärienergia [PJ]	SO ₂ [kton]	NO _x [kton]	Mustahiili [kton]	Primääri PM2.5 [kton]	Prim.PM2.5 väestöaltistus [µg/m3]
Energiantuotanto ja teollisuuden poltto	720	24.2	56.7	0.0	2.8	0.044*
• Hiili ja koksi	141	11.9	13.6	0.0	0.3	
• Turve	50.6	6.6	4.7	0.0	0.1	
• Puu, jäte	166	0.6	14.6	0.0	0.8	
• Mustalipeä	142	0.5	8.8	0.0	1.3	
• Öljy	37.4	4.6	4.0	0.0	0.2	
• Kaasu	182	0.0	11.0	0.0	0.1	
Teollisuusprosessit	-	16.3	8.9	0.1	1.9	
Pienpoltto	86.9	2.3	6.7	3.0	9.9	0.87
Liikenne ja työkoneet (ml. katupöly)	213	0.3	52.6	1.1	5.4	1.42
Muut lähteet**	-	-	-	0.0	3.4	0.82
Yhteensä	1020	43.1	125	4.2	23.4	3.15

*Väestöaltistusluku yhteensä energiantuotanto ja teollisuuden poltto ja teollisuusprosessit

**Muut lähteet sisältää mm. maataloudesta, turpeen tuotannosta, rakennustoiminnasta ym. syntyvät pölypäästöt

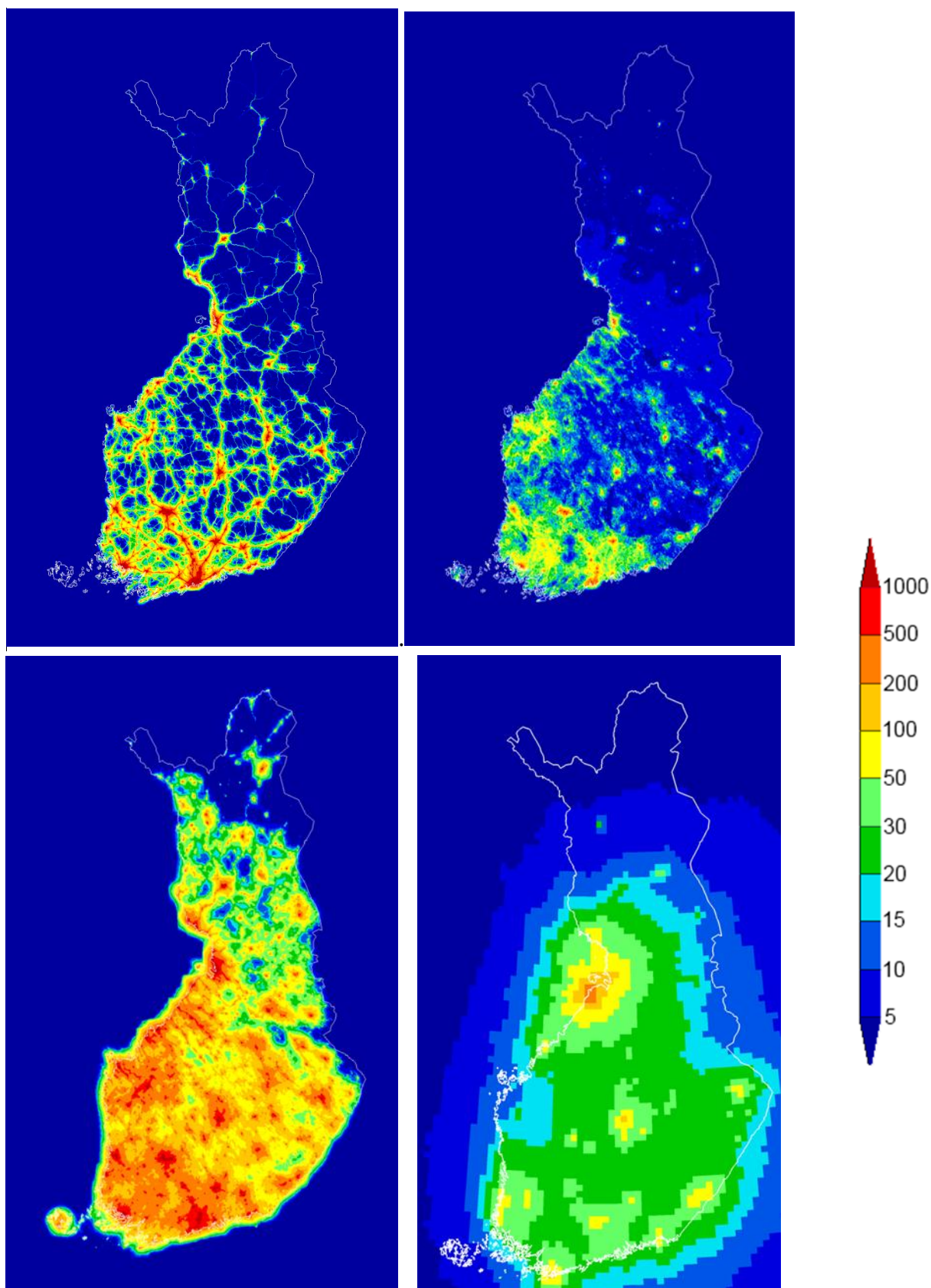
(1)Pienhiukkasten kokonaispitoisuudet ovat Suomessa tyypillisesti 8-10 µg/m3. Muualta Euroopasta kaukokulkeutuneet sekundääriset pienhiukkaset vastaavat yli puolesta kokonaispitoisuuksista.

Suurimmat ilmansaasteiden päästölähteet vaihtelevat päästökomponentista riippuen. Rikkidioksidin (SO₂) päästöt syntyvät pääasiassa energiantuotannosta ja teollisuudesta, vastaten vuonna 2010 noin 92 % Suomen kokonaisrikkipäästöistä. Typen oksidien (NO_x) päästöissä suurimmat päästölähteet ovat energiantuotanto ja teollisuus (47 % kokonaispäästöistä vuonna 2010) sekä liikenne ja työkoneet (47 %). Pienhiukkasten (PM_{2.5}) päästöjen suurimmat aiheuttajat ovat pienpoltto (42 %) ja liikenne ja työkoneet (25 %). Mustahiili (eli noki) on epätäydellisessä palamisessa syntyvä hiukkasmainen päästökomponentti ja siten siis osa pienhiukkaspäästöstä. Mustahiilen päästöt syntyvät lähes yksinomaan pienpoltosta (55 %) sekä liikenteestä ja työkoneista (42 %).

Vuodesta 2010 vuoteen 2020 päästöt muuttuvat sekä polttoaineitten käytössä ja laadussa tapahtuvien muutosten vuoksi, että tehostuvien päästövähennystekniikoiden ansiosta. Perusskenaariossa rikkidioksidin päästöt vähenevät reilun neljänneksen. Energiantuotantosektorilla merkittävänä vaikuttavana tekijänä on 2015 voimaan tuleva teollisuuspäästädirektiivi eli IE-direktiivi. Lisäksi turpeen käytön merkittävä väheneminen alentaa rikkipäästöjä. Typenoksidipäästöt alenevat myös noin neljänneksen. Energiantuotannon lisäksi päästöt vähenevät merkittävästi myös liikenteen osalta, jossa uusien ajoneuvojen tiukkenevat päästönormit ja autokannan uusiutuminen vaikuttavat. Samasta syystä laskevat myös liikenteen pienhiukkasten ja mustahiilen päästöt.

Pienhiukkasten haitallisia vaikutuksia ihmisten terveyteen pidetään yleisesti ilmansaasteiden merkittävimpänä vaikutuksena (kasvihuonekaasujen ilmastovaikutusten lisäksi). Liikenteen ja työkoneiden pakokaasujen hiukkaspäästöt laskevat merkittävästi, vastaten noin 9 % Suomen kokonaihiukkaspäästöistä vuonna 2020 perusskenaariossa. Sen sijaan tieliikenteen nostattama katupöly on edelleen merkittävä päästölähde (14 %). Vuonna 2020 selkeästi suurin pienhiukkasten päästölähde on pienpoltto ja lähestulkoon yksinomaan puun pienpoltto. Perusskenaariossa pienhiukkasten kokonaispäästöistä 43 % on peräisin puutakoista, -kiukaista ja -pienkattiloista. Hiukkasmaisten mustahiilipäästöjen osalta pienpoltto on suhteellisesti vieläkin merkittävämpi lähde; vuonna 2020 lähes kolme neljännestä päästöistä syntyy omakotitalojen ja kesämökkien lämmityksestä ja saunan kiukaista.

Pienhiukkaspäästöjen aiheuttamien terveyshaittojen suuruusluokkaa voidaan arvioida niiden aiheuttamien väestöaltistusten perusteella. Leviämismallien avulla voidaan arvioida päästöjen aiheuttamia ulkoilmapitoisuuksia. Kuvassa 6.1 on esitetty primääristen PM_{2.5} päästöjen aiheuttamat mallinnetut pitoisuudet perusskenaariossa vuonna 2020 tärkeimmiltä päästösektoreilta. Kun mallinnetut pitoisuusarvot yhdistetään väestön sijaintitietoon, saadaan arvio väestöaltistuksesta. Suomen koko väestölle keskiarvoistetut väestöaltistukset on esitetty taulukoissa 6.1 - 6.3. Merkittävimmät väestöaltistuksen aiheuttajat ovat liikenne ja työkoneet sekä pienpoltto. Kuten karttakuvista voi nähdä, liikenteen päästöt aiheuttavat korkeimpia pitoisuuksia kaupunkialueilla ja suurimpien väylien varsilla, missä päästöille myös altistuu suuri määrä ihmisiä. Myös työkoneista merkittävä osa toimii tiheästi asutuilla kaupunkiseuduilla. Maa- ja metsätalouden koneilla sen sijaan on vähäisempi vaikutus väestöaltistumiseen. Puun pienpoltto tapahtuu merkittävässä määrin haja-asutusalueilla, mutta takkojen käyttö lisälämmityslähteenä on jatkuvasti lisääntymässä kaupunkialueilla. Pienpolton päästöjen aiheuttamasta väestöaltistuksesta noin 90 % johtuu taajama-alueiden pienpoltosta.



Kuva 6.1 Perusskenaarion mukaiset primääristen PM2.5 päästöjen vuonna 2020 aiheuttamat mallinnetut pienhiukkaspitoisuudet tärkeimmiltä päästösektoreilta: (a) tieliikenne (ml. katupöly), (b) työkoneet ja off-road (pl. lento- ja meriliikenne), (c) puun pienpoltto ja (d) energiantuotanto ja teollisuus. Yksikkö ng/m³.

Tarkennetussa perusskenaariossa merkittävimmät muutokset ilmansaasteiden kannalta ovat pientalojen tiukemmat energiamääräykset ja sitä kautta alhaisemmat talokohtaisen lämmityksen kulutusluvut sekä tieliikenteen tehostumisesta ja kulkutapamuutoksista johtuvat alhaisemmat polttoaineenkulutusmäärät. Erityisesti alhaisemmat puun pienpolton määrät taajama-alueilla vähentävät pienhiukkasten päästöjä ja niille altistumista. Liikenteen osalta erityisesti kaupunkialueilla tapahtuvia ajoneuvokilometrejä vähentävät toimet (esim. autoilusta pyöräilyyn ja joukkoliikenteeseen siirtymistä edistävät toimet) ovat tehokkaita alentamaan pienhiukkasille altistumista, koska ne vähentävät sekä pakokaasu- että katupölypäästöjä alueilla, joissa päästöille altistuu suuri määrä ihmisiä.

6.2 Johtopäätökset ilmansuojelutarkastelusta

Vuoteen 2020 mennessä ilmansaastepäästöt vähenevät polttoaineitten käytössä ja laadussa tapahtuvien muutosten sekä tehostuvien päästövähennystekniikoiden ansiosta. Rikkidioksidin ja typenoksidien päästöt alenevat noin neljänneksen, mm. energiantuotannon ja teollisuuden kiristyvien päästömääräysten ansiosta. Liikenteen typenoksidien ja hiukkasten pakokaasupäästöt laskevat merkittävästi uusien ajoneuvojen tiukkenneiden päästönormien ja autokannan uusiutumisen myötä. Tarkennetun perusskenaarion tieliikenteen tehostumistoimet ja kulkutapamuutokset (esim. autoilusta pyöräilyyn ja joukkoliikenteeseen siirtymistä edistävät toimet) ovat tehokkaita alentamaan pienhiukkasille altistumista, koska ne vähentävät sekä pakokaasu- että katupölypäästöjä kaupunkialueilla, joissa päästöille altistuu suuri määrä ihmisiä.

Puun pienpoltto on päästölähde jonka tulevaisuuden kehitykseen tulisi kiinnittää erityistä huomiota. Yhtäältä pientalojen energiamääräysten kiristyminen vähentää lämmitystarvetta tulevaisuudessa, toisaalta fossiilisten polttoaineiden ja lämmityssähkön kallistuminen saattavat lisätä puulämmityksen määrää ja sitä kautta pienhiukkasten päästöjä. Pienpolttolaitteiden päästöille on EU-tasolla valmisteilla lainsäädäntöä, mutta ne tulevat koskemaan vain uusia tulisijoja ja täten vaikuttavat varsin hitaasti. Terveysvaikutusten kannalta erityisesti tiheästi asutuilla pientaloalueilla olisi tärkeää kiinnittää huomiota talokohtaisen lämmityksen pienhiukkaspäästöihin. Mustahiilipäästöjen ilmastovaikutusten näkökulmasta talviaikaan tapahtuvat päästöt ovat haitallisimpia. Erityisen korkeita päästöjä aiheuttaa rakenteeltaan yksinkertaiset polttolaitteet ja väärät polttotavat. Huonosti toteutettu puulämmitys saattaa olla epäedullinen, paitsi terveysvaikutustensa, myös ilmastovaikutustensa suhteen.

7 Yhteenveto strategian vaikutuksista hiilinieluihin

Vuoden 2008 ympäristövaikutusten arvioinnin (Hilden ym. 2008) jälkeen on tullut uutta tietoa strategiassa esitettävien toimenpiteiden, etenkin metsäenergian käytön lisäämisen vaikutuksesta metsien hiilinieluun. Vuoden 2008 arvioinnissa hiilinieluja käsiteltiin lyhyesti ja yksinomaan laadullisesti antamatta määrällisiä arvioita v. 2005 energia- ja ilmastostrategian vaikutuksista hiilinieluihin. Arvioinnissa todettiin silloin, että hiilinielujen suojeleminen merkitsee metsien ja soiden suojelua ja että hiilinielutarkastelut voivat johtaa metsien kestäväseen käytön uudelleenmäärittelyyn. Uuden tiedon valossa hiilinieluja voidaan hallita metsien kasvua ja poistumaa säätelemällä eikä se välttämättä edellytä metsien ja soiden tiukkaa suojelua.

Päivitettyssä energia- ja ilmastostrategiassa metsien hiilinielut tulevat esiin erityisesti kahdessa yhteydessä. Toisaalta hiilinielut ovat yksi päästöjen säätelyn joustokeino: Suomen nettopäästöjä ilmakehään voidaan vähentää päästövähennysten ohella hiilinielujen avulla. Toisaalta metsien hiilinielut liittyvät metsäbioenergian kestävyys, päästövaikutuksiin, laskentasäntöihin ja hiilineutraalisuuteen.

Uusimpien arvioiden mukaan (Sievänen ym. 2012) Suomen metsien puuston ja maaperän yhteenlaskettu hiilitase säilyy selvästi nielun puolella arvioiden tarkastelujakson loppuun vuoteen 2042 saakka, jos puuta käytetään Metsäntutkimuslaitoksen määrittelemien ”Alhaisen” tai ”Maltillisen” puunkäyttöskenaarion mukaan ja metsähakkeen käyttöä lisätään kansallisen suunnitelman mukaan. Vuosittainen hiilinielu vaihtelee 26 ja 73 miljoonan hiilidioksiditonniin välillä ja pääasiassa voimistuu tarkastelujakson loppua kohden puuston kasvun kiihtymisen vuoksi. Nämä hiilinieluluvut ylittävät hiilinielun vertailutason 19,3 milj. tonnia CO₂ / vuosi, joka Suomelle on määritetty ja sovittu Kioton pöytäkirjan toiselle velvoitekaudelle. Vertailutason ylittämisen ansiosta Suomi saa metsien hiilinielusta hyvitystä sille määritellyn kattoluvun verran, 2,5 milj. tonnia CO₂ / vuosi.

Metsähakkeen käyttö pienentää Suomen metsien hiilinielua (suunniteltu käyttö on siis huomioitu em. luvuissa). Puuston ja maaperän hiilinielu pienenee yhteensä 11,7 milj. tonnia CO₂/vuosi, jos metsähaketta käytetään Metsäntutkimuslaitoksen määrittelemän ”Risupaketti+” –skenaarion mukaan ”Risupaketti-” –skenaarion sijaan. Pienemmästä hiilinielusta 7,7 milj. tonnia CO₂/vuosi johtuu puuston hiilinielun pienenemisestä ja loput 3,0 milj. tonnia CO₂ /vuosi maaperän hiilinielun pienenemisestä. Skenaarioissa metsähakkeen käyttömäärissä on 8 Mm³/v ero, joten metsien hiilinielu pienenee 1,3 milj. tonnia CO₂/vuosi korjattua miljoonaa hakekuutiometriä kohti. Puuston hiilinielu pienenee 1,0 milj. tonnia CO₂ / vuosi ja maaperän 0,4 milj. tonnia CO₂/vuosi. Suomen ympäristökeskus arvioi hieman aiemmin (Liski ym. 2011), että maaperän hiilinielu pienenee 0,46 milj. tonnia CO₂/vuosi korjattua miljoonaa hakekuutiometriä kohti. Arvioissa käytettiin samaa laskentamallia, tulosten ero johtuu Metlan käyttämistä yksityiskohtaisemmista lähtötiedoista.

Suomen metsät säilyvät hiilinieluina lähivuosikymmenet riippumatta siitä, lisätäänkö metsäenergian käyttöä suunnitelman mukaan vai ei. Jos puunkäyttö noudattaa Metlan ”Alhaista” tai ”Maltillista” skenaariota, hiilinielu säilyy lisäksi niin suurena, että Suomi saa metsien hiilinielustaan maksimihyvityksen Kioton pöytäkirjan toisella velvoitekaudella. Metsäenergian käyttö ja sen lisääminen pienentävät hiilinielua. Toisin sanoen Suomen metsien hiilinielu olisi suurempi ilman metsäenergiaa. Metsäenergia ei tämän vuoksi ole hiilineutraalia. Kansallisen ilmastopaneelin tarkastelu toteaaakin kansainväliseen keskusteluun viitaten että on mahdollista, ”että bioenergian ja biomassan käyttöä koskevia laskentasäntöjä muutetaan kansainvälisissä sopimuksissa, EU:n direktiiveissä tai EU:n muussa sääntelyssä nykyisistä kansallisista hiilitaseista kohti toimenpiteiden päästövaikutuksen huomioon ottamista” (Pingoud ym. 2013).

8 Yhteenveto strategian vaikutuksista luonnon monimuotoisuuteen

Energia- ja ilmastostrategian merkittävimmät vaikutukset luonnon monimuotoisuuteen syntyvät maankäyttömuutoksista Suomessa ja maamme rajojen ulkopuolella. Suomessa bioenergian tuotannon lisäys voi heijastua metsien hoitoon ja käyttöön. Kansallisessa metsästrategi-

assa¹² on asetettu tavoite, jonka mukaan ”metsäisten luontotyyppien ja metsälajien taantuminen pysähtyy ja luonnon monimuotoisuuden suotuisa kehitys vakiintuu.”, johon liittyy erityisesti energiapuun korjuun vaikutukset metsien monimuotoisuuteen. Se, miten tilanne kehittyy käytännössä, määräytyy monien tekijöiden perusteella. Lainsäädännön, suositusten, ohjeistuksen, taloudellisten tukien, energian kysynnän ja teknisen kehityksen yhteisvaikutukset ovat olennaisia. Esimerkiksi metsälain uudistus on ehdotetussa muodossaan arvioitu heikentävän metsäluonnon monimuotoisuuden turvaamista verrattuna voimassa olemaan metsälakiin (Kostamo ym. 2012). Lainuudistuksen ja bioenergian lisäämistavoitteet sekä niihin liittyvät ohjauskeinot saattavat siten johtaa luonnon monimuotoisuuden turvaamisen kannalta kielteiseen kehitykseen, mikäli ei tilannetta seurata ja ryhdytä tarvittaessa korjaaviin toimenpiteisiin.

Maatalouden biomassojen käyttö energiantuotantoon strategian linjausten mukaisesti voi vaikuttaa maatalousmaan monimuotoisuuteen, mutta vaikutuksen suunta ei ole yksiselitteinen. Maatalouteen liittyvien elinympäristöjen monipuolisuus ja monimuotoisuus ovat avainasemassa. Luontotyyppien uhanalaisuusarviointi on osoittanut, että perinneympäristöt ovat uhanalaisimpia (Schulman ym. 2008). Strategian linjaukset eivät todennäköisesti vaikuta merkittävästi suoraan näihin elinympäristöihin, mutta jos energiabiomassojen tuotanto osaltaan lisää maatalousmaiseman yksipuolistumista, vaadittaisiin maatalouden ympäristötukijärjestelmältä nykyistä selvästi tehokkaampia keinoja kielteisen kehityksen kääntämiseksi. Ne ovat jo nykytilassa riittämättömiä maatalouteen liittyvän luonnon monimuotoisuuden turvaamiseksi (Aakkula ym. 2010).

Kansainvälinen tilanne on vaikeasti hahmotettavasti, mutta yleisesti ottaen bioenergian kysyntä on lisännyt luonnon monimuotoisuuteen kohdistuvia paineita. Palmuöljytuotannon vaikutukset ovat saaneet eniten julkisuutta. Tähän liittyen Euroopan komissio on antanut 17.10.2012 ehdotuksen Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiiviksi bensiinin ja dieselpolttoaineiden laadusta annetun direktiivin 98/70/EY ja uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämisestä annetun direktiivin 2009/28/EY muuttamisesta (KOM(2012) 595 lopullinen). Strategian linjaukset, joiden mukaan bioenergian käytön lisäämishankkeissa mahdolliset haitalliset ympäristövaikutukset ja elinkaariaikainen hiilitase tunnistetaan sekä haitallisten ympäristövaikutusten ehkäisyyn panostetaan jo mahdollisimman aikaisessa vaiheessa edellyttävät yleisesti kansainvälisen kehityksen seuraamista ja aktiivista osallistumista kansainvälisten kestävyyskriteerien kehittämiseen mm. CEN:in puitteissa.¹³ On odotettavissa, että myös kiinteistä biomassapolttoaineiden kestävyyskriteereistä käytävä keskustelu voimistuu.

9 Yhteenveto strategian vaikutuksista elinkaaritarkastelun valossa

Elinkaariarvioinneissa tuotteen elinkaari jaetaan osakokonaisuuksiin, kuten raaka-aineiden hankintaan, energiantuotantoon ja tuotteen valmistukseen. Tässä tarkastelussa elinkaarivaiheita ovat polttoaineiden valmistus, joka tapahtuu osin ulkomailla, ja polttoaineiden käyttö Suomessa. Päivityksessä käytetyt menetelmät ja tausta-aineisto on esitetty vuoden 2008 arvioinnissa (Hildén ym. 2008).

¹² <http://www.mmm.fi/fi/index/etusivu/metsat/kmo.html> (Viitattu 24.2. 2013)

¹³ <http://www.cen.eu/cen/Sectors/Sectors/UtilitiesAndEnergy/Fuels/Pages/Sustainability.aspx> (Viitattu 23.2. 2013).

9.1 Polttoaineiden tuonnin ympäristövaikutukset

Kaikki fossiiliset energialähteet turvetta lukuun ottamatta tuodaan Suomeen ulkomailta. Nykyään myös osa bioperäisistä polttoaineista tuodaan ulkomailta (esim. puupelletit). Vuoden 2020 tarkennetun perusskenaarion lähtötiedoissa ei ole tarkasteltu erikseen tuonnin muutoksia. Siksi vuoden 2020 tuontimäärien laskennan lähtökohtana on pidetty vuoden 2010 toteutunutta polttoaineiden tuontia (Tilastokeskus 2012). Tuonnin oletettiin kasvavan/vähenevän prosentuaalisesti yhtä paljon kuin tietyn polttoaineen kulutus vuoden 2020 tarkennetussa perusskenaariossa.

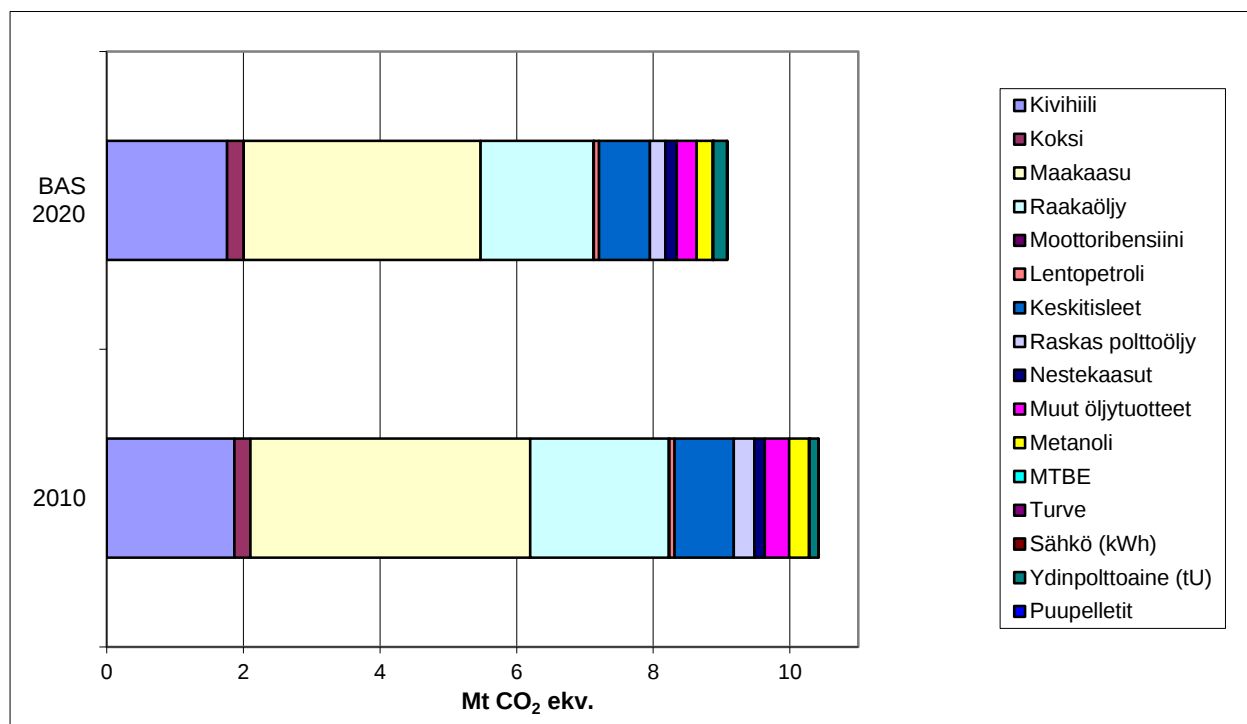
Taulukko 1. Toteutunut polttoaineiden tuonti 2010 sekä arvioitu tuonti 2020 tarkennetun perusskenaarion mukaan.

Polttoaine (1000 t)	2010	2020	muutos
Kivihiili	5 920	5 580	-6 %
Koksi	440	460	+5 %
Maakaasu	3 710	3 140	-15 %
Raakaöljy	10 800	8 800	-19 %
Moottoribensiini	18	13	-28 %
Lentopetroli	112	110	-2 %
Keskitisleet	1 830	1 580	-14 %
Raskas polttoöljy	720	540	-25 %
Nestekaasut	260	280	+8 %
Muut öljytuotteet	1 890	1 540	-19 %
Metanoli	390	320	-18 %
MTBE	9	7	-22 %
Turve	11	6	-45 %
Sähkö (GWh)	15 500	13 760	-11 %
Ydinpolttoaine (tU)	61	97	+59 %
Puupelletit	18	19	+6 %
Muu energiapuu	260	240	-8 %
Yhteensä (ilman tuontisähköä)	26 410	22 690	-14 %

Polttoaineiden kokonaistuonti pienenee vuoden 2020 tarkennetussa perusskenaariossa verrattuna vuoden 2010 tuontiin. Raakaöljyn ja muiden öljyperäisten tuotteiden ennustetaan vähenevän noin 15 -25 %. Suurin kasvu kohdistuu ydinpolttoaineeseen (59 %). Lisäksi puupellettien, nestekaasujen ja koksen määrät nousevat vuoteen 2010 verrattuna, muiden polttoaineiden määrät laskevat.

Tuontipolttoaineiden ympäristövaikutuksia kuvataan tässä yhteydessä ainoastaan ilmastonmuutosvaikutuksilla (Kuva 9.1). Vuonna 2010 tuontipolttoaineiden valmistuksen ilmastonmuutosvaikutuksista noin 39 % aiheutui maakaasun tuotannosta. Raakaöljyn valmistuksen

osuus oli 19 % ja kivihiilen 18 %. Vuoden 2020 skenaariossa osuudet kokonaisvaikutuksesta pysyvät suunnilleen samoina, vaikka kokonaisvaikutus pienenee.

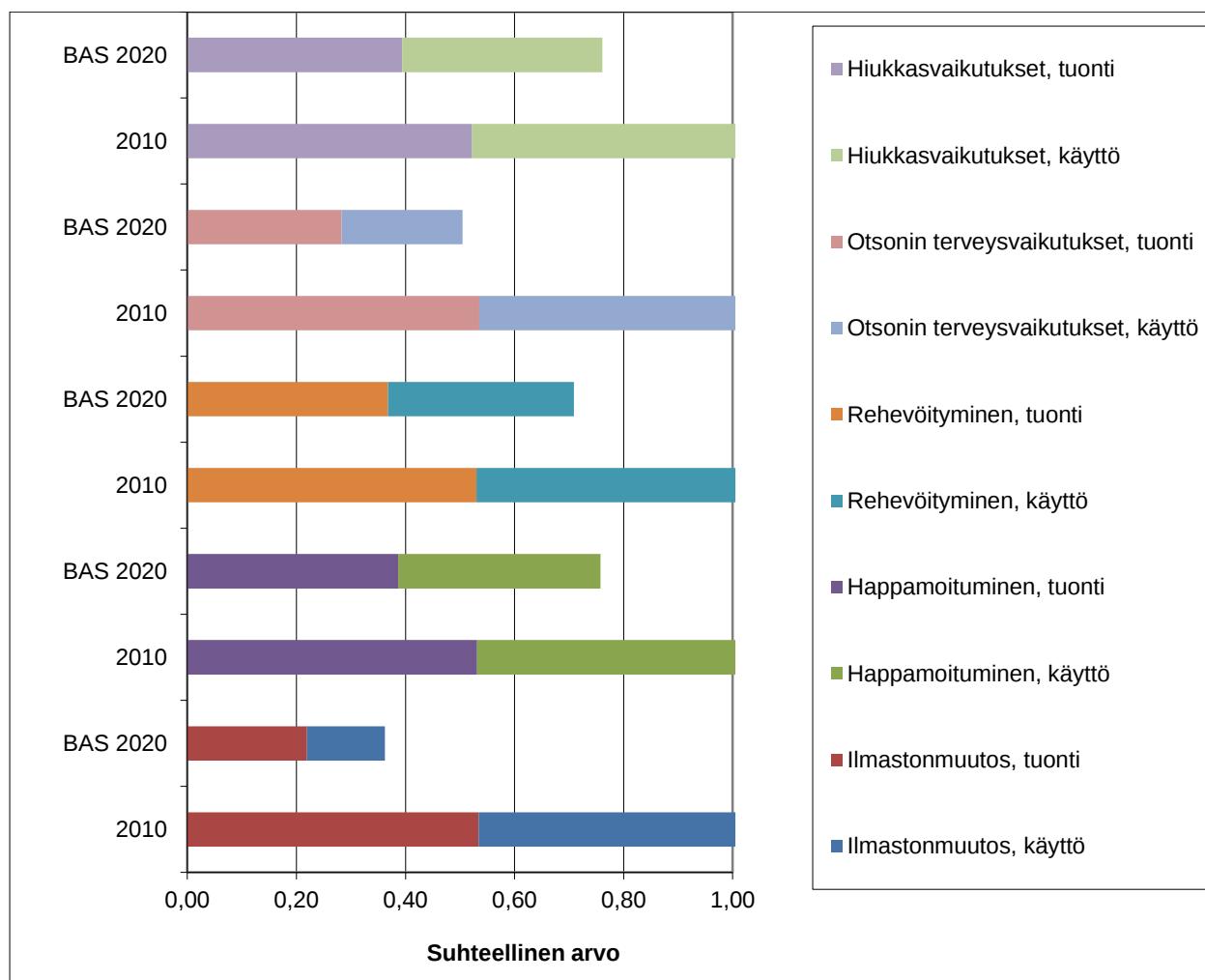


Kuva 9.1. Eri polttoaineiden osuus tuontipolttoaineiden valmistuksen kokonaisilmastonmuutosvaikutuksesta vuonna 2010 sekä vuoden 2020 tarkennetussa perusskenaariossa.

9.2 Polttoaineiden tuonnin ja käytön yhdistetyt ympäristövaikutukset

Polttoaineiden käytön päästöjä on arvioitu luvussa 6. Näitä tuloksia hyväksikäyttäen polttoaineiden elinkaariset vaikutukset voidaan arvioida yhdistämällä ulkomailla tapahtuvan tuotannon ympäristövaikutukset ja kotimaassa tapahtuvan käytön vaikutukset. Tulokset esitetään suhteellisina osuuksina eri vaikutusluokissa niin että vuoden 2010 kokonaisvaikutukset on asetettu ykköseksi (Kuva 9.2). Vaikutusarviointiluokista mukana on ilmastonmuutos, happamoituminen, vesien rehevöityminen, alailmakehän otsonin muodostuminen, otsonin terveysvaikutukset ja hiukkasvaikutukset.

Kaikissa tarkastelluissa vaikutusluokissa vuoden 2020 tarkennetun perusskenaarion polttoaineiden valmistuksen ja käytön yhteenlasketut vaikutukset pienenevät vuodesta 2010. Eniten vähenevät ilmastovaikutukset ja otsonin terveysvaikutukset biopolttoaineiden ja ydinvoiman käytön lisääntymisen seurauksena. Muiden vaikutusten väheneminen johtuu pääasiassa erotinlaitetekniikan kehittymisestä ja liikenteen pakokaasupäästöjen vähenemisestä. Tuonnin vaikutusten laskennassa teknologian kehitystä ei voitu ottaa huomioon, jonka seurauksena samoja päästökertoimia käytettiin molemmille vuosille. Sen sijaan käytön aikaisten vaikutusten arvioinnissa oletettiin päästöjen puhdistustekniikan paranevan ajan myötä. Tämä saattaa jossain määrin yliarvioida tuonnin osuutta kokonaisvaikutuksista.



Kuva 9.2. Vuoden 2020 tarkennetun perusskenaarion tuontipolttoaineiden valmistuksen ja käytön ympäristövaikutukset suhteutettuna vuoden 2010 vastaaviin vaikutuksiin.

9.3 Johtopäätökset elinkaariarvioinnista

Elinkaariarviointiin perustuvassa vuoden 2020 tarkennetun perusskenaarion ympäristövaikutusarvioinnissa tarkasteltiin ilmapäästöistä aiheutuvat ympäristövaikutukset viidessä eri vaikutusluokassa ja verrattiin tulokset vuoden 2010 tasoihin. Kaikissa vaikutusluokissa sekä polttoaineiden valmistuksen että käytön vaikutukset vähenevät vuodesta 2010 vuoteen 2020. Eniten vähenevät ilmastomuutosvaikutukset ja vähiten happamoitumis- ja hiukkasvaikutukset.

Päivitetyn tarkastelun perusteella pienhiukkaset ja happamoitumista aiheuttavat päästöt ovat energiaskenaarioiden merkittävimmät haitalliset päästöt, kasvihuonekaasupäästöjen lisäksi. Päästöt vähenevät vuoden 2020 tarkennetussa perusskenaariossa kulutuksen vähentymisen, erotinlaitteiden kehittymisen, liikenteen päästöjen vähenemisen, ydinvoiman käytön lisäämisen ja biopolttoaineisiin siirtymisen ansiosta.

10 Kirjallisuusviitteet

Aakkula, J., Manninen, T. ja Nurro, M.(toim.) 2010. Maatalouden ympäristötuen vaikuttavuuden seurantatutkimus (MYTVAS 3) – Väliraportti. http://www.mmm.fi/attachments/mmm/julkaisut/julkaisusarja/newfolder/5pe9soaAU/Mytvas_netti.pdf (Viitattu 24.2. 2013).

Airaksinen, M., Seppälä, J., Vainio, T., Tuominen, P. Regina, K., Peltonen-Sainio, P., Luostarinen, L., Sipilä, K., Kiviluoma, J. Tuomaala, Savolainen, I., Kopsakangas-Savolainen M. 2013. Rakennetun ympäristön hajautetut energiajärjestelmät. Suomen Ilmastopaneeli Raportti 4/2013. http://www.ilmastopaneeli.fi/uploads/selvitykset_lausunnot/Rakennetun%20ymp%C3%A4ris%C3%B6n%20hajautetut%20energiaj%C3%A4rjestelm%C3%A4t.pdf (Viitattu 27.2. 2013).

AMAP, 2011. The Impact of Black Carbon on Arctic Climate. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo. 72 s.

Andersen, L. M., Clausen, N.B. & Sames, P.C. 2011. Cost and benefits of LNG as ship fuel for container vessels. Germanischer Lloyd. [http://www.gl-group.com/pdf/GL MAN LNG study_web.pdf](http://www.gl-group.com/pdf/GL_MAN_LNG_study_web.pdf) [Viitattu 27.1. 2013]

Anderson, T. 2011. Koulurakennuksen ympäristövaikutukset, elinkaarianalyysi. Opinnäytetyö, Metropolia Ammattikorkeakoulu. <http://hdl.handle.net/10024/33823> [Viitattu 27.1. 2013]

Aromaa, A. ja Haverinen-Shaughnessy, U. 2012. INSULAVO-hanke. Liiketoimintamahdollisuuksien arviointi. Terveyden ja hyvinvoinnin laitos (THL). Raportti 9/2012. Helsinki.

Avfall Sverige 2012. Hushållsavfall i siffror – Kommun- och länsstatistik 2011. <http://www.avfallsverige.se/statistik-index/statistikrapport/> (Viitattu 28.1. 2013)

Banks, J.P., Carl, J., Massy, K. Mokrian, P., Simjanovic, J., Slayton, D., Wagner, A. G. & Wood, L.V. 2011. Assessing the Role of Distributed Power Systems in the U.S. Power Sector. The Brookings Institution Energy Security Initiative The Hoover Institution Shultz-Stephenson Task Force on Energy Policy. http://www.brookings.edu/~media/research/files/papers/2011/10/distributed%20power%20systems/10_distributed_power_systems (Viitattu 23.2. 2013)

Development Cooperation Final Report. Ramboll-Finnconsult Oy and Biota BD Oy. <http://formin.finland.fi/Public/Print.aspx?contentid=70999&nodeid=15454&culture=en-US&contentlan=2> (Viitattu 27.1. 2013)

Engvall, K. Norrby, C. & Norbäck D. 2003. Ocular, nasal, dermal and respiratory symptoms in relation to heating, ventilation, energy conservation, and reconstruction of older multi-family houses. *Indoor Air* 13:206-211.

European Wind Energy Association, 2007. Environment, chap. 5 of Wind energy—The facts: European Wind Energy Association. <http://www.wind-energy-the-facts.org/en/environment/>. (Viitattu 15.2. 2013).

Farman, J. 2001. Halocarbons, the ozone layer and the precautionary principle. Teoksessa Harremöes, P.ym. (toim.). Late lessons from early warnings: the precautionary principle 1896-2000. EEA Environmental issue report No 22/2001 s. 76-83.

Felder, R. & Dones, R. 2007. Evaluation of ecological impacts of synthetic natural gas from wood used in current heating and car systems. *Biomass and Bioenergy* 31:403–415.

Finér, L., Mattsson, T., Joensuu, S., Koivusalo, H., Laurén, A., Makkonen, T., Nieminen, M., Tattari, S., Ahti, E., Kortelainen, P., Koskiahho, J., Leinonen, A., Nevalainen, R., Piirainen, S., Saarelainen, J., Sarkkola S. & Vuollekoski, M. 2010. Metsäisten valuma-alueiden vesistö-kuormituksen laskenta. Suomen ympäristö 10/2010.

Hagberg, L. & Holmgren K. 2008. The climate impact of future energy peat production. IVL, Report B1796. <http://www3.ivl.se/rapporter/pdf/B1796.pdf> (Viitattu 28.1. 2013)

Hildén, M. Karvosenoja, N., Koskela, S. Kupiainen, K., Laine, A., Rinne, J., Seppälä, J. Savolahti M. ja Sokka, L. 2008. Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategian ympäristöarvointi. Suomen ympäristö 50/2008.

Hytönen, H. 2011. Esimerkkejä ympäristöinnovaatioiden tukemisesta eräissä maissa. Ympäristöministeriön raportteja 4/2011. <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=124689&lan=fi> (Viitattu 22.2. 2013).

Hänninen O. ym. 2010. Pienhiukkaset ja sisäilman saasteet suurimpia kansanterveysriskejä. Ilmansuojelu 2/2010. s.4-8.

Karvosenoja N. 2008. Emission scenario model for regional air pollution. Monographs Boreal Environ. Res. 32.

Karvosenoja N., Kangas L., Kupiainen K., Kukkonen J., Karppinen A., Sofiev M., Tainio M., Paunu V.-V., Ahtoniemi P., Tuomisto J. T., Porvari P. 2011. Integrated modeling assessments of the population exposure in Finland to primary PM_{2.5} from traffic and domestic wood combustion on the resolutions of 1 and 10 km. *Air Qual Atmos Health* 4:179–188.

Kostamo, J., Punttila, P., Valkonen, S., Koistinen, A. 2012. Metsälain muutosehdotuksen vaikutusten arviointi. Tapio, SYKE, Metla. Helsinki. http://www.mmm.fi/attachments/metsat/newfolder/6D3KPUBAC/121220_metsalaki_vaikutusten_arviointi.pdf (Viitattu 24.2. 2013).

Kääriä, T, Piispa P & Mikkola, K. 2006. Evaluation of Environmental Management in Finland's

Liski, J., Repo, A., Känkänen, R., Vanhala, P., Seppälä, J., Antikainen, R., Grönroos, J., Karvosenoja, N.,

Luostarinen, S., Logrén, J. Grönroos, J., Lehtonen, H., Paavola, T., Rankinen, K., Rintala, J., Salo, T. Ylivainio, K., Järvenpää M. (toim.) Lannan kestävä hyödyntäminen, MTT Raportti 21. <http://www.mtt.fi/mttraportti/pdf/mttraportti21.pdf> (Viitattu 17.2. 2013).

Lähtinen, K., Leskinen, P., Paunu V-V. and Tuovinen, J-P. 2011. Metsäbiomassan energian käytön ilmastovaikutukset Suomessa. Suomen ympäristö. 5/2011. Helsinki.

Miettinen, J., Ollikainen, M., Finér, L., Koivusalo, H., Laurén, A. & Valsta, L. 2012. Diffuse load abatement with biodiversity co-benefits: the optimal rotation age and buffer zone size. Forest Science 58: 342-352.

Murphy, R. Woods, J. Black, M. & McManus, M. 2011 Global developments in the competition for land from biofuels. Food Policy, 36 (Suppl 1), S52-S61.doi:10.1016/j.foodpol.2010.11.014

Oulun kaupunki 2012. Energiaviisas rakennettu Oulu. Oulun ERA17-tiekartta. Hyväksytty Oulun kaupunginhallituksessa 11.12.2012 § 60. <http://193.166.21.102:9091/servlet/com.trend.iwss.user.servlet.sendfile?downloadfile=IRES-754853220-E683F5F8-9398-9365-15> (Viitattu 27.1. 2013).

Pingoud, K., Savolainen, I., Seppälä, J., Kanninen, M., Kilpeläinen, A. 2013. Metsien käytön ja metsäbioenergian ilmastovaikutukset Suomen ilmastopaneeli. Raportti 2/2013. http://www.ilmastopaneeli.fi/uploads/selvitykset_lausunnot/Metsien%20k%C3%A4yt%C3%B6n%20ja%20mets%C3%A4bioenergian%20ilmastovaikutukset%2029-1-2013.pdf (Viitattu 27.2. 2013).

Rassi, P., Hyvärinen, E., Juslén, A. & Mannerkoski, I. (toim.) 2010. Suomen lajien uhanalaisuus – Punainen kirja. Ympäristöministeriö ja Suomen ympäristökeskus. Helsinki.

Risku-Norja, H. 2011. From environmental concerns towards sustainable food provisioning. : Material flow and food consumption scenario studies on sustainability of agri-food systems. <http://hdl.handle.net/10138/24303> (Viitattu 27.1. 2013).

Rosen M A., Le, M. N., Dincer I. 2005. Efficiency analysis of a cogeneration and district energy system. Applied Thermal Engineering, 25 147–159

Saari K. ja Alanne A. 2006. Distributed energy generation and sustainable development. Renewable and Sustainable Energy Reviews 10:539–558

Salminen, P., Katajamäki, W., Hildén, M., Shrestha, S., Bastakoti, G.B. 2012. Policy learning: integrating povertyreduction and climate change responses in Finland's development cooperation and CDM activities. Final Report. Finnish Environment Institute and Asian Institute of Technology. <http://formin.finland.fi/public/download.aspx?ID=104045&GUID={0A302B15-69A6-4C02-8B05-C9882E415ED7}> (Viitattu 22.2. 2013).

Schulman, A., Alanen, A., Hæggström, C.-A., Huhta, A.-P., Jantunen, J., Kekäläinen, H., Lehtomaa, L., Pykälä, J., & Vainio, M. 2008. Perinnebiotoopit. Julk.: Raunio, A. Schulman, A. & Kontula, T. (toim.). 2008. Suomen luontotyyppien uhanalaisuus – Osa I: Tulokset ja arvioinnin perusteet. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Suomen ympäristö 8/2008. S. 149–174.

Seppälä J , Mäenpää I, Koskela S , Mattila T, Nissinen A, Katajajuuri J-M, Härmä T, Korhonen M-R, Saarinen M and Virtanen Y , 2011. An assessment of greenhouse gas emissions and material flows caused by the Finnish economy using the ENVIMAT model. *Journal of Cleaner Production* 19:1833-1841.

Sievänen, R., Lehtonen, A., Ojanen, P. & Salminen, O. 2012. Metsien hiilitaseet. Julkaisussa: Asikainen, A., Ilvesniemi, H., Sievänen, R., Vapaavuori, E. & Muhonen, T. (toim.). Bioenergia, ilmastonmuutos ja Suomen metsät. Metlan työraportteja / Working Papers of the Finnish Forest Research Institute 240: 197-204.

Smith A.D., Mago, P.J., & Fumo N. 2012. Benefits of thermal energy storage option combined with CHP system for different commercial building types. *Sustainable Energy Technologies and Assessments* (In Press)

Straughan, R. D. & Roberts, J. A. 1999. Environmental segmentation alternatives: a look at green consumer behavior in the new millennium. *Journal of Consumer Marketing*, 16:558 – 575.

Suomen kuntaliitto 2012. Hulevesiopas. Helsinki. http://ktshop.kunnat.net/product_details.php?p=2714 (Viitattu 23.2. 2013).

The Scottish Government 2010. Adapting to the changing climate: Consultation on the environmental impacts of adaptation. <http://www.scotland.gov.uk/Publications/2010/12/10140608/0> (Viitattu 27.1. 2013).

The Scottish Government 2012. Scottish Climate Change Adaptation Programme Strategic Environmental Assessment Screening and Scoping Report. <http://www.scotland.gov.uk/Resource/0039/00396981.pdf> (Viitattu 27.1. 2013)

Tilastokeskus 2012. Energiatilasto: Vuosikirja 2011.

Wilburn, D.R., 2011, Wind energy in the United States and materials required for the land-based wind turbine industry from 2010 through 2030: U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2011–5036, Virginia. 22 p. <http://193.166.21.102:9091/servlet/com.trend.iwss.user.servlet.sendfile?downloadfile=IRES-1302370243-10A51E70-9296-9263-5> (Viitattu 15.2. 2013).

WSP Finland 2013. Pyöräilyn hyödyt ja kustannukset Helsingissä. Helsingin kaupunki. Helsingin kaupunkisuunnitteluviraston julkaisuja (painossa).