



Luonnonvara- ja
biotalouden
tutkimus 51/2015

Menetelmä maankäytön kehityksen ennustamiseen

Pinta-alojen kehitys ja kasvihuonekaasupäästöt vuoteen 2040

Markus Haakana, Paula Ollila, Kristiina Regina, Henri Riihimäki ja Tarja Tuomainen

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 51/2015

Menetelmä maankäytön kehityksen ennustamiseen

Pinta-alojen kehitys ja kasvihuonekaasupäästöt vuoteen 2040

Markus Haakana, Paula Ollila, Kristiina Regina, Henri Riihimäki ja Tarja Tuomainen

Luonnonvarakeskus, Helsinki 2015



ISBN: 978-952-326-102-0 (Painettu)

ISBN: 978-952-326-103-7 (Verkkajulkaisu)

ISSN 2342-7647 (Painettu)

ISSN 2342-7639 (Verkkajulkaisu)

URN: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-103-7>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Markus Haakana, Paula Ollila, Kristiina Regina, Henri Riihimäki ja Tarja Tuomainen

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2015

Julkaisuvuosi: 2015

Kannen kuva: Maanmittauslaitoksen ortokuva, 2014

Painopaikka ja julkaisumyynti: Juvenes Print, <http://luke.juvenesprint.fi>

Alkusanat

Tämä tutkimusraportti on tuotettu Metsäntutkimuslaitoksen (Metla), Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen (MTT) (1.1.2015 alkaen Luonnonvarakeskuksen (Luke)) ja Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) yhteisessä hankkeessa Maankäytön skenaariot 2015–2035. Hanke toteutettiin vuosina 2013–2015. Maa- ja metsätalousministeriö sekä ympäristöministeriö rahoittivat hanketta osallistuneiden laitosten lisäksi.

EU:n päätökset ja YK:n ilmastosopimukset velvoittavat Suomea raportoimaan vuosittain kasvihuonekaasujen päästöt ja poistumat sekä määrävälein ennusteet päästöjen kehityksestä. Raportoinnit koskevat kaikkia kasvihuonekaasuinventaarion sektoreita mukaan lukien maankäyttö, maankäytön muutos ja metsätalous -sektorin. Kansainvälisten raportointien lisäksi ennusteita on laadittu kansallisiin tarpeisiin, muun muassa pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategian taustatyönä. Kioton pöytäkirjan alla seurataan maankäytön muutoksista aiheutuvien päästöjen ja nielujen kehitystä. Merkittävimmät pinta-alamuutokset, ja siten myös päästöt aiheutuvat muutoksesta metsämaasta rakennetuksi maaksi, rakennetun maan käsittäessä varsinaisten rakennusten ja niiden lähiympäristön vaatiman maan lisäksi myös infrastruktuurin rakentamiseen käytetyn maan. Aiemmin laaditut ennusteet perustuivat lähes yksinomaan historiatiedoista johdettuun trendiin. Tapahtuneisiin muutoksiin perustuvien ennusteiden epävarmuudet on tunnistettu ja tunnustettu. Ministeriöiden ja asiantuntijoiden kanssa käytyjen keskustelujen päätteeksi päätettiin vuonna 2013 käynnistää hanke, jossa keskitytään etenkin maankäytön muutosten ennusteiden luotettavuuden parantamiseen.

Hankkeen tavoitteena oli kehittää maankäytön ja maankäytön muutosten ennustamismenettelmää ja parantaa menetelmällä tuotettujen pinta-alaennusteiden luotettavuutta. Hankkeessa keskityttiin rakennettujen alueiden ennusteen luotettavuuden parantamiseen yhteistyössä Suomen ympäristökeskuksen kanssa. Pinta-alaennusteiden lisäksi hankkeessa laskettiin eri maankäyttömuotojen ja niiden välisistä muutoksista aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt ja -poistumat vuoteen 2040.

Hankkeen työ raportoidaan kahdessa erillisessä tutkimusraportissa. Tämä raportti käsittelee Luken työn osuutta. SYKEN rakennettujen alueiden osuutta käsitellään raportissa Tiitu ym. (2015). Tekijät kiittävät yhteistyökumppaneita ja Matti Kahran (maa- ja metsätalousministeriö) vetämää ohjausryhmää.

10.9.2015

Tekijät

Tiivistelmä

Markus Haakana, Paula Ollila, Kristiina Regina, Henri Riihimäki ja Tarja Tuomainen

Luonnonvarakeskus, Jokiniemenkuja 1, 01370 Vantaa. etunimi.sukunimi@luke.fi

Suomessa maankäyttö, maankäytön muutos ja metsätalous -sektori (LULUCF) on merkittävä kasvihuonekaasujen nielu. Koko 2000-luvun sektorin nielu on kattanut yli 30 % Suomen kokonaispäästöistä, nielun ollessa suurimmillaan lähes 60 % muiden kasvihuonekaasusektoreiden päästöistä. EU:n päätökset ja YK:n ilmastopöytäkirjat velvoittavat Suomea raportoimaan vuosittain kasvihuonekaasujen päästöt ja poistumat sekä määräväleillä ennusteet päästöjen kehityksestä.

Maankäytöstä ja maankäytön muutoksista aiheutuvia kasvihuonekaasupäästöjen ennusteita on laadittu aiemmin historiatietoon perustuen. Nämä ennusteet ovat olleet epävarmoja, koska niiden oletukset ovat sen ajankohdan määrittämät, jota käytetään ennusteen luomiseen. Tämän tutkimuksen tavoitteena oli kehittää menetelmä maankäytön ja maankäytön muutosten ennusteiden luotettavuuden parantamiseksi niin, että ennusteissa käytetään myös muita tietoja kuten väestöennustetta ja yhdyskuntarakennetta historiatietojen lisäksi. Erityisesti tavoitteena oli parantaa rakennettujen alueiden ennustetta. Lähtötietojen tarkentamiseksi ja rakennettujen alueiden ennusteiden osalta tutkimus toteutettiin yhteistyössä Suomen ympäristökeskuksen kanssa.

Hankkeessa kehitettiin menetelmä maankäytön ennustamiseen ja tuotettiin kehitetyllä menetelmällä pinta-alaestimaatit, sekä laskettiin kasvihuonekaasujen päästöt ja poistumat vuoteen 2040. Laskentamenetelmässä yhdistettiin Suomen kasvihuonekaasuinventaarion maaluokkatietoja, Suomen ympäristökeskuksen laskentamallin tuottamia tuloksia rakennetulle maalle ja asiantuntijaraportteja maankäytön kehittymisestä mukaan lukien ilmasto- ja energiastrategian linjaukset. Näitä tietoja yhdisteltiin erilaisten pinta-alaennusteiden tuottamiseksi.

Pinta-alaennusteiden mukaan merkittävimmät maankäytössä tapahtuvat muutokset ovat rakennettujen alueiden pinta-alan kasvu ja siitä aiheutuva metsämaan alan vähentyminen. Rakennettuja alueita tulee merkittävästi myös viljelysmaista. Turvetuotantoalojen pinta-ala vähenee suhteellisesti kaikkein eniten verrattuna muihin maankäyttöluokkiin, noin kolmasosan. Maaluokkien pinta-alaennusteet poikkeavat huomattavasti siitä, mitä pelkkään historialliseen tietoon perustuvat trendit olisivat tuottaneet. Etenkin rakennettujen alueiden osalta tulokseen vaikuttivat yhdyskuntarakenteen ja väestön kehityksen sisällyttäminen ennusteeseen.

Maankäytön ennusteiden mukaisesti laskettiin maankäytöstä ja maankäytön muutoksista aiheutuvat hiilivarastojen muutokset sekä metaani- ja dityppioksidipäästöt. Lisäksi laskettiin metsälannoituksen, typen mineralisaation, kulituksen ja metsäpalojen päästöt. Metsämaa näyttää edelleen säilyvän LULUCF-sektorin merkittävimpänä luokkana ja nieluna. Metsämaan nielu kasvaa suhteellisen tasaisesti koko ennustetun aikasarjan ajan johtuen puuston kasvun lisääntymisestä. Rakennettujen alueiden päästöt kasvavat hieman johtuen pinta-alojen kasvusta tasaantuen kuitenkin 2030-luvun loppupuolella. Kosteikkojen päästöt puolestaan pienenevät hieman lähinnä turvetuotannon päästöjen pienemisen vuoksi. Viljelysmaan kokonaispäästöt kasvavat, koska eloperäisten maiden osuus peltomaasta kasvaa.

Kasvihuonekaasupäästöjen projektiot saadaan tällä menetelmällä laadittua riittävän suurella tarkkuudella esimerkiksi EU:n politiikkatoimien vaikuttavuuden raportointia varten. Epävarmuudet ovat kuitenkin suuret, koska monet tekijät voivat vaikuttaa maanomistajien maankäyttöpäätöksiin tulevina vuosina. Mahdollisten uusien politiikkatoimien sisällyttäminen ennusteisiin edellyttää sekä pinta-alojen arvioinnin että päästölaskennan edelleen kehittämistä.

Asiasanat: maankäyttö, skenaariot, kasvihuonekaasut

Sisällys

Tiivistelmä.....	4
Lyhenteet.....	6
1. Johdanto.....	7
1.1. Taustaa.....	7
1.2. Maankäytön historiaa.....	9
1.3. Aiempia ennusteita.....	10
1.4. Tutkimuksen tavoitteet ja rajaus.....	11
2. Aineistot.....	12
2.1. Pinta-alat.....	12
2.1.1. KHK-aineisto.....	12
2.1.2. Rakennettujen alueiden aineistot.....	12
2.2. Kasvihuonekaasujen päästöt ja poistumat.....	13
2.2.1. Maankäytön pinta-alat.....	13
2.2.2. MELA-metsävaralaskelmat.....	13
2.2.3. LULUCF-sektorin kasvihuonekaasuinventaario.....	14
3. Menetelmät.....	15
3.1. Maankäytön ennusteet.....	15
3.1.1. Aineistojen vertailu.....	15
3.1.2. Pinta-alaennusteet.....	16
3.2. Kasvihuonekaasujen päästöt ja poistumat.....	19
3.2.1. Puusto ja muut biomassat.....	19
3.2.2. Maaperä, kuollut puuaines ja karike.....	20
3.2.3. Pienet päästölähteet.....	20
4. Tulokset.....	21
4.1. Maankäytön kehittyminen vuoteen 2040.....	21
4.2. Kasvihuonekaasujen päästöt ja poistumat vuoteen 2040.....	25
5. Tulosten tarkastelu.....	27
6. Johtopäätökset.....	30
Viitteet.....	31

Lyhenteet

CL	Viljelysmaa, IPCC maankäyttöluokka Cropland
CLC	Corine land cover
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FL	Metsämaa, IPCC maankäyttöluokka Forest land
GL	Ruohikkoalueet, IPCC maankäyttöluokka Grassland
HWP	Puutuotteet, IPCC raportointiluokka Harvested Wood Products
IPCC	Hallitusten välinen ilmastonmuutospaneeli (Intergovernmental Panel on Climate Change)
KHK	Kasvihuonekaasut
KP	Kioton pöytäkirja
LULUCF	Maankäyttö, maankäytön muutos ja metsätalous (Land Use, Land-Use Change and Forestry)
MELA	Luonnonvarakeskuksen tuottamat metsien kehitystä ennustavat laskelmat
OL	Muu maa, IPCC maankäyttöluokka Other land
RHR	Rakennus- ja huoneistorekisteri, Väestörekisterikeskuksen väestötietojärjestelmän rakennus- ja huoneistotiedot
S	Rakennetut alueet, IPCC maankäyttöluokka Settlements
UNFCCC	Yhdistyneiden kansakuntien ilmaston muutoksen puitesopimus ns. Ilmastopöytäkirja (United Nations Framework Convention on Climate Change)
VMI	Valtakunnan metsien inventointi
YKR	Yhdyskuntarakenteen seurantajärjestelmä, SYKE:n kehittämä ja ylläpitämä paikkatietopohjainen tietojärjestelmä
WL	Kosteikot, IPCC maankäyttöluokka Wetlands
WLw	Kosteikkojen alaluokka sisävedet
WLpeat	Kosteikkojen alaluokka turvetuotantoalueet
CO ₂	Hiilidioksidi
CH ₄	Metaani
N ₂ O	Dityppioksidi, typpioksiduuli, ilokaasu

1. Johdanto

1.1. Taustaa

Suomen pinta-ala voidaan esittää luokitettuna maankäytön ja maanpeitteisyyden mukaan. Yksinkertainen jako on esittää pinta-alat maa-alalle, makealle vedelle ja merivedelle. Tämän luokituksen mukaan Suomen pinta-alasta maata on 30,4 milj. ha, sisävesiä 3,5 milj. ha ja merivettä 5,2 milj. ha (Maanmittauslaitos 2014). Muutosta pinta-aloissa voi tapahtua maan ja meriveden sekä maan ja sisävesien välillä. Ilman ihmisen toimintaa Suomen maa-ala kasvaisi maanpinnan kohoamisen seurauksena. Ihminen on myös ottanut rannikolla merialueita käyttöönsä laajentaen maa-alaa keinotekoisesti. Samoin uusia sisävesiä rakennetaan, kuten tekoaltaita vesivoimalaitosten tarpeisiin, ja myös virkistyskäyttöön. Toisaalta päinvastaista toimintaa on harjoitettu pitkään kuivattamalla järviä viljelysmaaksi. Maa-alueiden kuvaamiseen on kehitetty erilaisia luokituksia ilmentämään alueen ominaisuuksia, kuten alueella harjoitettavaa toimintaa (metsätalous / luonnonsuojelu), alueen kasvipeitettä (puustoinen / kasvipeitteetön) tai alueen maaperää (kivennäismaa / turvemaa). Suomessa on käytössä useita järjestelmiä tietojen keruuseen, käsittelyyn ja levitykseen, jotka on kehitetty tiettyä tarvetta varten. Aika ajoin eri luokituksia on pyritty harmonisoimaan, mutta toistaiseksi on lähinnä tunnistettu luokitusten eroja (Maa- ja metsätalousministeriö 2005).

Yksi maankäyttötietojen hyödyntäjistä on Suomen kasvihuonekaasujen (KHK) inventaario. Maankäyttö, maankäytön muutos ja metsätalous -sektorin¹ päästöt ja poistumat² seurataan ja raportoidaan YK:n ilmastomuutosta koskevan puitesopimuksen ja sitä täydentävän Kioton pöytäkirjan mukaisesti. Raportoinnin maankäytön luokitus on määritelty mainittujen sopimusten osapuolikokousten päätöksissä ja inventaarion laadintaan hyväksytyissä IPCC:n ohjeistoissa (Tilastokeskus 2015). Vaikka IPCC-ohjeissa annettua luokitusta tulee noudattaa, on mailla mahdollisuus sovittaa se yhteen kansallisten luokitusten kanssa (IPCC 2006). Suomessa tämä on tarkoittanut Valtakunnan metsien inventoinnissa (VMI) kehitetyn luokituksen mukaisten maaluokkien sijoittamista IPCC-luokkiin, mutta myös kansallisen luokituksen kehittämistä etenkin maankäytön muutosten osalta. VMI:n mukaiset kansalliset maaluokat on kuvattu maastotyöohjeessa (Metsätutkimuslaitos 2009) ja Suomen käyttämät IPCC-maankäyttöluokkien määritelmät Suomen inventaarioraportissa (Tilastokeskus 2015) (ks. myös sivu 8).

LULUCF-sektori on ollut kasvihuonekaasujen nielu koko YK:n ilmastopöytäkirjan raportoinnin seurantaajakson, joka alkaa vuodesta 1990 (kuva 1). Vuoden 2013 inventaarion mukaan LULUCF-sektorin nielu on kattanut tarkastelujaksolla 20–60 % Suomen kokonaispäästöistä (ilman LULUCF-sektoria) (Tilastokeskus 2015). Päästöjen raportoinnin lisäksi KHK-inventaariossa tarkastellaan päästöjen trendiä ja arvioidaan kehitykseen johtaneita tekijöitä. Siten KHK-inventaario antaa kuvan tehtyjen päästövähennystoimien vaikutuksista ja osoittaa tärkeimmät päästövähennyskohteet. Vähennystoimien riittävyyden arvioimiseksi historiatiedot eivät pelkästään riitä, vaan tarvitaan arvioita kuinka päästöt kehittyvät lähivuosina ja tulevina vuosikymmeninä. EU:n päätökset ja YK:n ilmastopöytäkirjat velvoittavat Suomea raportoimaan vuosittain kasvihuonekaasujen päästöt ja poistumat sekä määrävällein ennusteet päästöjen kehityksestä (Päätös N:o 406/2009/EY, Asetus N:o 525/2013/EU, Päätös N:o 529/2013/EU).

Luotettavien ennusteiden laadinnassa keskeisiä tekijöitä ovat lähtötilanteen mahdollisimman hyvä tuntemus sekä muutosten, niitä ohjaavien tekijöiden ja vaikutusten tunnistaminen. Ihmistoiminnan lisäksi LULUCF-sektorin päästöt ja poistumat aiheutuvat luonnonprosesseista, mistä syystä ennusteiden laatiminen on haasteellista. Muuttuvia tekijöitä on paljon ja niitä kaikkia ei vielä tunneta eikä myöskään niiden välisiä vuorovaikutuksia.

¹ Käytetään jatkossa sektorin englanninkielisestä nimestä johdettua lyhennettä LULUCF, Land Use, Land-Use Change and Forestry.

² Päästöllä tarkoitetaan ilmakehään päästölähteestä (prosessi, toiminta) vapautuvaa kasvihuonekaasua. Poistumalla tarkoitetaan nielua (prosessi, toiminta, mekanismi), joka sitoo ilmakehästä kasvihuonekaasuja.

Suomen kasvihuonekaasuinventaarion maankäyttöluokitus

Metsämaa on FAO/FRA:n (Forest Resource Assessments) määritelmän mukainen (FRA 2010). Sen mukaan puuston kypsyysvaiheessa puuston latvuspeittävyys on yli 10 prosenttia. Puiden tulee kyetä saavuttamaan kyseisellä paikalla kypsyysvaiheessaan 5 metrin pituus. Luokkaan kuuluvat kitumaista FAO/FRA (FRA 2010) metsämääritelmän mukaiset kohteet ja muusta metsätalousmaasta metsäautotiet, siemenviljelymetsät, metsätalouden pysyvät varastoalueet, ei kuitenkaan sorakuoppia tai rakennettuja alueita.

Viljelysmaa sisältää viljelyksessä olevat pellot ja kesantopellot mukaan lukien alle 3 m leveät ojat. Lisäksi luokkaan kuuluvat kasvihuoneet, puutarhat ja kotipuutarhat.

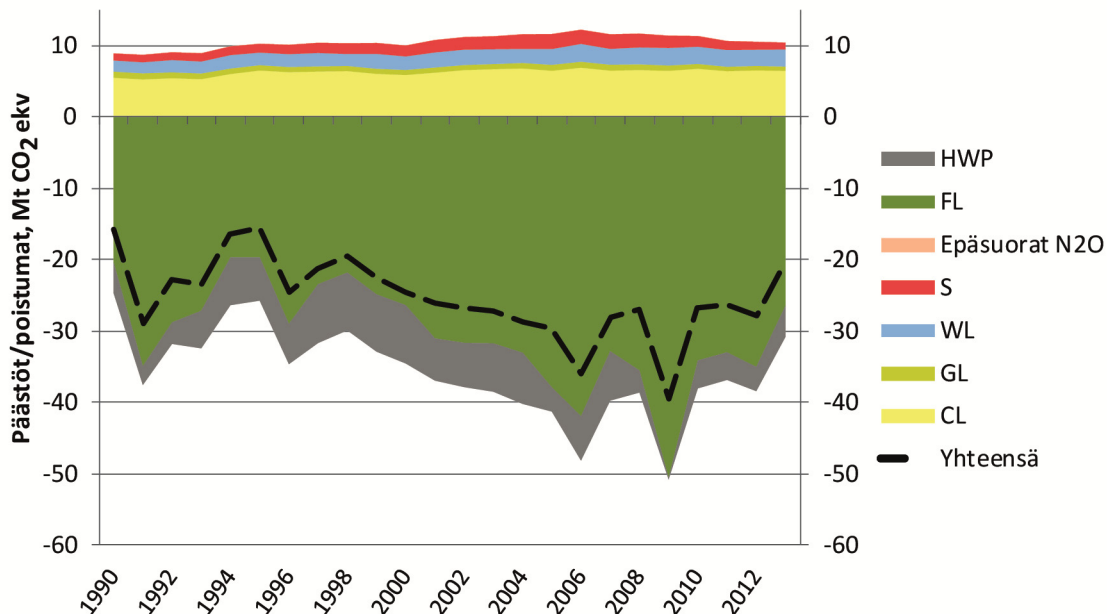
Ruohikkoalueet sisältävät tuotannosta poisjääneet pellot, luonnonlaitumet ja -niityt, hakamaat, yli 3 m leveät ojat ja muut pellon reuna-alueet ja bioenergiakasvien viljelyyn käytetyt alueet. Ei sisällä maatalouden rakennettua maata.

Kosteikot jaetaan turvetuotantoalueisiin, sisävesiin ja soihin, jotka eivät ole metsämaata. Soilla kivennäismaata peittävä orgaaninen kerros on turvetta tai aluskasvillisuudesta yli 75 % on suokasvillisuutta.

Rakennetut alueet ovat asutuskeskusten, tehtaiden, maatalojen talouskeskusten, asuntojen jne. välittömien ympäristöineen vaatima ala. Puita kasvavasta maasta siihen kuuluvat puistot, hautausmaat ja muut vastaavat alueet. Lisäksi luokkaan kuuluvat liikenneväylät ja lentokentät niihin liittyvine alueineen, voimalinjat, kaivosalueet, sorakuopat, peltotiet ja muu maatalouden rakennettu maa.

Muu maa on kivennäismaata, joka ei kuulu mihinkään muuhun maaluokkaan, esimerkiksi joutomaat ja osa kitumaista.

Maankäytöstä aiheutuvat päästöt ovat kullekin alueelle tyypillisiä, riippuen nykyisen maankäytön lisäksi alueella aiemmin tapahtuneista maankäytön muutoksista ja harjoitetusta toiminnasta. Jollekin alueelle tyypillinen päästö pinta-alayksikköä kohti voi olla pieni, mutta suuralueetasolla kokonaispäästö voi muodostua merkittäväksi, jos näiden kohteiden kokonaispinta-ala on suuri. LULUCF-sektorin päästöennusteiden luotettavuutta voidaankin lisätä parantamalla eri maankäyttömuotojen nykypinta-alatietoja ja pinta-alaennusteita. Päästölaskennan kannalta on lisäksi oleellista tunnistaa kivennäismaat ja eloperäiset maat sekä alueet, joiden vesitaloutta on muutettu.



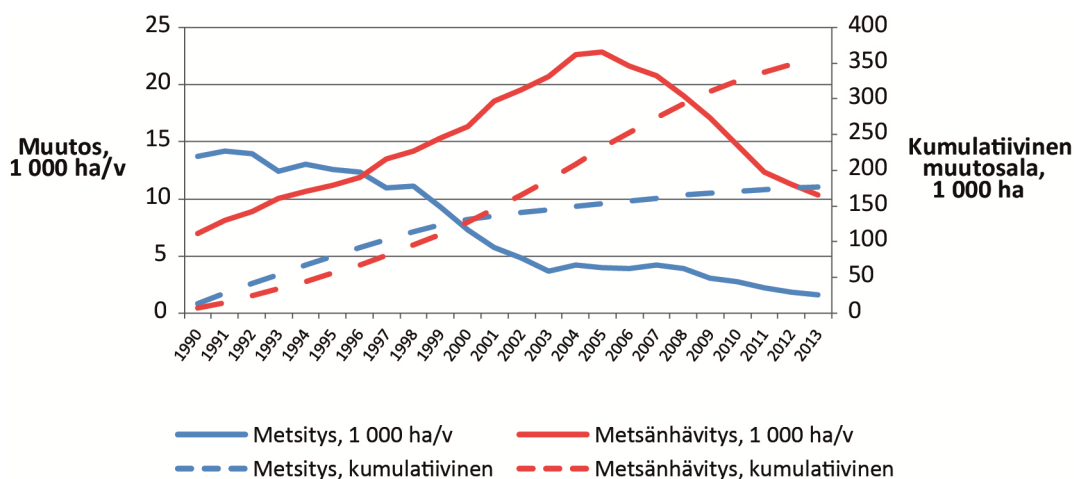
Kuva 1. LULUCF-sektorin nettopäästöt ja -poistumat, Mt CO₂ ekv. Lähde: Tilastokeskus 30.6.2015.

1.2. Maankäytön historiaa

Suomen maankäyttöä on seurattu systemaattisesti ensimmäisestä Valtakunnan metsien inventoinnista lähtien, jonka mittaukset tehtiin vuosina 1921–24. Tuolloin metsämaan osuus Suomen maapinta-alasta oli 59 %. Metsämaan pinta-ala osuus laski hitaasti lähelle 55 %:ia 1960-luvun alkuun tultaessa, mutta nousi nopeasti VMI5:stä (1964–1970) lähtien, jolloin osuus oli jo 61 %. VMI7:stä lähtien metsämaan pinta-alaosuus on ollut 66–67 % kokonaisuusmaasta (VMI10) (Korhonen ym. 2013). Metsämaan osuus on siten laskenut viime vuosisadan alusta 1960-luvulle ja sittemmin kasvanut. Tämä johtuu siitä, että 2. maailmansodan jälkeen elettiin voimakasta rakentamisen kautta, ja toisaalta laajamittaisista metsänparannustoimenpiteistä, kuten metsäojituksesta. Pääosa ojituksista tehtiin 1960-luvun ja 1990-luvun alun välillä (Metsätilastollinen vuosikirja 2003). Viimeisten parinkymmenen vuoden aikana maatalousmaata on palautunut metsätaloukseen. On kuitenkin huomioitava, että VMI:n edetessä metsämaan määritelmä on muuttunut. Vertailukelpoisina voidaan pitää lukuja VMI5:stä (1964–1970) eteenpäin. VMI:ssä arvioidaan metsätaloukseen lisäksi muita maankäyttöluokkia. Tulokset esitetään yleensä tarkemmin metsätaloukseen (metsämaa, kitumaa, joutomaa, metsätiet ym.) ja muu maankäyttö yhtenä ryhmänä. VMI1:ssä muun maankäytön osuus oli 12 %, VMI5:ssä 13 % ja VMI10:ssä 14 % (Korhonen ym. 2013).

Kansainvälisissä raportoinneissa ja tilastoinneissa kuten KHK-inventaariossa Suomi käyttää FAO:n määritelmää metsälle. Tämän määritelmän mukaisen metsämaan pinta-alan osuus kokonaisuusmaasta on laskenut lievästi tarkastelujaksolla 1990–2013 ja oli vuonna 2013 noin 72 %. Metsämaan ala on alkanut vähentyä 2000-luvun alusta lähtien (kuva 2). Metsämaan kokonaisala pieneni noin 188 000 ha, vuonna 2013 se oli noin 21,9 milj. ha. Pääasiallisena syynä pinta-alan pienenemiseen on ollut metsämaan raivaaminen rakennetuiksi alueiksi ja pelloiksi. Vuotuinen metsänhävitysala on ollut 7 000–22 000 ha ja metsitysala 2 000–14 000 ha (Tilastokeskus 2015).

Pellonmetsitysalat ovat pienentyneet koko 2000-luvun ja metsitykseen vaikuttaa osaltaan myös valitseva tukipolitiikka. Pellonmetsitystä on tuettu julkisin varoin vuodesta 1969 (Selby ym. 2002). Pellonmetsitykseen on voinut hakea tukea myös kestävän metsätalouden määräaikaisen rahoituslain toimenpiteenä (Kemera-laki), mutta uudesta laista toimenpide on poistettu. Selby ym. (2002) ovat todenneet tehtyjen pellonmetsitysten riippuneen maksetuista tuista sekä niiden ehdoista. Ensimmäinen pellonmetsityskausi oli Suomessa 1970-luvulla nk. pellonvarausohjelman yhteydessä, jolloin pellonmetsitys laskettiin metsänparannustoiminnan piiriin. Ohjelma päättyi 1974, jonka jälkeen pellonmetsitys hiipui aina vuoteen 1986 asti. 1980-luvun loppupuolella keskustelu maatalouden ylituotannosta kiihtyi ja pellonmetsitys kasvoi. Vuonna 1993 metsitettiin jopa 17 000 ha/v., jonka jälkeen metsitystuki jälleen loppui ja samalla myös metsitysinto (Selby ym. 2002). EU-jäsenyyden myötä Suomi liittyi EU:n rahoitusohjelman 2080/92 piiriin. Suomi ilmoitti metsitystavoitteekseen 88 000 ha vuoteen 1999 mennessä, josta toteutui kuitenkin vain 36 000 ha.



Kuva 2. Metsänhävitys- ja metsitysalat vuosina 1990–2013. Kumulatiiviset summat ovat esitetty katkoviivoituksin.

Viljelysmaan pinta-ala on noin 2,48 milj. ha ja ala on pysytellyt suunnilleen samana 1990–2013. EU-jäsenyyden myötä moni tila lopetti viljelyn ja pinta-ala pieneni, mutta samalla laki pellonraivauksen määräaikaisesta rajoittamisesta (1385/1991) kumottiin ja peltoala alkoi jälleen vähitellen kasvaa (Niskanen & Lehtonen 2014). Maataloustukipolitiikka, maatilojen tilusrakenne ja peltomaan saataavuus ovat vaikuttaneet pellonraivauksen aktiivisuuteen. Viime aikoina merkittävä osa pelloista on raivattu eloperäisille maille ja pellonraivausta on erityisesti Pohjanmaan maakunnissa ja Pohjois-Savossa (Niskanen & Lehtonen 2014). Luonnonhaitta- ja ympäristötukea ei pääsääntöisesti makseta vuoden 2004 jälkeen raivatuille pelloille, mutta EU:n rahoittamaa pinta-alaan perustuvaa tilatukea on voinut siirtää uusille lohkoille. Tukioikeuksien vaikutus pellonraivausalaan näkyy vasta viiveellä (Niskanen & Lehtonen 2014). Eloperäisten viljelysmaiden osuus oli vuonna 1990 noin 9 % ja vuonna 2013 noin 11 % alasta, kasvuun vaikuttaa kotieläintuotannon laajentumisen aiheuttama peltoalan lisätarve rehuntuotantoon ja lannanlevitykseen.

Ruohikkoalueista pääosa on hylättyjä peltoja, joista osa on jo metsittymässä. Ruohikkoalueiden pinta-ala on noin 240 000 ha ja vuotuinen pinta-alamuutos on hyvin pientä. Vuodesta 1990 ala kääntyi hienoiseen laskuun ja 2000-luvulla ala on hiukan kasvanut. Pinta-alamuutoksiin vaikuttavat lähinnä metsitys ja metsittyminen, rakentaminen ja viljelysmaiden muuttuminen ruohikkoalueiksi tai niiden ottaminen takaisin viljelyyn.

Kosteikkoja käsitellään tässä tutkimuksessa kolmena eri alaluokkana, jotka ovat turvetuotantoalueet, sisävedet ja muut kuin metsämaan suot. KHK-raportoinnin laskelmien mukaan turvetuotantoala on kasvanut 1990–2013 noin 82 000 hehtaarista 112 000 hehtaariin. Kansallisen energia- ja ilmastostrategian mukaan turpeen energiakäyttöä tulee vähentää niin, ettei se korvautu kivihiehellä (Kansallinen ilmasto- ja energiastategia 2013). Tuotannosta poistunutta alaa oli 2010 mennessä noin 40 000 ha (Flyktman 2012). Tuotannosta poistuneesta alasta neljännes on jäänyt tuotannon tukialueiksi (Maa- ja metsätalousministeriö 2011), joka selittää osaltaan KHK-raportoinnin (Tilastokeskus 2015) alan suuruutta suhteessa aktiivisessa tuotannossa olevaan alaan (Flyktman 2012).

Kosteikko-luokan soiden ala on ollut lievässä laskussa 1990–2013, alan ollessa noin 2,9 milj. ha. Pinta-alamuutokset johtuvat kosteikkosoiden muuttumisesta metsämaaksi ojituksen seurauksena, ottamisesta turvetuotantoon ja vähemmässä määrin ottamisesta viljelyskäyttöön tai rakentamisesta. Metsätaloudellisesti kannattamattomia ojitettuja soita on noin 830 000 ha (Kojola ym. 2013), joista vajaa 300 000 ha on metsämaata. Tulevina vuosina näistä osan oletetaan palautuvan takaisin kosteikkosoiksi.

Rakennettujen alueiden pinta-ala on ollut kasvussa vuodesta 1990, keskimäärin noin 9 500 ha/v, ja vuonna 2013 ala oli 1,44 miljoonaa hehtaaria. Kasvussa on suurta jaksottaista vaihtelua, korkeimmillaan kasvu oli 1990-luvun lopussa ja 2000-luvun alussa. Ristimäen ym. (2013) mukaan rakentaminen kohdistuu suuremmissa määrin jo rakennetuille alueille, eli yhdyskuntarakenne tiivistyy. Myös VMI:stä saatujen tulosten mukaan rakennettujen alueiden pinta-alan kasvu on kääntynyt laskuun.

1.3. Aiempia ennusteita

Maankäytön ja maankäytön muutosten pinta-alaennusteita ja maankäytöstä aiheutuvia kasvihuonekaasupäästöjen ennusteita on laadittu vuonna 2008 valmistuneen kansallisen ilmasto- ja energiastategian taustaksi (Kansallinen ilmasto- ja energiastategia 2013). Maankäytön muutosennusteet perustuivat tapahtuneisiin muutoksiin ja asiantuntija-arvioihin. Tällöin tunnistettiin useita ongelmakohtia maankäytön ennusteiden laadinnassa. Menetelmää kehitettiin edelleen Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen (MTT), Metsäntutkimuslaitoksen (Metla), Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) ja Ilmatieteen laitoksen yhteishankkeessa Maa- ja metsätalouden sekä muun maankäytön kasvihuonekaasupäästöskenaariot (Greenhouse gas scenarios for agriculture, forestry and other land use (GAF)) (Regina ym. 2013), jossa eri maankäyttömuotojen pinta-alojen kehitystä ennustettiin lineaarisella regressiomallilla historiatietaan perustuen. Ennustetta ohjattiin asiantuntija-arviolla. Huo-

miota kiinnitettiin etenkin viljelysmaiden ennusteiden parantamiseen aluetasolla (hankkeen loppuraportti, julkaisematon).

Edellä mainittujen ennusteiden puutteena oli niiden heikko yhtenevyys muiden kasvihuonekaasupäästösektoreiden ennusteissa käytettyihin oletuksiin, kuten väestön kehitysennusteeseen, joka on oleellinen selittäjä ennustettaessa etenkin rakennettujen alueiden kehitystä. Esimerkiksi muutokset metsästä rakennetuiksi alueiksi ovat olleet merkittävä päästöjen lähde. Kioton pöytäkirjan raportoinnissa metsästä muuhun maankäyttöön vuosina 1990–2013 siirtynyt ala oli 355 000 ha, josta 58 % oli muutosta metsämaasta rakennetuiksi alueiksi (Tilastokeskus 2015).

Vuoden 2008 ilmasto- ja energiastrategian skenaariossa ennustettiin pellonmetsitysalaksi noin 5 000 ha/v ja metsää raivattavan pelloksi 9 400 ha/v vuoteen 2020 saakka. Kasvihuonekaasuinventaariorissa raportoitu toteutunut pellonmetsitysala 2000-luvun lopulla, ruohikkoalueet mukaan lukien, on ollut noin 2 100 ha/v ja yksistään viljelysmaiden metsitys noin 400 ha/v. Todettu muutos metsästä viljelysmaaksi on ollut noin 4 100 ha/v vuosina 2008–2012 ja kaikkiaan uutta viljelysmaata tuli 5 200 ha/v. Toteutuneet alat ovat ennusteita huomattavasti pienempiä. Peltolohkokasterin perusteella uutta peltoa raivattiin 3 000–4 000 ha/v vuosina 2008–2011 (Niskanen & Lehtonen 2014). GAF-hankkeessa ennustetut alat metsitykselle ja metsänhävitykselle vuodesta 2012 eteenpäin olivat 800 ha/v (2 600 ha/v mukaan lukien ruohikkoalueista tulleet) ja 3 100 ha/v. Tämän mukaan näyttäisi siltä, että GAF-hankkeessa onnistuttiin parantamaan viljelysmaiden ennustetta. Rakentamisesta johtuvan metsänhävityksen pinta-alaksi arvioitiin vuonna 2008 tehdyssä ennusteessa 8 500 ha/v ja GAF-hankkeessa 9 500 ha/v. Vuosina 2008–2012 ala oli keskimäärin 8 200 ha/v, joten lyhyellä aikavälillä ennusteet olivat kohtuullisen hyvät.

Pelkästään historiatietoon pohjautuva menetelmä näyttää tuottavan epävarmoja ennusteita. Ennusteiden oletukset ovat sen ajankohdan määrittämät, jota käytetään ennusteen määrittämiseen. Siten merkittäviäkään tekijöitä, kuten maatalouspolitiikan muutoksia, väestön kehitysennusteita tai suunniteltuja infrastruktuurin rakennushankkeiden seurauksia ei ole mukana ennusteissa. Ennusteiden laadintaan käytetyn menetelmän tulisikin olla joustava, joka mahdollistaa myös vaihtoehtoisten skenaarioiden laadinnan. Projektitietojen tuottaminen erilaisiin tarpeisiin, kuten kansallisiin tarpeisiin sekä ilmastopöytäkirjojen ja EU:n edellyttämiin raportointeihin, edellyttää laskentamenetelmän kehittämistä ja lähtöaineistojen tuottamisen vakiinnuttamista.

1.4. Tutkimuksen tavoitteet ja rajaus

Tutkimuksen tavoitteena oli kehittää ennusteiden laskentamenetelmää maankäytön ja maankäytön muutosten ennusteiden luotettavuuden parantamiseksi niin, että ennusteissa käytetään muita tieto- ja historiatietojen lisäksi. Erityisesti tavoitteena oli parantaa rakennettujen alueiden ennustetta.

Hankkeen tavoitteena oli kehittää menetelmä, jolla maankäytön ja maankäytön muutosten pinta-alat voidaan ennustaa Suomen kasvihuonekaasuinventaarion mukaisissa maankäyttöluokissa, sekä pystytään laskemaan pinta-alaennusteen mukaiset inventaarion kanssa yhdenmukaiset kasvihuonekaasujen päästö- ja poistuma-arviot sekä kansallisiin tarpeisiin että kansainvälisiin raportointeihin.

2. Aineistot

Tutkimus jakautui kahteen osaan. Ensimmäisessä osassa kehitettiin menetelmiä maankäytön ennustamiseen ja tuotettiin kehitetyllä menetelmällä pinta-alaestimaatit. Toisessa osassa laskettiin maankäytön pinta-alaennusteen mukaiset kasvihuonekaasujen päästöt ja poistumat vuoteen 2040.

2.1. Pinta-alat

2.1.1. KHK-aineisto

Hankeessa käytettiin kasvihuonekaasuinventaarion vuoden 2013 laskennan maankäyttötietoja. Aineisto pohjautuu VMI10 ja VMI11 mittauksiin. Maankäyttötietoja on päivitetty ja täydennetty paikkatietoaineistoilla (taulukko 1). Paikkatietoanalyysillä tarkistettiin VMI:n maaluokkamuutoksia maastomittausta edeltävältä jaksolta vuoteen 1990 nähden sekä mittauksen jälkeen vuoden 2012 loppuun. Menetelmä on kuvattu tarkemmin Suomen kasvihuonekaasujen inventaarioraportissa (Tilastokeskus 2015).

VMI-aineistot perustuvat maastossa mitattuihin ja arvioituihin tietoihin systemaattisesti sijoitetuilta koealoilta (Valtakunnan metsien inventointi 2015). VMI10-aineisto on mitattu vuosina 2004–2008 ja VMI11 vuosina 2009–2013. Yhden inventoinnin aineisto kattaa koealatiedot viideltä mittausvuodelta. Laskenta-aineiston pinta-alat laskettiin VMI:ssä käytetyllä menetelmällä, jossa kullakin koealalla on otanta-aluekohtainen pinta-alaedustavuus (Tomppo ym. 2011). Otanta-alueiden pinta-alaedustavuudet laskettiin Maanmittauslaitoksen virallisista kunnittaisista pinta-aloista (Maanmittauslaitos 2014). Yhden inventoinnin koealamäärä oli noin 79 000 kpl, joista maalla sijainneita koealoja oli 70 000 kpl. Kaikkia koealoja käytettiin laskenta-aineiston muodostamiseen. Aineisto sisältää tiedot koealan mittaushetken maankäytöstä ja maaluokkamuutoksista, muutosta edeltävästä maaluokasta ja maaluokan muutosvuoden. Kansalliset maaluokat muunnettiin KHK-inventaarion raportointihjeen mukaisesti IPCC-maankäyttöluokkiin Maa- ja metsätalousministeriön asettaman työryhmän suosituksen (IPCC 2006, Maa- ja metsätalousministeriö 2005) mukaisesti. Tutkimuksessa käytettiin IPCC-luokkia, jotta pinta-ala- ja päästölaskennat olisivat vertailukelpoisia KHK-raportoinnin kanssa.

2.1.2. Rakennettujen alueiden aineistot

Rakennetuilla alueilla käytettiin KHK-aineistoja ja pinta-alaennusteiden laskennassa myös SYKE:n rakennetun alueen laskentamallin tuloksia. SYKE:ssä kehitetty laskentamalli käytti lähtötietoina Corine-maanpeiteaineiston eri ajankohtien välisiä maaluokkamuutosaloja rakennettuun maahan, Tilastokeskuksen väestöennustetta, rakennus- ja huoneistorekisterin tietoja (RHR), ja yhdyskuntarakenteen kehittymistä (YKR) (Tiitu ym. 2015). Corine-maanpeitetasot on tuotettu eri paikkatietoaineistojen ja satelliittikuvien avulla vuosille 2000, 2006 ja 2012 (Härmä ym. 2015). Aineistossa oli pinta-alaennusteet hehtaareina kaikkien IPCC-luokkien ja rakennetun maan välillä Etelä- ja Pohjois-Suomelle. Alat pohjautuivat Corine maanpeite 2012 -aineiston mukaiseen lähtötilanteeseen. Rakennetun alueen laskentamallilla pyrittiin parantamaan ennusteen luotettavuutta verrattuna pelkkään KHK-aineistoon, koska se huomioi mm. väestön ikääntymisen ja väestönkasvun vähittäisen hidastumisen.

Taulukko 1. KHK-aineiston tuottamisessa käytetyt paikkatietoaineistot ja SYKEN rakennetun alueen laskentamallissa käytetyt paikkatietoaineistot. Sarakkeessa 'SYKEN laskentamalli' C tarkoittaa käyttöä Corinen lähtöaineistona.

Paikkatietoaineisto	KHK-aineisto	SYKEN laskentamalli
Maastotietokanta (MML)	X	C
Peltolohkorekisteri ja kasvulohkotiedot (Mavi)	X	C
Digiroad 2006 ja 2011	-	C
Ilmakuvat	X	-
Satelliittikuvat	X	C
MVMI-teemakartat (Metla)	X	C
Yhdyskuntarakenne YKR	-	X
Rakennus- ja huoneistorekisteri RHR	X	C
Corine land cover 2000, 2006 ja 2012	-	X

2.2. Kasvihuonekaasujen päästöt ja poistumat

2.2.1. Maankäytön pinta-alat

LULUCF-sektorin päästö- ja poistumalaskenta on lähes yksinomaan pinta-alaperusteista. Ennusteet maankäytön ja metsätalouden päästöistä ja -poistumista laskettiin tässä raportissa kuvattujen maankäytön ennusteiden (ennustettujen pinta-alojen) mukaisesti. Käytetty maankäyttöluokitus on kuvattu luvussa 1.1 ja vastaa Suomen KHK-inventaarion luokitusta (Tilastokeskus 2015).

2.2.2. MELA-metsävaralaskelmat

Metsämaan ja metsämaasta muuhun käyttöön siirtyvien päästoluokkien ja nielujen laskentaan käytettiin Lukessa tuotettua MELA-skenaariota, joka kuvaa metsävarojen kehittymistä, jos aines- ja energiapuun hakkuut pysyvät viime vuosien keskimääräisellä tasolla (toteutunut hakkuukertymä - skenaario). Skenaarion lähtötilanne perustuu VMI11:n vuosina 2009–2013 tehtyjen mittausten tuloksiin. Toteutuneeseen hakkuukertymään perustuva skenaario valittiin, koska sitä pidettiin todennäköisimpänä kehitysvaihtoehtona muihin käytettävissä olleisiin skenaariovaihtoehtoihin verrattuna.

Pinta-alat, puuston tilavuuskasvun ja kokonaisbiomassan kehitys olivat käytettävissä MELA-tulospalvelun kautta (Luonnonvarakeskus 2015). Puuston poistuma jaettuna hakkuukertymään, hakkuutähteeseen ja luonnonpoistumaan saatiin erikseen MELA-laskentaryhmältä tätä tutkimusta varten (taulukko 2, Salminen 2015).

Taulukko 2. Päästöjen ja poistumien laskennassa käytetyt MELA:n 'Toteutuneet hakkuut' -skenaarion kausi- ja tilamuuttujat.

Kausimuuttujat	2011–2020	2021–2030	2031–2040	
	1 000 m ³			
Kokonaispoistuma	74 688	70 748	70 760	
Hakkuukertymä	59 254	60 162	60 209	
Hakkuutähte	4 235	2 192	1 762	
Luonnonpoistuma	11 200	8 394	8 790	
Kokonaiskasvu	99 647	101 237	105 980	
Tilamuuttujat	2011	2021	2031	2041
Kokonaistilavuus, 1 000 m ³	2 356 419	2 606 025	2 910 947	3 263 178
Kokonaisbiomassa, 1 000 t	1 676 663	1 840 872	2 052 732	2 301 773

Metsämaan maaperän hiilivarannon laskentaan tarvittiin puuston biomassaa erikseen juurille ja lehdistä. Tätä tietoa MELA-tuloksissa ei ollut käytettävissä, joten kokonaisbiomassa jaettiin ositteisiin KHK-inventaariota varten VMI11-aineistosta laskettujen biomassaositteiden osuuksilla. Sekä MELA:n että KHK-inventaarion biomassat oli laskettu Repolan biomassamalleilla, mutta neulasbiomassaa jouduttiin korjaamaan maaperälaskentaa varten vastaamaan Marklundin mallilla laskettua biomassaa. (Tilastokeskus 2015)

2.2.3. LULUCF-sektorin kasvihuonekaasuinventaario

Joidenkin pienten luokkien osalta päädyttiin ennusteena käyttämään jo tapahtuneita päästöjä. Näille luokille laskettiin viimeisimmän KHK-inventaarion päästöstä vuosien 2009–2013 keskiarvo. Keskiarvot laskettiin metsämaan typpilannoitukselle (N_2O), maaperän typen mineralisaatiolle (N_2O), kulotukselle (CH_4 , N_2O), metsäpaloille (CO_2 , CH_4 , N_2O), kasvuturpeelle (CO_2) ja metaanipäästöille sisävesistä (maankäytön muutostilanteissa).

3. Menetelmät

3.1. Maankäytön ennusteet

KHK-aineistoja käytettiin kaikkien maankäyttöluokkien pinta-alaennusteiden laskennassa. Viljelysmaiden pinta-alaennusteiden laadinnassa käytettiin myös Luken maataloussektorin asiantuntijoiden näkemyksiä, jotka huomioitiin erikseen Etelä- ja Pohjois-Suomelle ja kivennäis- ja eloperäisille maille. Turvetuotantoalueiden osalta pinta-alaennusteissa huomioitiin myös luvitustilanne, jälkikäyttöaste ja käytöstä poistuneiden tuotantoalueiden ala Bioenergia ry:n (2015) ja Flyktmannin (2012) mukaan. Rakennettujen alueiden osalta pinta-alaskenarajoissa käytettiin sekä VMI:hin pohjautuvaa KHK-aineistoa että Corine-maanpeitetason pohjautuvia aineistoja, minkä vuoksi oli tarpeen tutkia niiden yhteensopivuutta.

3.1.1. Aineistojen vertailu

Vertailu tehtiin Corine- ja KHK-aineistojen välillä, jotka luokitettiin IPCC-maankäyttöluokkiin. KHK-aineiston maankäyttö vuonna 2012 on johdettu VMI11:sta, jonka maankäyttötietoja on päivitetty paikkatietoaaineistojen avulla. Aineistojen yhteensopivuus ilmenee maaluokkamatriisista taulukossa 3.

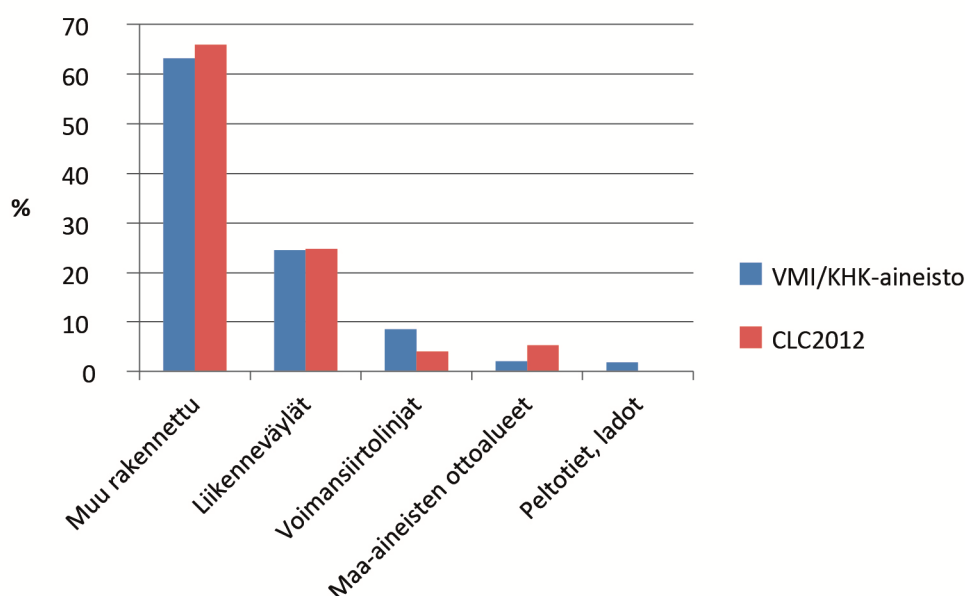
Taulukko 3. IPCC-maankäyttöluokkien yhteensopivuusvertailun Corine maanpeite 2012- ja VMI/KHK-aineistojen välillä. Taulukon luvut ovat VMI-koealojen määriä.

CLC2012	VMI/KHK-aineisto								CLC2012 Yhteensä	VMI/CLC-osuus
	FL	CL	GL	WL	S	OL	WLw	WLpeat		
FL	51 299	408	329	828	1 683	347	276	39	55 209	92,9 %
CL	190	6 495	219	0	110	0	6	5	7 025	92,5 %
GL	83	176	180	15	38	14	5	4	515	35,0 %
WL	752	3	5	3 227	22	40	299	12	4 360	74,0 %
S	443	239	38	1	2 141	8	30	6	2 906	73,7 %
OL	120	0	0	15	7	473	0	0	615	76,9 %
WLw	79	6	3	36	38	27	7 999	0	8 188	97,7 %
WLpeat	28	0	0	3	7	1	5	216	260	83,1 %
VMI yhteensä	52 994	7 327	774	4 125	4 046	910	8 620	282	79 078	Kokonaistarkkuus
CLC/VMI-osuus	96,8 %	88,6 %	23,3 %	78,2 %	52,9 %	52,0 %	92,8 %	76,6 %		91,1 %

KHK:n mukaisista rakennetuista alueista oli Corine maanpeite 2012 (CLC2012) -aineistossa 53 % rakennettuihin alueisiin kuuluvissa luokissa. Vastaavasti CLC2012 mukaisista rakennetuista alueista oli KHK-aineiston mukaan rakennettua noin 74 %. Corine-aineisto perustuu maanpeitteeseen ja VMI lähinnä maankäyttöön, mikä selittää osittain eroavaisuuksia. CLC2012-aineistossa resoluutio on 20 m aiemman 25 m sijaan. Pikselikoon muutos huomioitiin vuosien 2006 ja 2012 välisessä CLC-maaluokkamuutosaineistossa (Tiitu ym. 2015), jotta SYKE:n rakennetun maan mallia varten pystyttiin laskemaan maankäytön muutokset 2006–2012. Pikselikoon pienenemisestä johtuen CLC2012 mukainen rakennettujen alueiden pinta-ala oli aiempia Corine-aineistoja pienempi, 0,9 milj. ha ja oli huomattavasti alle VMI:stä lasketun 1,4 miljoonan hehtaarin.

Pinta-alaerojen selvittämiseksi tehtiin aineiston lähempi tarkastelu, missä rakennetut alueet jaettiin muuhun rakennettuun maahan (esim. rakennukset ympäristöineen), liikenneväyliin, voimansiirtolinjoihin, maatalouden rakennettuun maahan ja maa-ainesten ottoalueisiin (kuva 3). Eroa selittää se, että Corinessa rakennetun alueen lähtökohtana on kiinteistörajoista riippumaton 20 metrin

pixelikoko, missä yksittäisen rakennuksen koko on kasvatettu 60 m X 60 m kokoiseksi ja tätäkin suuremmiksi joidenkin kohteiden osalta, jotta laajat asfaltoidut piha-alueet tulisivat mukaan rakennettuun maahan (teollisuus-, kaupalliset, hallinnolliset rakennukset, urheilu- yms. alueet). Liikenneväylät on esitetty Corine-aineistossa yhtenäisinä, vähintään 20 metrin levyisinä väylinä. Corine huomioi lähinnä itse rakennukset ja liikenneväylät, mutta VMI:ssä rakennetut alueet määritellään todetun maankäytön mukaan. VMI:n mukaiset puustoiset alueet, kuten puistot ja puustoiset tontit ovat usein Corinessa metsää. Corine-aineistossa rakennetun maan luokassa ei ole mukana kaikkia kohteita, jotka VMI:ssä luokitetaan rakennettuun maahan, joista selkeimmin todettavissa on maatalouden rakennetun maan puuttuminen suurelta osin (ladot, peltotiet), pienimpien teiden ja sähkölinjojen puuttuminen. Corinen maanpeiteluokituksessa monet näistä kohteista luokitetaan metsäksi tai harvapuustoiseksi alueeksi. Eroista huolimatta rakennettujen alueiden alaluokkien osuudet olivat molemmissa aineistossa lähellä toisiaan etenkin liikenneväylien ja rakennusten osalta, jotka kattavat 90 % rakennetuista alueista. Voimansiirtolinjojen osuus oli KHK-aineistossa huomattavasti suurempi, koska Corinessa on mukana vain isot voimalinjat.



Kuva 3. Rakennettujen alueiden pinta-alan jakautuminen alaluokkiin VMI/KHK- ja CLC2012-aineistoissa.

3.1.2. Pinta-alaennusteet

Pinta-alaennusteet laskettiin vuodesta 2013 eteenpäin. Lähtötilanteena olivat vuoden 2013 kasvihuonekaasuinventaarion kuuden IPCC-maankäyttöluokan pinta-alat. Ennusteita laskettiin sekä KHK-että Corine-aineistoista. Corine-aineistoa käytettiin osana rakennettujen alueiden laskentamallia (Tiitu ym. 2015). Laskennat tehtiin Etelä- ja Pohjois-Suomelle sekä kivennäis- ja eloperäisille maille erikseen, joista tulokset summattiin. Ennusteissa kivennäis- ja eloperäisten maiden osuus eri maankäyttöluokissa perustui KHK-aineiston mukaiseen historialliseen jakaumaan kaikissa lasketuissa skenaariovaihtoehdoissa.

KHK-aineiston maankäytön muutoksista laskettiin kaksi trendivaihtoehtoa lineaarisella regressiomallilla, kymmenen vuoden jaksolle 2003–2012 (skenaario KHK 2003–2012) ja pidemmälle aikajaksolle 1990–2012 (skenaario KHK 1990–2012). Lisäksi laskettiin ennuste keskimääräisten maankäytön muutospinta-alojen perusteella vuosilta 1990–2012 (skenaario KHK ka 1990–2012). Vuosittaisia ja muun aikavälin keskimääräisiä historiallisia muutospinta-aloja käytettiin apuna maankäytön kehiti-

tymistä koskevien oletusten sovittamiseksi ennusteisiin. Turvetuotantoalueiden ja viljelysmaiden pinta-alojen ei oletettu kasvavan nykyisestä. Vaihtoehdot laskettiin, jotta nähtäisiin onko maankäytön muutosten trendeissä tapahtunut muutosta. Eri skenaariovaihtoehtojen tuottamia tuloksia käytettiin menetelmän kehittämisessä ja pinta-alamuutosten realistisuuden arvioimisessa sekä trendien huomioimiseksi ennusteissa. Laskenta oli iteratiivinen prosessi.

Skenaarioalojen laskemiseksi KHK-aineiston maankäyttöluokkien välisistä vuotuisista muutospinta-aloista laskettiin kumulatiivinen summa ja edelleen lineaarinen regressiomalli, jolla ennustettiin maaluokkamuutosten pinta-alat vuoteen 2040 saakka. Maankäyttöluokkien vuotuiset kokonaispinta-alat saatiin lähtötilanteen ja muutospinta-alojen avulla.

Rakennetuilla alueilla oli lisäksi käytössä SYKEN laskentamallin tuottamat pinta-alaennusteet jaksolle 2013–2015 ja sen jälkeen viisivuotisjaksoittain eri maankäyttöluokista Etelä- ja Pohjois-Suomelle (Tiitu ym. 2015). Malli perustuu Corine maanpeite 2012 -aineiston mukaisiin rakennetun alueen pinta-aloihin, joita on käytetty muutosalojen laskennassa. Mallin tuloksia hyödynnettiin kolmessa skenaariovaihtoehdossa. Ensimmäisessä vaihtoehdossa käytettiin mallin tuottamia muutospinta-aloja suoraan (skenaario RakLM ha). Toisessa vaihtoehdossa pinta-alat muutettiin kasvuprosenteiksi, jotka kerrottiin KHK-aineiston rakennettujen alueiden pinta-alalla vuonna 2012, joka vastaa Corine maanpeite 2012 -aineiston ajankohtaa (skenaario RakLM pr). KHK-laskenta-aineiston mukainen rakennetun maan pinta-ala oli huomattavasti suurempi kuin Corine maanpeite 2012 -aineiston mukaan ja tässä tehtiin oletus, että koko rakennettu maa kehittyy samalla tavalla kuin SYKEN laskentamallissa tehty ennuste Corine-aineistolle. Viimeisessä vaihtoehdossa aineistojen eroista johtuen laskettiin myös skenaario Corine ja KHK-aineistojen yhdistelmän pohjalta osittamalla KHK-aineiston rakennetun maan koealat CLC2012-maanpeitetason rakennetulla maalla oleviin koealoihin ja muihin koealoihin paikkatietoanalyysin avulla. Sijaintitarkkuuden ja spatiaalisen resoluution huomioimiseksi käytettiin kahden pikselin kokoista bufferia. CLC2012:n kanssa yhtenevälle ositteelle käytettiin SYKEN laskentamallin tuottamia pinta-aloja rakennetun maan muutokselle ja toisesta ositteesta laskettiin KHK-aineiston trendin mukainen muutosala 2003–2012 datasta. Ennustettu pinta-alakehitys oli näiden kahden ositteen summa (skenaario RakLM ha + KHK).

Lasketut skenaariovaihtoehdot perustuivat siis lineaarisen regressiomallin historiatietojen perusteella tuottamiin ennusteisiin tai keskimääräisiin maankäytön muutospinta-aloihin tehdyt oletukset huomioon ottaen. Rakennetuilla mailla käytössä oli myös SYKEN laskentamalli. Eri vaihtoehdot olivat seuraavat:

- KHK 2003–2012, trendiennuste lyhyen aikavälin muutosaloista
- KHK 1990–2012, trendiennuste pitkän aikavälin muutosaloista
- KHK ka 1990–2012, keskimääräinen muutosala pitkällä aikavälillä
- RakLM ha, SYKEN rakennetun alueen laskentamallin ennuste
- RakLM pr, muutosprosentit SYKEN mallista sovellettuna KHK-aineiston mukaiselle rakennetulle alueelle
- RakLM ha + KHK, yhdistelmä, jossa SYKEN RakLM ha -ennusteen pinta-aloja käytetään vain niille koealoille, joille CLC2012 ja VMI:n maankäyttö on yhteneväinen, muutoin KHK-aineistosta laskettua lyhyen aikavälin trendiennustetta

Perusskenaariossa käytettiin RakLM pr ennusteen mukaisia pinta-aloja rakennetuksi alueeksi muuttuvalle maalle ja muuten KHK 2003–2012 ennusteen maankäyttömuutospinta-aloja. Perusskenaarioon tehtiin tarkennuksia viljelysmaalle, ruohikkoalueille, rakennetuille alueille ja turvetuotantoaloille. Laskennassa oletettiin, että viljelysmaan ja turvetuotantoalueiden ala ei kasva. Lisäksi turvetuotantoalueilla oletettiin, että jälkikäytön osuus lisääntyy tuotannosta poistuneilla aloilla KHK-aineiston mukaiseen nykytilanteeseen nähden. Maankäyttöluokkakohtaiset muutokset ennusteisiin on esitelty alla.

Viljelysmaa

Viljelysmailla oletettiin, että kokonaispinta-ala säilyy nykytasollaan. Aineiston perusteella pellonraivausalat ovat olleet varsin suuria viime vuosina ja perusskenaarion muutospinta-aloja viljelysmaahan jouduttiinkin tarkistamaan alaspäin. Perusskenaarion tuottamia maaluokkamuutospinta-aloja viljelysmaahan tarkasteltiin erikseen kivennäis- ja eloperäisille maille Etelä- ja Pohjois-Suomessa aieman GAF-hankkeen tulosten suuntaviivoja noudattaen. Kyseisessä hankkeessa pinta-alojen kehitystä käytiin läpi maakuntatasolla MTT:n asiantuntijoiden kanssa, josta tulokset koostettiin Etelä- ja Pohjois-Suomelle. Tilannearvio maatalouden kehityksen suhteen päivitettiin edelleen nykytiedon valossa Luken maataloussektorin asiantuntijoiden kanssa. Pinta-alojen ennusteessa on pyritty huomioimaan mm. maatalouden eri tuotantosuuntien kehittyminen alueittain ja siitä aiheutuva paine maankäytölle. Käytännössä aineistosta laskettuihin skenaarioihin tehtiin tarvittavat korjaukset asiantuntija-arvioiden pohjalta. Pohjois-Suomessa viljelysmaan pinta-alan oletettiin hieman kasvavan ja Etelä-Suomessa laskevan viimeaikaisen kehityksen perusteella. Etelä-Suomen eloperäisten maiden ala on ollut nopeassa kasvussa, mutta ennusteen mukaan vuosittain raivatun eloperäisen pellon pinta-alan oletettiin jäävän noin 40 % nykytasosta. Pohjois-Suomessa eloperäisillä maille pellonraivauspinta-alan oletettiin olevan noin 60 prosenttia vuosien 2003–2012 keskimääräisistä aloista. Kivennäismailla Etelä-Suomessa pellonraivausalan oletettiin olevan kolmanneksen pienempi ja Pohjois-Suomessa neljänneksen pienempi viimeaikaiseen kehitykseen nähden.

Ruohikkoalueet

Ruohikkoalueiden kokonaispinta-ala on melko pieni ja siten aineistosta johtuva vaihtelu suurta. Ruohikkoalueiden muutosennusteesta jätettiin pois pienimmät maaluokkien väliset muutosalat, esimerkiksi kosteikosta hakamaiksi muuttuneet alat. Turvetuotannosta ruohikkoalueiksi muuttuneessa pinta-alaennusteessa huomioitiin pitkän aikavälin keskimääräinen kehitys myös sen vuoksi, että Vapo on luopumassa ruokohelvestä. Muutoin historiallisen aineiston perusteella ruohikkoalueiden pinta-ala olisi kasvanut vauhdikkaammin, koska aiemmin monilla vanhoilla turvetuotantoalueilla ryhdyttiin kasvattamaan ruokohelpeä.

Turvetuotantoalueet

Turvetuotantoalojen osalta ennusteessa huomioitiin viime vuosina myönnetyt uudet turvetuotantoluvat (noin 1 500 ha/v) ja toisaalta uudet lupahakemukset (noin 15 000 ha), jotka perustuvat Bioenergia ry:n keräämiin tietoihin. Lupaprosessi on hidas eikä nopeita muutoksia ole odotettavissa. Nykyiseen nähden uuden tuotantoalan ei oleteta kasvavan myöskään ilmasto- ja energiapolitiittisen linjauksen vuoksi, jonka mukaan turvetuotannon alaa pyritään vähentämään (Kansallinen ilmasto- ja energiastrategia 2013). Laskentoja tehtäessä mahdollisia muutoksia strategiaan ei ollut vielä julkistettu. Ennusteessa ei ole eroteltu energia- ja ympäristöturvetta toisistaan, mutta ympäristöturpeen alan ennustetaan vähentyvän vähintään samaa tahtia kuin energiaturpeenkin, vaikka kysyntää olisi. Tähän vaikuttaa myös uusien tuotantokenttien avaaminen jo ennestään ojitetuille aloille, jotka eivät ole yhtä otollisia ympäristöturpeen tuotannolle. Flyktmannin (2012) mukaan tarvetta uusille turvetuotantoaloille olisi huomattavasti enemmän, mutta tässä tutkimuksessa päädyttiin alempaan ennusteeseen nykyisten tuotantolupien ja aineiston perusteella. Ennusteessa uutta turvetuotantoalaa oletetaan otettavan käyttöön saman verran kuin uusia tuotantolupia on myönnetty viimeisten vuosien aikana keskimäärin. Metsämaan ja kosteikkojen osuus turvetuotannoksi muuttuneesta alasta laskettiin lähtöaineistosta vuosien 2003–2012 aloista.

Laskenta-aineiston perusteella turvetuotannosta muuhun maankäyttöön siirtyvä pinta-ala on ollut vähäistä. Turvetuotannosta poistuvan alan ennustetaan kasvavan nykyisestä, koska suuri osa turvetuotantokentistä on ollut käytössä jo 20–25 vuotta, joka on tavallinen turvetuotannon kesto soilla turpeen paksuudesta ja kesän säistä riippuen. Tilastoitu aktiivisessa turvetuotannossa oleva ala on huomattavasti pienempi kuin KHK-laskenta-aineistossa ja ero on kasvanut vuosittain (Tilastokeskus

2015). Tutkimuksessa oletettiin, että entistä suurempi osa aktiivituotannon ulkopuolisesta turvetuotantoalasta siirtyy vähitellen muuhun maankäyttöön. Laskentamenetelmässä käytettiin Flyktmannin 2012 raportin mukaista tuotannosta poistuvaa pinta-alaa, 3 700 ha/v, joka vastaa myös Bioenergia ry:n keräämiä toteutuneita aloja viime vuosilta. Jälkikäyttöön menevän pinta-alan oletettiin olevan tästä alasta noin 50 % vuoteen 2020 saakka ja sen jälkeen noin 70 %. Vuosina 2003–2012 ala on ollut reilu 1 000 ha/v KHK-aineistossa. Turvetuotannon jälkikäytön jakaantumisesta eri maankäyttöluokkiin on käytetty Pickenin (2007) tutkimusta.

Metsämaa

Metsämaan pinta-alaskenaariot seuraavat muun maankäytön kehitystä. Metsämaan ja kosteikkojen väliset muutokset ovat olleet vähäisiä ja tässä tutkimuksessa oletettiin, että uutta metsämaata ei enää synny ojitetuista suoalueista. Valtaosa ojitetuista soista on jo muuttunut turvekankaiksi (Metsätilastollinen vuosikirja 2014) eikä uudisojituksia enää käytännössä tehdä.

3.2. Kasvihuonekaasujen päästöt ja poistumat

Biomassassa, kuolleessa puuaineessa, karikkeessa ja maaperän orgaanisessa aineksessa tapahtuvat hiilivarantojen muutokset sekä metaani- ja dityppioksidipäästöt laskettiin Suomen vuoden 2015 kasvihuonekaasuinventaariossa (KHK) käytössä olleilla menetelmillä. KHK-inventaario on laadittu YK:n Ilmastopöytäkirjan ja Kioton pöytäkirjan osapuolikokousten päätösten ja IPCC:n raportointiohjeiden 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, edellistä täydentävään IPCC 2013 Wetlands Supplement mukaisesti (IPCC 2006, IPCC 2014, Tilastokeskus 2015).

3.2.1. Puusto ja muut biomassat

Metsämaan puuston hiilivaraston muutos laskettiin MELA-skenaarion metsä- ja kitumaan tilavuuskasvun ja kokonaispoistuman erotuksena. Tilavuudet (m^3) muutettiin biomassaksi ($Mg\ m^{-3}$) KHK-inventaariossa käytetyillä muuntokertoimilla erikseen Etelä- ja Pohjois-Suomelle, puulajiryhmille (mänty, kuusi, lehtipuut) ja kivennäis- ja eloperäisille maille (Tilastokeskus 2014, Appendix_7d). Haku- ja luonnonpoistumalle käytettiin omia kertoimiaan. Koska KHK-inventaarion mukainen metsämaa on määritelty hieman toisin kuin kansallinen metsämaa, laskettiin MELA-tuloksista hehtaarikohtaiset kasvut ja poistumat, jotka kerrottiin maankäytön ennusteiden metsämaan pinta-alalla (metsämaana säilyneet).

Muusta maankäytöstä edellisen 20 vuoden aikana metsämaaksi muuttuneille alueille puustobiomassan kasvu laskettiin biomassan nettokasvun ja pinta-alan tulona. Koska MELA-ennustetta ei ollut käytettävissä erikseen metsitetyille maille, biomassan kasvuna käytettiin Suomen inventaarioraportissa (Tilastokeskus 2015, Appendix_6c, Table 4_App_6c ja Table 5_App_6c) esitettyjä kasvulujuja korjattuna MELA-ennusteen metsämaan suhteellisella kasvun lisäyksellä.

Metsästä muuhun maankäyttöön siirtyneille alueille laskettiin puustobiomassan poistumat. Niissä muutoksissa, joissa oletetaan poistettavaksi koko puusto, oletettiin hehtaarikohtainen poistuma samansuuruisiksi kuin MELA-ennusteen mukainen keskibiomassa metsämaalla. KHK-inventaarion tapaan erottelua muutosluokkien kasvupaikan mukaan ei ennusteissa voitu tehdä.

Viljelysmaasta metsäksi tai ruohikkoalueeksi muuttuvilla alueilla vähennettiin peltobiomassa kertaluontoisesti muutosvuonna, ja vastaavasti metsästä tai ruohikkoalueesta viljelysmaaksi muuttuvilla peltobiomassa lisättiin laskentaan muutosvuonna. Samoin laskettiin kaikkien muidenkin maankäyttömuutosten biomassojen muutokset, mutta myöhempinä viljelyvuosina pelto- tai ruohikkobiomassoissa mahdollisesti tapahtuvaa kehitystä ei otettu huomioon. Koska ruohikkoalueisiin kuuluu metsittyviä maatalousmaita, laskettiin niille puuston kasvua vuoden 2013 biomassan keskikasvun mukaisesti.

3.2.2. Maaperä, kuollut puuaines ja karike

Kivennäismaat

Metsämaan, viljelysmaan ja ruohikkoalueeksi muuttuneiden kivennäismaiden hiilivarannon muutos laskettiin Yasso07-maamallilla. Mallilla laskettiin vuotuinen hehtaarikohtainen muutos, joka kerrottiin maankäyttöennusteen mukaisilla pinta-aloilla. Kuvaus mallista ja sen käytöstä eri maankäyttöluokissa on luettavissa Suomen inventaarioraportista (Tilastokeskus 2015). Laskennassa käytettiin vuosien 1971–2013 keskiarvosäätä.

Metsämaalle syöte maaperään laskettiin puuston ja hakkuiden kehitystä ennustavan MELA-tuloksen mukaisesti. Hakkuiden karikesyötteestä vähennettiin energiapuuksi korjattu hakkuutähde (kannot, oksat, hukkapuu). Energiapuun korjuun oletettiin nousevan 13 milj. m³:iin vuonna 2020 Kansallisen metsästrategian mukaisesti (Maa- ja metsätalousministeriö 2015) ja pysyvän sillä tasolla vuoteen 2040 asti. Metsitettyjen maiden maaperän hiilivaraston muutoksen laskennassa oletettiin puustosta syntyvän karikkeen pysyvän vuoden 2013 tasolla.

Viljelysmaalle ja ruohikkoalueille käytettiin hiilisyötteen määränä keskimääräistä kasvintähteen määrää vuosilta 1990–2013. Kuolleen puun poistuma maankäytön muuttuessa metsästä muuhun maankäyttöön arvioitiin samoilla hehtaarikohtaisilla päästökertoimilla kuin KHK-inventaarioraportissa (Tilastokeskus 2015).

Orgaaniset maat

Pääsääntöisesti orgaanisten maiden päästöt laskettiin ennustetun pinta-alan ja ko. maankäyttöluokan päästökertoimen tulona. Metsämaalla juurikarikkeen synnyssä huomioitiin puuston kehityksenuste. Päästökertoimet olivat KHK-inventaarioraportin mukaiset (Tilastokeskus 2015).

3.2.3. Pienet päästölähteet

Metsäpalojen, kulituksen, metsien typpilannoituksen sekä maaperän typen mineralisaatiosta johtuvien päästöjen oletettiin pysyvän vuosien 2009–2013 keskimääräisellä tasolla. Myös vedeksi muuttuneiden CH₄-maiden päästöt ja ympäristöturpeen CO₂-päästö laskettiin vuosien 2009–2013 keskiarvona koko aikasarjalle 2014–2040. Pinta-alaennuste ei siten vaikuttanut näiden päästöjen määrään.

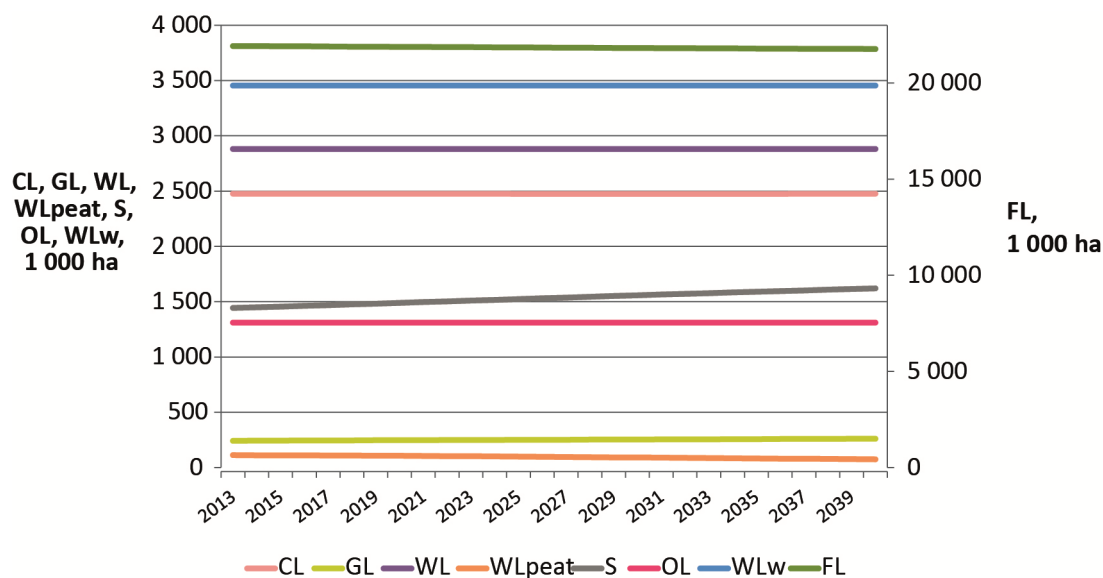
4. Tulokset

4.1. Maankäytön kehittyminen vuoteen 2040

Tutkimuksessa kehitettiin laskentamenetelmä maankäytön ja maankäytön muutosten pinta-alaennusteiden luotettavuuden parantamiseksi. Laskentamenetelmässä huomioitiin historiatietojen lisäksi mm. Tilastokeskuksen väestöennuste, yhdyskuntarakenteen kehittyminen ja turvetuotantoalojen luvitustilanne. Erityisesti rakennettujen alueiden ennustemallia parannettiin käyttämällä SYKEN kehittämän laskentamallin ennusteita yhdessä KHK-laskenta-aineiston kanssa. SYKEN ja Luken välinen yhteistyö laskentamallin kehittämiseksi keskittyi Corine- ja KHK-laskenta-aineistojen yhteensovittamiseen, jonka tuloksena saatiin myös arvio aineistojen vertailukelpoisuudesta. Projektissa tuotettiin malli, jossa eri aineistoja yhdistämällä voidaan tuottaa pinta-alaennusteita rakennetulle maalle. Muiden maaluokkien laskentamallissa otettiin käyttöön entistä enemmän muita tietolähteitä, erityisesti turvetuotantoalojen kehityksen ennustamiseen olemassa olevat eri tietolähteet yhdistettiin tarkempien ennusteiden tuottamiseksi.

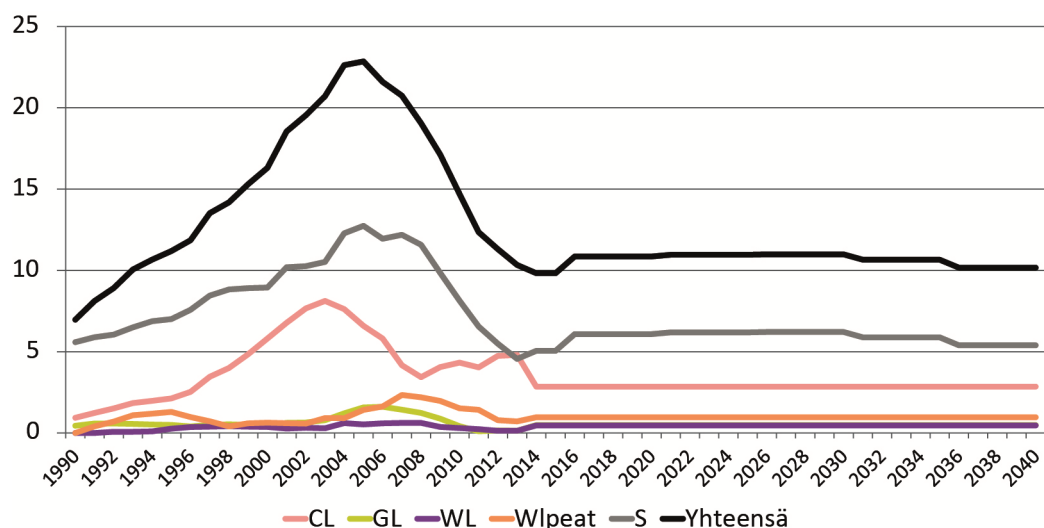
Perusskenaariossa käytettiin SYKEN rakennetun alueen laskentamallin tuottamia kasvuprosentteja ja vuoden 2012 rakennetun maan alalle, joka oli KHK-laskenta-aineiston mukainen (RakLM pr -ennuste). Muiden maankäyttöluokkien pinta-ala-kehitys oli perusskenaariossa KHK 2003–2012 trendiennusteen mukainen huomioiden maankäyttöluokkien kehitymisestä tehdyt oletukset. Oletukset vaikuttavat tuloksissa maaluokkamutosten tasoon (pinta-alaan). Pinta-alaennusteiden mukaan merkittävimmät maankäytössä tapahtuvat muutokset ovat rakennetun maan alan kasvu ja mm. siitä aiheutuva metsäalan pieneneminen (kuva 4). Turvetuotantoalojen pinta-ala vähenee suhteellisesti kaikkein eniten, noin kolmasosan jaksolla 2013–2040 johtuen uusien turvetuotantoalojen vähäisyydestä poistuviin nähden. Metsämaan ala oli vuonna 2013 noin 21,9 milj. ha ja sen ennustetaan olevan vuonna 2040 vajaa 21,8 milj. ha, ala siis pienenee 150 000 ha eli noin 0,7 %. Rakennetun maan ala kasvaa vastaavasti 1,44 milj. hehtaarista 1,62 milj. hehtaariin, jolloin rakennetun maan nettolisäys on 176 000 ha.

Laskennan taustaoletuksena oli viljelysmaan pinta-alan säilyminen nykytasollaan, vajaassa 2,48 milj. hehtaarissa. Pitkän aikasarjan perusteella viljelysmaan alassa ei juuri ole tapahtunut muutoksia. Tästä huolimatta viljelysmaan sisällä tapahtuu muutoksia kivennäismaan osuuden vähentyessä ja eloperäisten viljelysmaiden vähitellen lisääntyessä lähinnä Pohjanmaalla ja Pohjois-Suomessa. Etelä-Suomessa eloperäisten viljelysmaiden ala kasvaa noin 12 000 ha ja Pohjois-Suomessa 18 000 ha vuoteen 2040 mennessä. Eloperäisten viljelysmaiden pinta-ala oli 163 000 ha Etelä-Suomessa ja 82 000 ha Pohjois-Suomessa vuonna 2013, liejumaat luokitellaan kivennäismaiksi. Uutta viljelysmaata raivataan ennusteen mukaan noin 3 900 ha/v, kun ala keskimäärin oli 6 300 ha/v 2004–2013. Suurin osa, noin 2 900 ha/v uusista viljelysmaista tulee metsämaasta ja vajaa 700 ha/v turvetuotantoalueista. Viljelysmaasta poistuvasta alasta yli puolet on hylättyjä peltoja ja muita ruohikkoalueita. Ruohikkoalueita tulee jokin verran enemmän kuin poistuu muuhun maankäyttöön, ala lisääntyy vajaa 500 ha vuodessa. Niiden sisällä eloperäisten maiden osuus kuitenkin pienenee. Maaluokkamutokset ruohikkoalueiksi ovat lähes samaa luokkaa kuin 1990–2013 keskimäärin, reilu 3 000 ha/v. Kosteikkoja muuttui metsämaaksi vielä 1990-luvun alussa lähes 2 000 ha/v, mutta viimeisen 10 vuoden aikana (2004–2013) enää keskimäärin 100 ha/v. Ennusteessa uutta metsämaata ei synny enää kosteikkojen ojitetuista soista. Kosteikoksi muuttuvasta alasta noin puolet on taantuvia metsämaita, 500 ha/v. Kosteikkojen kokonaisala ei juuri muutu.



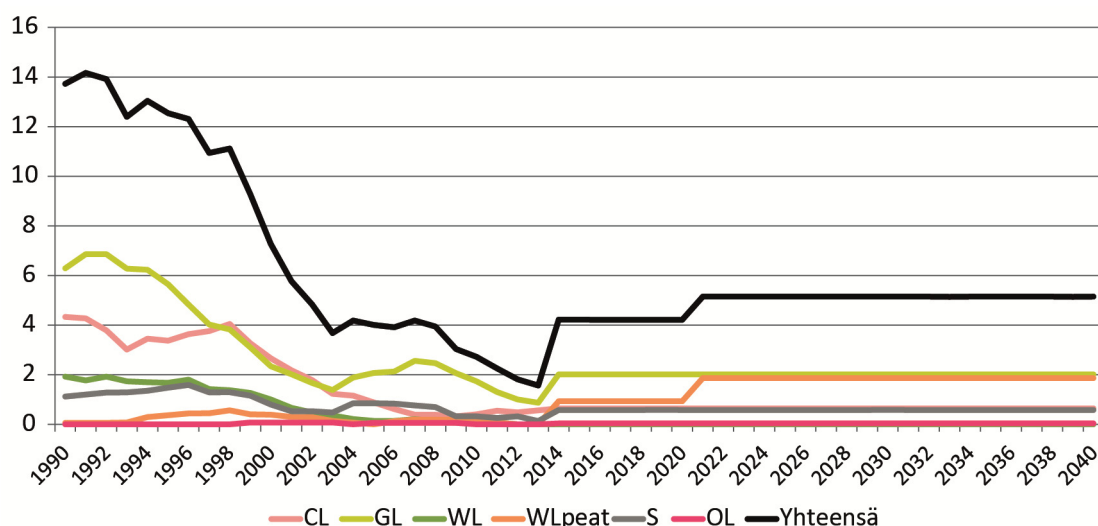
Kuva 4. Maaluokkien kokonaisalojen kehitys 2013–2040 (1 000 ha). Kuvassa metsämaan pinta-ala on esitetty oikean puoleisella asteikolla ja muiden maaluokkien vasemmalla. Lyhenteet: FL = metsämaa, CL = viljelysmaa, GL = ruohikkoalueet, WL = kosteikko (ei turvetuotanto), WLpeat = turvetuotantoalue, S = rakennetut alueet, OL = muu maa, WLw = sisävedet.

Metsämaan pinta-alan vähentymistä aiheuttavat maaluokkamuutokset ilmenevät kuvasta 5. Vuosittain metsästä muuhun maankäyttöön siirtyy 10 000–11 000 hehtaaria aikavälillä 2013–2040. Suurin osa muutoksesta aiheutuu metsämaan raivaamisesta rakennetuiksi alueiksi, skenaariojaksolla 2013–2040 noin 5 000–6 000 ha/v ja keskimäärin 5 900 ha/v. Ala pienenee hieman aikasarjan loppua kohti. Vaihtelu aikasarjassa johtuu siitä, että rakennetun alueen laskentamallissa käytettiin viiden vuoden jaksoja. Metsästä viljelysmaaksi siirtyy vuosittain keskimäärin vajaa 2 900 ha. Turvetuotantoon siirtyvän metsämaan ala säilyy skenaariossa koko jakson samalla tasolla, noin 1 000 ha/v. Kosteikoksi ja ruohikkoalueiksi muuttuvan metsämaan ala on jokseenkin yhtä suuri, molempiin luokkiin noin 500 ha/v. Skenaariolaskennan tulosten mukaan metsäalan vähentyminen on hitaampaa kuin historiallisen aikasarjan perusteella johtuen pääosin rakennetun maan ennustetusta alasta. Myös pellonraivaus on skenaariossa hieman historiallista tasoa alempana, koska viljelysmaan kokonaispinta-alan ei oleteta kasvavan. Historiallisesti 1990–2013 keskimääräinen pellonraivausala on ollut noin 4 000–5 000 ha/v metsämaasta.



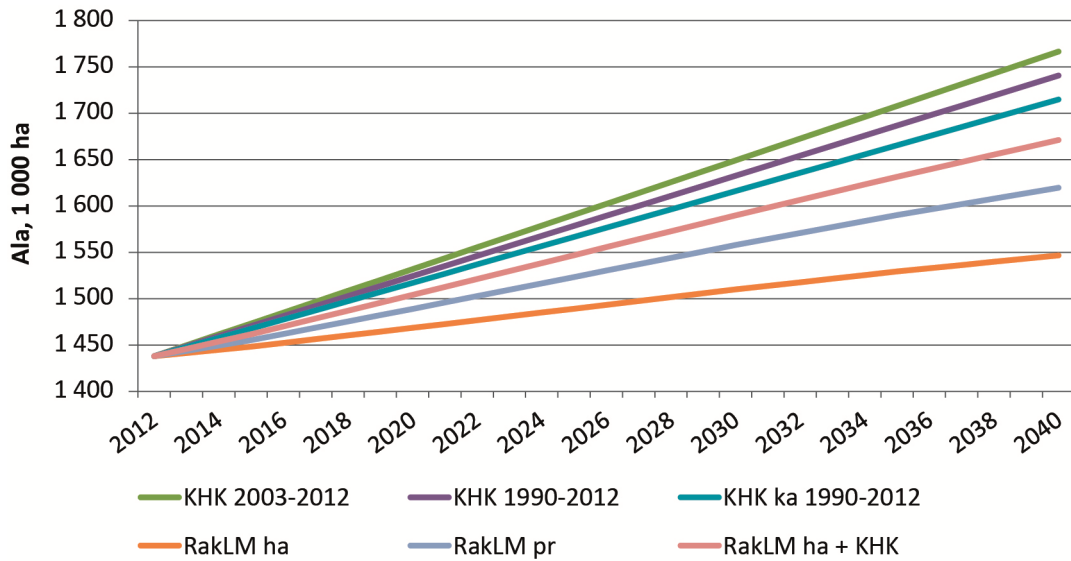
Kuva 5. Muutokset metsämaasta muuhun maankäyttöön, 1 000 ha.

Metsityksen ja metsittymisen osalta suurimmat pinta-alat tulevat ruohikoiden muuttumisesta vähitellen metsämaaksi, keskimäärin 2 000 ha/v. Turvetuotantoalojen metsityspinta-alat ovat olleet vähäisiä, mutta kasvavat skenaariolaskennassa nykyisestä varsinkin vuoden 2020 jälkeen, jolloin ala on noin 1 900 ha/v. Ennen vuotta 2020 turvetuotantoalojen metsityspinta-alat ovat alle 1 000 ha/v, joka on hieman isompi kuin historiallisen datan keskimääräinen ala (200 ha/v). Viljelysmaita ja rakennettuja maita metsitetään ennusteen mukaan suunnilleen samaa tahtia, noin 600 ha/v kumpaakin (kuva 6).



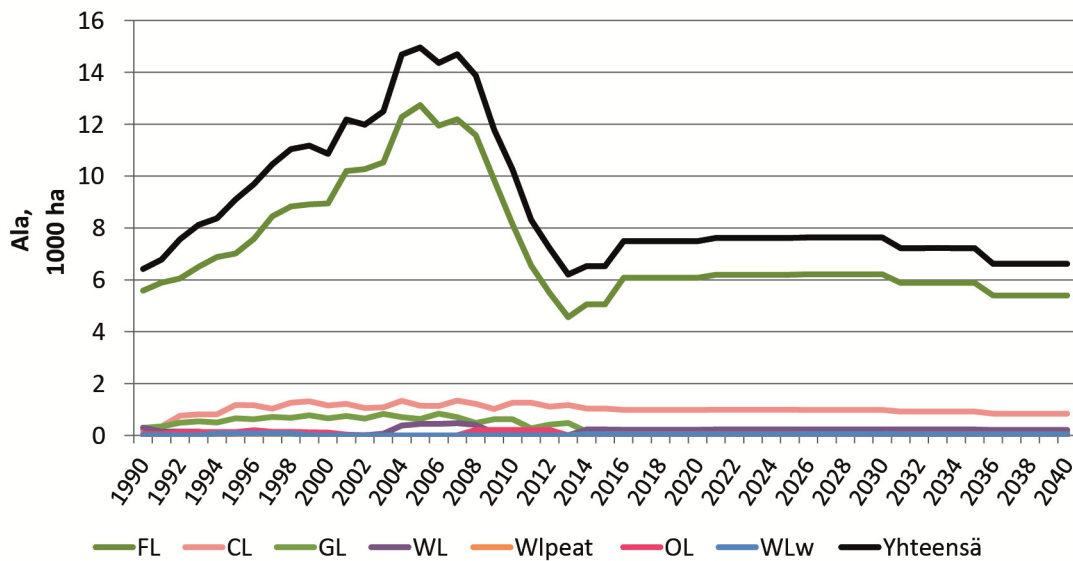
Kuva 6. Vuotuiset metsitysajat eri maaluokista, 1 000 ha.

Rakennettujen alueiden kehityksen arvioimiseksi tehtiin myös vaihtoehtoisia skenaariolaskelmia. Näin oli mahdollista saada kuva rakennetun maan alan muutoksista erilaisilla oletuksilla vuoteen 2040 saakka (kuva 7). Vuonna 2012 KHK-raportoinnin mukaista rakennettua maata oli 1 438 000 ha. Rakennetun maan ala oli vuonna 2040 suurimmillaan 1,77 milj. ha lyhyen aikavälin trendiennusteen mukaan (skenaario KHK 2003–2012). Pitkän aikavälin aineiston pohjalta tehdyn ennusteen mukaan ala oli hieman pienempi, 1,74 milj. ha (KHK 1990–2012) ja keskimääräisen kehityksen mukaan 1,71 milj. ha (KHK ka 1990–2012). Uutta rakennettua maata tulee vuosittain näissä ennusteissa 12 500 ha (KHK 2003–2012), 11 600 ha (KHK 1990–2012) ja 10 700 ha (KHK ka 1990–2012). Yhdistetyssä mallissa SYKEN rakennetun alueen laskentamallin tuottamia muutosaloja sovellettiin vain niille VMI-koealoille, jotka olivat myös Corinen mukaan rakennettua ja lopuille VMI:n rakennetun maan koealoille sovellettiin KHK-aineistosta laskettua lyhyen aikavälin trendiennustetta (RakLM ha + KHK). Sen mukaan pinta-ala oli 1,67 milj. ha ja vuosittainen bruttomuutos 9 300 ha. SYKEN rakennetun alueen laskentamallilla saadut ennusteet olivat hieman pienempiä, 1,62 milj. ha (RakLM pr) ja 1,55 milj. ha (RakLM ha), josta uutta rakennettua maata 6 500–7 600 ja 4 200–5 000 ha/v. Päästölaskennoissa käytettiin tässä tutkimuksessa RakLM pr -mallin tuloksia rakennetuilla mailla. Rakennetusta maasta muuhun maankäyttöön siirtyi vuosittain noin 700 ha perusskenaarion mukaisesti.



Kuva 7. Rakennettujen alueiden pinta-alan kehitys eri skenaariovaihtoehdoissa, 1 000 ha. Tutkimuksessa päätö-laskennoissa käytettiin RakLM pr:n mukaisia ennusteita.

Rakennettuja alueita tulee metsämaan lisäksi merkittävässä määrin myös viljelysmaasta, josta rakennettuihin alueisiin siirtyy 800–1 000 hehtaaria vuodessa, muutosalan pienentyessä aikasarjan loppua kohti (kuva 8). Metsämaasta rakennettua maata tulee 6 000 ha/v.



Kuva 8. Rakennettujen alueiden ennustetut muutosalat eri maankäyttöluokista sekä historialliset muutosalat, 1 000 ha/v.

Uutta turvetuotantoalaa syntyy vuosittain 1 500 ha, joka on hieman pienempi kuin jaksolla 1990–2013 (2 200 ha/v). Ennusteessa on huomioitu lähtöaineiston lisäksi viime vuosina myönnetty uudet turvetuotantoluvat ja toisaalta uudet lupahakemukset. Skenaarioissa jälkikäytön oletettiin kasvavan nykyisestä vähitellen, koska aktiivituotannon ulkopuolinen ala on lisääntynyt. Tästä alasta muuhun maankäyttöön siirtyy vuoteen 2020 saakka keskimäärin 2 200 ha/v ja sen jälkeen 3 100 ha/v. Turvetuotannoksi luokitettu ala pienenee siten vuosittain voimistuen 2020 jälkeen. Skenaariotulokset perustuvat siihen, että jälkikäyttöön menevä ala lähestyy vähitellen Flyktmannin (2012) ra-

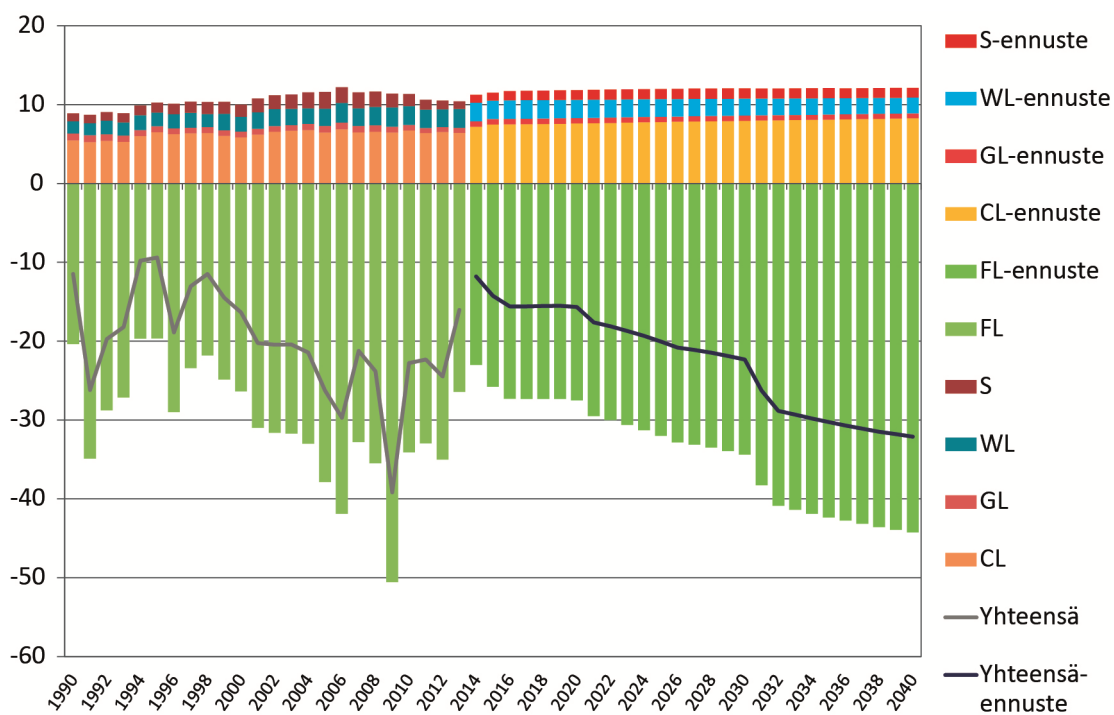
portissa esitettyä arviota, 3 700 ha/v turvetuotannosta poistuvaa alaa. Pääosa entisistä turvetuotantoaloista metsitetään, mutta myös viljelyskäyttöön menevä osuus on merkittävä. Skenaariolaskennan mukaan turvetuotannon kokonaisala on nyt noin 112 000 ha, joka pienenee vuoteen 2020 mennessä 107 000 hehtaariin ja on vuonna 2040 noin 74 000 ha. Mikäli koko tuotannosta poistuva ala päätyisi jälkikäytön seurauksena muuhun maankäyttöön, olisi turvetuotannon pinta-ala enää reilu 50 000 ha vuonna 2040. Mahdollisia politiikkamuutoksia ei huomioitu tehdyissä skenaarioissa.

4.2. Kasvihuonekaasujen päästöt ja poistumat vuoteen 2040

Maankäytön ennusteet vietiin käytäntöön laskemalla maankäytöstä ja maankäytön muutoksista aiheutuvat hiilivarastojen muutokset sekä metaani- ja dityppioksidipäästöt (kuva 9). Kasvihuonekaasujen päästöt ja poistumat laskettiin niin, että ne vastaisivat mahdollisimman hyvin LULUCF-sektorin Suomen kasvihuonekaasuinventaariorissa raportoituja tietoja (Tilastokeskus 2015). Ennusteet laskettiin metsämaalle, viljelysmaalle, ruohikkoalueille, kosteikoille ja rakennetulle maalle sekä niiden välistä muutoksista aiheutuvista päästöistä ja poistumista. Lisäksi laskettiin metsälannoituksen, typen mineralisaation, kulutuksen ja metsäpalojen päästöt. Neljän viimeksi mainitun luokan laskenta ei perustunut tässä hankkeessa tuotettuihin pinta-aloihin vaan niiden ennusteena käytettiin vuosien 2009–2013 todettujen päästöjen keskiarvoa.

Metsämaa on LULUCF-sektorin merkittävin nielu ja sen kehittyminen ohjaa koko sektoria. Metsämaan nielu kasvaa suhteellisen tasaisesti koko ennustetun aikasarjan ajan johtuen MELA-skenaarioiden ennustamasta puuston kasvun lisääntymisestä (taulukko 2). Valitussa toteutuneiden hakkuiden skenaariossa hakkuut perustuvat historiatietoon, joten puuston kasvu näkyy suoraan taaseessa. Rakennetun maan ja kosteikkojen päästöt ovat suhteessa pieni päästölähde. Rakennetun maan päästöt kasvavat hieman johtuen pinta-alojen kasvusta tasaantuen kuitenkin 2030-luvun loppupuolella. Kosteikkojen päästöt puolestaan pienenevät hieman koko aikasarjan ajan lähinnä turvetuotannon päästöjen pienenemisen vuoksi.

Viljelysmaan kokonaispäästöjen arvioidaan kasvavan, koska eloperäisten maiden osuus pelto- maasta kasvaa. Eloperäisten maiden pinta-ala kasvaa vuoteen 2040 mennessä näiden arvioiden mukaan 30 000 ha nykyisestä, ja tämä onkin suurin yksittäinen päästökehitykseen vaikuttava seikka. Pellonraivauksen kuitenkin arvioitiin olevan vähäisempää kuin menneinä vuosina, mikä aiheuttaa päästöjen vähittäistä siirtymää raivatuilta pelloilta yli 20-vuotiaisiin peltoihin. Ruohikkoalueiden päästöissä jatkuisi tämän projektion mukaan laskeva kehitys vuoteen 2040 asti, mikä johtuu eloperäisten maiden osuuden pienenemisestä. Sekä viljelysmaan että ruohikkoalueiden päästöjen arvioitiin kehittyvän keskimäärin, kuten on havaittu vuosina 1990–2013.



Kuva 9. LULUCF-sektorin raportoidut kasvihuonekaasupäästöt ja -poistumat 1990–2013 sekä ennusteet 2014–2040 maankäyttöluokittain (milj. t CO₂-ekv.). Lyhenteiden selitteet: FL = metsämaa, CL = viljelysmaa, GL = ruohikkoalueet, WL = kosteikot (suot, turvetuotanto, sisävedet), S = rakennetut alueet.

5. Tulosten tarkastelu

Maankäyttöluokkien väliset vuotuiset muutospinta-alat ovat verrattain pieniä luokkien kokonaisaloihin nähden ja siten herkkiä otantavirheille. Tämä koskee niin lähtöaineistoja kuin historiatietoon perustuvia ennusteita. Keskeinen tavoite hankkeessa oli parantaa maaluokkaennusteita ja niiden ohjauskeinoja etenkin rakennetulla maalla. Jotta SYKEN rakennetun alueen laskentamallin tulokset voitiin yhdistää skenaariolaskennassa muuhun aineistoon, analysoitiin KHK-aineiston ja Corine-maanpeiteaineiston yhteensopivuutta. VMI- ja Corine-aineistojen uudelleenluokitus IPCC-maankäyttöluokkiin oli varsin yksiselitteisesti toteutettavissa, mutta aineistojen maankäyttöluokissa oli suuria eroja myös rakennetulla maalla, johon tässä keskityttiin. Tämä johtui siitä, että VMI on pistemäistä koeala-aineistoa kun taas Corine on 20 m resoluutiossa ja aineistoa on yleistetty alkuperäisiin tietolähteisiin nähden. Se lisää vertailtujen aineistojen eroja ja aiheuttaa epävarmuutta ennusteisiin. Siten Corine-aineisto ei sisällä niitä kaikkia rakennetun maan elementtejä, jotka VMI:ssä ovat rakennettuja alueita. Tällaisia kohteita ovat kapeat tiet ja puustoiset rakennetun maan kohteet. VMI:ssä kuvataan lähinnä maankäyttöä ja Corinessa maan peitteisyyttä. Vaikka rakennetun alueen pinta-ala Corinessa oli huomattavasti KHK-aineistosta laskettua pienempi, erityyppisten rakennettujen alueiden alaluokkien osuudet olivat molemmissa aineistoissa lähellä toisiaan.

Ennustettuihin muutospinta-aloihin vaikuttaa myös se, että Corinessa pienin eroteltava muutosalueen koko on 0,5 ha, mutta VMI:ssä ala voi olla pienempi. VMI:n perusteella vähintään 0,5 ha muutosalojen osuus on pitkällä aikavälillä noin 75 %. Tämä selittää osaltaan sitä, että SYKEN rakennetun alueen laskentamallin tuottamat muutospinta-alat ovat jonkin verran pienempiä VMI-aineistoon nähden. SYKEN laskentamallissa loma-asutus on omana moduulinaan, jossa muutosalat perustuvat loma-asunnon keskimääräiseen maa-alantarpeeseen, joka on 0,29 ha (Tiitu ym. 2015). Siinä lähtökohtana on yksittäinen vapaa-ajan asunto, kun VMI:ssä usein koko tontti luokitellaan rakennetuksi alueeksi maankäytön perusteella. Vapaa-ajan kiinteistöjen keskimääräinen koko on lähellä 0,5 ha alle 2 ha tonteilla (Maanmittauslaitos 2015). SYKEN rakennetun alueen laskentamalliin ei tehty korjauksia puuttuvien alle 0,5 ha muutosluokkien vuoksi, vaan ainoastaan vertailu KHK-aineistosta laskettuihin skenaariovaihtoehtoihin. Eroavaisuudet voidaan ottaa mallin jatkokehittelyssä huomioon.

KHK-aineistosta käytettiin vähintään kymmenen vuoden tietoja pinta-alaennusteissa otantavirheistä johtuvan epävarmuuden pienentämiseksi. Varsinkin pienemmissä luokissa trendin mukainen kehitys oli herkkä otantavirheille vähäisen aineiston vuoksi, joten ennusteen luotettavuuteen kiinnitettiin erityistä huomiota vertailemalla eri laskentatapojen antamia ennusteita keskenään. Perusskenaarioon tehtiin korjauksia, mikäli trendi poikkesi suuresti historiallisesta keskimääräisestä kehityksestä etenkin pienten luokkien osalta.

Kun nyt laskettua ennustetta verrattiin pelkkään historiatietoon pohjautuvaan ennusteeseen, saatiin hyvin erilaisia tuloksia. Uutta ennustetta voidaan pitää luotettavampi, koska esimerkiksi rakennettujen alueiden osalta pyrittiin huomioimaan paremmin yhdyskuntarakenteen ja väestön kehitys, jotka vaikuttavat rakennettujen alueiden kasvunopeuteen ja tiivistymiseen. Viljelysmaiden osalta KHK-aineiston perusteella kasvu olisi edelleen jatkunut, koska pellonraivausvauhti on ollut viime vuosina nopeampaa kuin muutos viljelysmaasta muuhun maankäyttöön. MTT:n asiantuntija-arvion mukaan viljelysmaan ala ei kuitenkaan kasvaisi, vaan pysyy pitkällä aikavälillä lähellä nykytasoa. Näköpiirissä ei myöskään ole, että viljelysmaan ala lähtisi nopeasti pienenemään. Viljelysmaan nykyinen pinta-ala on ennemminkin tavoiteltava myös vuodelle 2040, ei niinkään ennuste.

Turvetuotantoalaa oletettiin poistuvan käytöstä entistä enemmän. VMI-aineiston valossa jälki-käyttö on ollut toistaiseksi melko vähäistä. Tämä näkyy myös tutkimuksen turvetuotantoalojen kokonaispinta-alassa, joka oli vuonna 2013 lähtötilanteessa huomattavasti suurempi kuin tilastoitu turvetuotantoala. Tässä tutkimuksessa vanhojen turvetuotantoalojen oletettiin siirtyvän enenevässä määrin muuhun maankäyttöön. Skenaarioiden perusteella turvetuotantoala pienenee, vaikka vain puolet loppuun käytetyistä turvetuotantoaloista päättyisi muuhun maankäyttöön.

Aiempiin ennusteisiin verrattuna rakennetun maan pinta-alan kasvu on SYKEN laskentamallilla tuotetussa perusskenaariossa hitaampaa kuin aiemmin. Laskentamallissa on huomioitu mm. yhdyskuntarakenteen tiivistyminen ja väestökehitys. Tämän tutkimuksen KHK-aineiston 1990–2012 trendistä laskettu rakennettujen alueiden pinta-ala vastaa GAF-hankkeen laskentaa, jonka mukaan rakennettua alaa vuonna 2030 olisi 1,64 milj. ha (Regina ym. 2013). Tässä tutkimuksessa päästölaskennoissa käytetty ala rakennetuille alueille oli 1,56 milj. ha eli noin 80 000 ha pienempi ja vuoteen 2040 mennessä ero aiemman ennusteen mukaiseen kehitykseen on noin 120 000 ha (KHK 1990–2012 vs. RakLM pr ennuste). Jälkimmäinen skenaario valittiin päästölaskentoihin kehittyneemmän menetelmän ansiosta, vaikkakin siinä on puutteensa ja ennuste saattaa olla varovainen. Kuitenkin väestöennusteen perusteella väestön kasvu tulee hidastumaan nykyisestä ja yhdyskuntarakenne tiivistymään, jota trendiennuste huomioi vain historiatietojen kautta. Perusskenaariossa metsäalan väheneminen on hitaampaa kuin aiemmin laadituissa ennusteissa. Aiempien skenaarioiden mukaan metsämaata siirtyy muuhun maankäyttöön 21 300 ha/v vuoteen 2020 mennessä, josta 9 400 ha/v aiheutuu pellon raivauksesta ja 8 500 ha/v rakentamisesta (Tuomainen & Kareinen 2008a). Rakentamisen osuus on lähempänä tämän tutkimuksen ennusteita, mutta pellonraivausala on romahtanut.

Turvetuotantoala näyttää kääntyvän vähitellen laskuun, koska alaa oletettiin siirtyvän jälkikäyttöön enemmän kuin uutta alaa otetaan tuotantoon. Vielä vuonna 2008 ennustettiin (Tuomainen & Kareinen 2008b), että uutta turvetuotantoalaa tulee noin 3 500–4 400 ha/v ja 2020 jälkeenkin 3 000 ha/v. Ennuste vastaa edelleen turveteollisuuden tuotantoalan tarvetta, joka Flyktmannin (2012) mukaan on 4 100 ha/v vuoteen 2020. Käytännössä uusia turvetuotantoalueita tulee käyttöön huomattavasti hitaammin ja tässä tutkimuksessa ennustettiin tilanteen jatkuvan nykytasolla, 1 500 ha/v. Muutokset ilmasto- ja energiapolitiittiseen strategiaan voivat muuttaa kehitystä pitkällä aikavälillä.

Tuloksiin liittyy useita epävarmuustekijöitä, jotka johtuvat mm. laskenta-aineistojen luokituseroista ja niiden yhteensovittamisesta. KHK-maankäyttöaineiston ja Corine-maanpeiteaineistojen pidemmälle vietyä yhteensovittamista testattiin yhdistämällä aineistot paikkatieto-operaatiolla ja tuottamalla RakLM ha + KHK -mallin mukaiset pinta-alaennusteet. Testin perusteella rakennetun maan kasvu näyttäisi olevan nopeampaa kuin SYKEN rakennetun alueen laskentamallilla suoraan laskettuna. Jos laskentamallilla halutaan laskea KHK-inventaarion mukaisen rakennetun alueen pinta-alan kehitystä, siinä voisikin paremmin huomioida Corinesta nyt puuttuvat rakennetun maan kohteet ja Corinen maaluokkamutosaineiston pienet muutosluokat (alle 0,5–1 ha kohteet). Rakennettujen alueiden osalta tässä hankkeessa nähtiin kuitenkin selkeämpänä laskea päästöennusteet käyttäen SYKEN rakennetun alueen laskentamallin antamia pinta-alan kasvuprosentteja ilman, että siihen tuodaan jälkikäteen uusia osioita. Esimerkiksi KHK-skenaarioiden kannalta Corine-aineiston käyttökelpoisuus paransi, jos siinä olisi mukana mm. digiroadin pienemmät tieluokat ja alle puolen hehtaarin muutokset.

VMI:ssä vuotuisten maaluokkien välisten muutospinta-alojen otantavirhe on melko suuri, koska muutospinta-alat ovat pieniä verrattuna maaluokkien kokonaispinta-aloihin. Suurin maankäytön muutosluokka on metsämaasta rakennettuun maahan tapahtuva muutos ja siinäkin viimeisten 20 vuoden muutosalojen kaksinkertainen keskivirhe on 10 % luokkaa (muutosala 183 000 ha). Kosteikoista viljelysmaaksi muuttuneille aloille (15 000 ha) vastaava virhe oli 55 % (Tilastokeskus 2015). Ennusteissa virhe on suurempi ja sen vuoksi ennusteiden laskennassa käytettiin vähintään kymmenen vuoden aikasarjaa. Varsinkin pienemmissä luokissa trendin mukainen kehitys oli herkkä otantavirheille vähäisen aineiston vuoksi. Rakennettujen alueiden luokituseroista huolimatta Corinen mukaisen rakennetun alueen kasvuennustetta käytettiin KHK-aineiston mukaisille rakennetuille alueille, joiden oletettiin kehittyvän samalla tavalla. Molemmissa aineistossa rakennetun maan alaluokkien jakauma oli lähellä toisiaan. Pienten, alle 0,5 ha maaluokkamutosalojen puuttuminen Corine-aineistosta voi aiheuttaa aliarviota SYKEN rakennetun alueen laskentamallin ennusteeseen, enimmillään jopa neljänneksen luokkaa.

Kasvihuonekaasupäästöjen projektiot saadaan tällä menetelmällä tehtyä riittävän suurella tarkkuudella esimerkiksi EU:n politiikkatoimien vaikuttavuuden raportointia varten. Epävarmuudet toki

ovat suuret, koska monet tekijät voivat vaikuttaa maanomistajien maankäyttöpäätöksiin tulevina vuosina. Tällaisia ovat esimerkiksi maankäytön rajoitukset, tukipolitiikka tai talouden kehitys. Tuloksia pitää kuitenkin tulkita taustaoletusten valossa. Tämän hankkeen arvioiden taustalla oli oletus, että talous- ja politiikkaympäristö ei juuri muutu nykyisestä, eli kyse on ns. perusskenaariosta. Jos tavoitteena on sisällyttää tarkasteluun myös esimerkiksi uusien politiikkatoimien vaikutuksia, on pinta-alojen arviointiin kehitettävä tapauskohtaisia kertoimia tai muita tapoja muuttaa arvioitua kehityskulkua.

Hankkeessa kehitetyillä menetelmillä voidaan laskea maanluokkien pinta-alaennusteita, mutta niissä on vielä kehitettävää mm. aineistoeroista johtuen. Rakennetun alueen malli pyrittiin pitämään yksinkertaisena laskennan sujuvuuden kannalta. SYKEN laskentamallin moduulirakenne huomioi erityyppiset rakennetut alueet, mutta aineistojen kattavuudessa on edelleen puutteita, kun sitä sovitaan KHK-aineistoon. Muiden maankäyttöluokkien osalta menetelmät ovat iteratiivisia eli regressiomallin tuottamien ennusteiden ja oletusten yhteensovittamista. Jos laskentaa on tarvetta toistaa, oletusten tulisi sisältyä malleihin, jolloin laskennat olisivat huomattavasti virtaviivaisempia.

6. Johtopäätökset

Menetelmää voidaan käyttää maankäytön ja maankäytön muutosten vaikutusten arviointiin suur-alueetasolla, vaikka tässä tulokset on esitetty koko maalle. Maakuntatason ennusteiden tuottamiseen menetelmä vaatii vielä kehittämistä, kuten alueellisten piirteiden ottamista huomioon, esimerkiksi turvemaiden ja kivennäismaiden osuus. Rakennettujen alueiden ennustamiseen maakuntatasolla voidaan jo nyt käyttää SYKEN kehittämää menetelmää. Eri maankäyttöluokkien pinta-alojen ennustamiseen tutkimuksessa kehitettyä menetelmää ja tuloksia voidaan pitää luotettavampina kuin aikaisempia ennusteita. Menetelmä vaatii edelleen asiantuntijoiden arvioita mm. maatalousmaidien ja osalta. Mahdollisuus käyttää asiantuntija-arvioita toisaalta mahdollistaa vaihtoehtoisten laskelmien tekemisen.

Maankäyttömuutokset rakennettuihin alueisiin, viljelysmaahan ja turvetuotantoon aiheuttavat merkittävimmät päästöt, mistä syystä niihin tulee kiinnittää erityistä huomiota sekä pinta-alamuutoksena että päästölähteenä. Maankäytön seurantaan tulee kehittää olemassa olevia järjestelmiä ja edistää niiden käytettävyyttä. Esimerkiksi rakennetun maan tietoja tuotetaan eri tahojen toimesta ja ne sisältävät erityyppisiä alueita, kuten asuntorakentamista, teitä ja muuta infrastruktuuria, joilla voi olla eri käyttöehdot ja ajantasaisuus. Jatkossa tarvitaan tarkempaa tietoa myös rakennettujen alueiden kasvipeitteestä.

Vaikka kehityksessä menetelmässä oli mukana erilaisia aineistoja ja se on rakenteeltaan toimiva, jatkekehityksessä tulee kiinnittää huomiota aineistojen kattavuudesta ja luokituksesta johtuviin eroihin. Maatalouden tuotannosta ja siinä tapahtuneista muutoksista saatavilla olevien tietojen avulla on mahdollista tehdä melko luotettavia oletuksia lähitulevaisuuden kehityksestä. Turvetuotantoalojen poistuminen tuotannosta on ennustettavissa tuotantokenttien pinta-alan ja tuotantovuosien perusteella. Turvekenttien pinta-alaan ja lupiin perustuvaa ennustetta voidaan pitää melko luotettavana, sen sijaan jälkikäyttöön siirtyvien alojen ennustetta täytyy kehittää edelleen.

Hankkeessa kehitellyllä menetelmällä pystytään laatimaan kasvihuonekaasujen päästöennusteet raportointitarkoituksiin. Hankkeessa tehty työ oli kuitenkin kertaluontoinen, ja se kuinka Luken ja SYKEN yhteistyö järjestetään, on vielä avoinna. Keskeinen rooli yhteistyön pysyvyyden luomisessa on raportoinneista vastaavilla ja laitoksia ohjaavilla ministeriöillä sekä laitosten sisällä resursoinnista vastaavilla tahoilla.

Viitteet

- Asetus N:o 525/2013/EU. Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) N:o 525/2013, annettu 21 päivänä toukokuuta 2013, järjestelmästä kasvihuonekaasupäästöjen seuraamiseksi ja niistä raportoimiseksi sekä muista ilmastomuutosta koskevista tiedoista raportoimiseksi kansallisella ja unionin tasolla sekä päätöksen N:o 280/2004/EY kumoamisesta. Saatavana: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013R0525&from=FI>
- Bioenergia ry. 2015. [Turveinfo.fi](http://www.turveinfo.fi)
- FRA2010. Global forest resources assessment. 2010. Country report. Finland. FRA2010/069. Rome, 2010. Saatavana: <http://www.fao.org/docrep/013/al505E/al505E.pdf>
- Flyktman, M. 2012. Energia- ja ympäristöturpeen kysyntä ja tarjonta vuoteen 2020 mennessä, 3. päivitys 3/2012. VTT.
- Härmä, P., Hallin-Pihlatie, L., Hatunen, S., Järvenpää, E., Kallio, M., Säynätkari, T., Teiniranta, R. and Törmä, M. 2015. Producing land cover and land use data in CORINE Land Cover 2012 project in Finland. Saatavana: http://www.syke.fi/en-US/Research_Development/Research_and_development_projects/Projects/Producing_land_cover_and_land_use_data_in_CORINE_Land_Cover_2012_project_in_Finland
- IPCC 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan.
- IPCC 2014, 2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands, Hiraishi, T., Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Baasansuren, J., Fukuda, M. and Troxler, T.G. (eds). Published: IPCC, Switzerland.
- Kansallinen ilmasto- ja energiastrategia. 2013. Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle 20. Päivänä maaliskuuta 2013 VNS 2/2013 vp. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja. Energia ja ilmasto 8/2013. Saatavana: https://www.tem.fi/files/36730/Energia- ja ilmastostrategia_2013_SUOMENKIELINEN.pdf
- Kojola, S., Niemistö, P., Ihalainen, A., Penttilä, T. & Laiho, R. 2013. Metsätaloudellisesti kannattamattomien ojitettujen suometsien tunnistaminen ja jatkokäytön arvioimisperusteet. Maa- ja metsätalousministeriölle laaditun selvityksen loppuraportti (16 s.)
- Korhonen, K.T., Ihalainen, A., Viiri, H., Heikkinen, J., Henttonen, H.M., Hotanen, J.-P., Mäkelä, H., Nevalainen, S. & Pitkänen, J. 2013. Suomen metsät 2004–2008 ja niiden kehitys 1921–2008. Metsätieteenaikakauskirja 3/2013:269-608.
- Luonnonvarakeskus 2015. 23.5.2015 Saatavana: <http://mela2.metla.fi/mela/tupa/index.php>
- Maanmittauslaitos 2014. Suomen pinta-ala kunnittain 1.1.2014. Saatavana: http://www.maanmittauslaitos.fi/sites/default/files/alat_2014.pdf
- Maanmittauslaitos 2015. Kiinteistöjen kauppahinnasto 2014. SVT. Hinnat 2015:1. Saatavana: http://www.maanmittauslaitos.fi/sites/default/files/kiinteistojen_kauppahintatilasto_2014.pdf
- Maa- ja metsätalousministeriö 2005. Maankäytön seurantajärjestelmän kehittäminen. Osa I: Maankäytön luokitukset, tiedonkeruumenetelmät ja aineistot. Osa II: YK:n ilmastosopimuksen mukainen maankäytön ja maankäytön muutosten seuranta ja raportointi. Maa- ja metsätalousministeriö, Työryhmämuistio 2005:5. Saatavana: http://www.mmm.fi/attachments/mmm/julkaisut/tyoryhmamuistiot/2005/RjPKeNOnz/trm_2005_5_Maankayton_seurantajarjestelmien_kehittaminen.pdf
- Maa- ja metsätalousministeriö 2011. Ehdotus soiden ja turvemaiden kestävä ja vastuullisen käytön ja suojelun kansalliseksi strategiaksi. Työryhmämuistio MMM 2011:1.
- Maa- ja metsätalousministeriö 2015. Kansallinen metsästrategia 2025 Saatavana: http://www.mmm.fi/attachments/metsat/MELxikU15/Metsastrategia2025_12022015.pdf
- Metsäntutkimuslaitos 2009. Valtakunnan metsien 11. Inventointi (VMI11). Maastotyön ohjeet 2009. Koko Suomi. 2. Painos. Saatavana: <http://www.metla.fi/ohjelma/vmi/vmi11-maasto-ohje09-2p.pdf>
- Metsätilastollinen vuosikirja 2003. SVT. Maa-, metsä- ja kalatalous. Metsäntutkimuslaitos.
- Metsätilastollinen vuosikirja 2014. SVT. Maa-, metsä- ja kalatalous. Metsäntutkimuslaitos. Saatavana: <http://www.metla.fi/julkaisut/metsatilastollinen/vsk/tilastovsk-sisalto.htm>
- Niskanen, O. & Lehtonen, E. 2014. Maatilojen tilusrakenne ja pellonraivaus Suomessa 2000-luvulla. MTT raportti 150. Saatavana: <http://www.mtt.fi/mttraportti/pdf/mttraportti150.pdf>

- Picken, P. 2007. Geological factors affecting on after-use of Finnish cut-over peatlands with implications on the carbon accumulation, University of Helsinki, 2007, 40 pp., University of Helsinki, Publications of the Department of Geology D10, ISSN 1795-3499, ISBN-978-952-10-2612-6, ISBN-978-952-10-2613-3
- Päätös N:o 406/2009/EY. Euroopan parlamentin ja neuvoston päätös N:o 406/2009/EY, tehty 23 päivänä huhtikuuta 2009, jäsenvaltioiden pyrkimyksistä vähentää kasvihuonekaasupäästöjään yhteisön kasvihuonekaasupäästöjen vähentämissitoumusten täyttämiseksi vuoteen 2020 mennessä. Saatavana: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009D0406&from=EN>
- Päätös N:o 529/2013/EU. Euroopan parlamentin ja neuvoston päätös N:o 529/2013/EU, annettu 21 päivänä toukokuuta 2013, maankäyttöön, maankäytön muutokseen ja metsätalouteen liittyvistä toimista peräisin olevia kasvihuonekaasujen päästöjä ja poistumia koskevista tilinpitosäännöistä ja toimiin liittyviä toimenpiteitä koskevasta tiedosta. Saatavana: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013D0529&from=EN>
- Regina, K., Esala, M., Kahiluoto, H., Lehtonen, H., Nousiainen, J., Palosuo, T., Rinne, M., Ahvenjärvi, S., Sievänen, R., Kallio, M., Salminen, O., Tuomainen, T., Haakana, M., Perttunen, J., Ollila, P., Huuskonen, S., Liski, J., Repo, A., Fronzek, S., Vanhala, P., Jylhä, K., Ruosteenoja, K., Mäkelä, H. & Luomaranta, A. 2013. Maa- ja metsätalouden sekä muun maankäytön kasvihuonekaasupäästökkenaariot. Hankkeen loppuraportti. (Julkaisematon)
- Ristimäki, M., Tiitu, M., Kalenoja, H., Helminen, V. & Söderström, P. 2013. Yhdyskuntarakenteen vyöhykkeet Suomessa - jalankulku-, joukkoliikenne- ja autovyöhykkeiden kehitys vuosina 1985-2010. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 32/2013. Saatavana: <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/41574>
- Salminen 2015. MELA-tulospalvelusta saatavaa skenaariota 'Toteutunut hakkuukertymä' vastaavat poistumätiedot tarkemmalla jaottelulla. Olli Salminen, Luonnonvarakeskus, 17.4.2015.
- Selby, A., Petäjäistö, L. & Koskela, T. 2002. Pellonmetsityksen vaikutuksista maaseudun kehitykseen. Metsätieteen aikakauskirja 4/2002: 643-646.
- Tiitu, M., Helminen, V., Järvenpää, E., Härmä, P., Hatunen, S. & Rehunen, A. 2015. Rakennetun alueen pinta-alan ennakointi. Paikkatietoaineistojen ja -menetelmien hyödyntäminen rakennetun alueen muutosten laskennassa. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 28/2015.
- Tilastokeskus 2014. Greenhouse gas emissions in Finland 1990-2012. National Inventory Report under the UNFCCC and the Kyoto Protocol. 15 April 2014. Statistics Finland 2014. Saatavana: http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/8108.php
- Tilastokeskus 2015. Greenhouse gas emissions in Finland 1990-2013. National Inventory Report under the UNFCCC and the Kyoto Protocol. (julkaisematon, tilanne 30.6.2015)
- Tomppo, E., Heikkinen, J., Henttonen, H. M., Ihalainen, A., Katila, M., Mäkelä, H., Tuomainen, T. & Vainikainen, N. 2011. Designing and Conducting a Forest Inventory - case: 9th National Forest Inventory of Finland. Springer, Managing Forest Ecosystems 21. 270 p. ISBN 978-94-007-1651-3.
- Tuomainen, T. & Kareinen, T. 2008a. Arvio Kioton pöytäkirjan artiklan 3.3 mukaisten toimien ja niistä aiheutuvien kasvihuonekaasupäästöjen ja -nielujen kehityksestä vuoteen 2050 mennessä. Saatavana: http://www.mmm.fi/attachments/ymparisto/5zZopwtZi/Arvio_art_3_3_mukaisten_toimien_ja_niista_ah_eutuvien_paastojen_ja_nielujen_kehityksesta_Metla_20_2_2008.pdf
- Tuomainen, T. & Kareinen, T. 2008b. Turvetuotantoalueiden kasvihuonepäästöjen kehittyminen vuoteen 2050 mennessä. Saatavana: http://www.mmm.fi/attachments/ymparisto/5zZokJT4c/Turvetuotantoalueiden_kasvihuonekaasupaastojen_kehittyminen_Metla_20_2_2008_2.pdf
- Valtakunnan metsien inventointi (VMI). 2015. Saatavana: <http://www.metla.fi/ohjelma/vmi/info.htm>



luke.fi

Luonnonvarakeskus
Viikinkaari 4
00790 Helsinki
puh. 029 532 6000