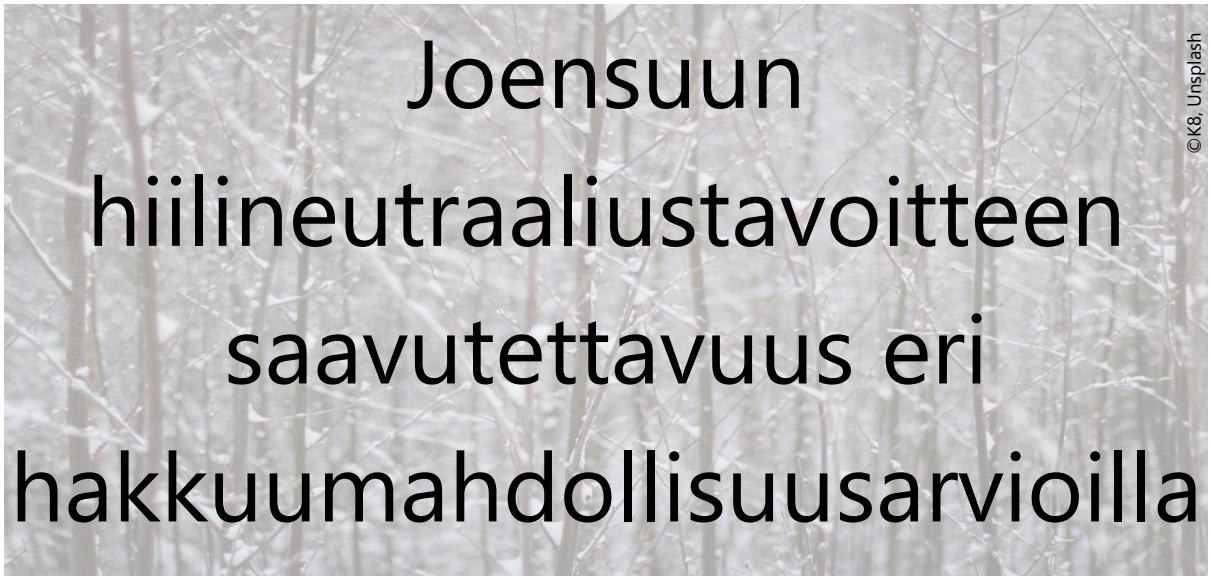
Benviroc



Joensuun hiilineutraaliustavoitteen saavutettavuus eri hakkuumahdollisuusarvioilla

Sisällys

Taustaa 1
Metsät hiilinieluina 2
Ilmastotyön tavoitteet Joensuussa 2
Hakkuumahdollisuusarvioiden menetelmät 4
Hiilineutraaliustavoitteen saavutettavuus 6
Liite 1. Hakkuumahdollisuusarvioiden simulointi 8
Liite 2. Laskelmiin ja arvioihin liittyviä varauksia 11
Lähteet 12

Taustaa

Kunnat ja kaupungit toimivat suunnannäyttäjinä ja edelläkävijöinä sekä kansallisessa että kansainvälisessäkin ilmastopolitiikassa. Ne luovat toiminnallaan kuntalaisille ja alueensa yrityksille ilmastokestävän arjen edellytyksiä. Vähähiilisiin yhdyskuntiin siirtyminen tarkoittaa muutoksia muun muassa energiantuotantoon, teollisuuteen, liikenteeseen ja asumiseen, joissa valtaosa päästöistä syntyy. Kaikilla kunnan toimialoilla tehdään päivittäin päätöksiä, joilla on ilmastovaikutuksia.

Kunnat ja kaupungit ovat siis avainasemassa ilmastonmuutoksen hillitsemisessä. Suomessa kuntien ja kaupunkien ilmastotavoitteiden kunnianhimo on noussut viime vuosien aikana merkittävästi: jo noin 45 prosenttia suomalaisista asuu kunnissa, jotka tähtäävät hiilineutraaleiksi vuoteen 2030 mennessä (Kuntaliitto 2020). Joensuussa tavoite on vielä tätäkin kunnianhimoisempi, sillä kaupunki on asettanut tavoitteekseen olla hiilineutraali jo vuonna 2025. Kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisen lisäksi usein myös päästöjen kompensointi on osa ilmastotyölle asetettuja tavoitteita – näin myös Joensuussa. Metsät ovat Joensuussa merkittävä hiilinielu.

Metsät hiilinieluina

Hiilinielu kerää ja varastoi hiilidioksidia. Maailmanlaajuisesti tärkeimmät hiilinielut ovat meret ja metsät, joiden on molempien arvioitu sitovan ja varastoivan noin neljänneksen maailman hiilidioksidipäästöistä. Hiilinielujen merkitys ilmastonmuutoksen kannalta on siis merkittävä.

Suomessa tärkein hiilinielu ovat metsät. Ihminen voi toiminnallaan vaikuttaa hiilinielujen kokoon ja säilymiseen. Istuttamalla metsää voidaan kasvattaa hiilinieluja ja vastaavasti metsää hävitettäessä hiilidioksidia vapautuu ilmakehään. Tilanteessa, jossa hakkuut ja luonnollinen poistuma ylittävät metsän kasvun, metsä muuttuu hiilen lähteeksi (Ilmasto-opas.fi).

©Anne Nygård, Unsplash

Ilmastotyön tavoitteet Joensuussa

Hiilineutraali Joensuu 2025 on strateginen linjaus, jota toteutetaan kaikissa kaupunkikonsernin yksiköissä. Hiilineutraalilla tarkoitetaan, että Joensuussa syntyy päästöjä yhtä paljon tai vähemmän kuin hiilinieluilla voidaan sitoa. Jäljelle jäävät päästöt kompensoidaan tai sidotaan hiilinieluihin (Climate Joensuu).

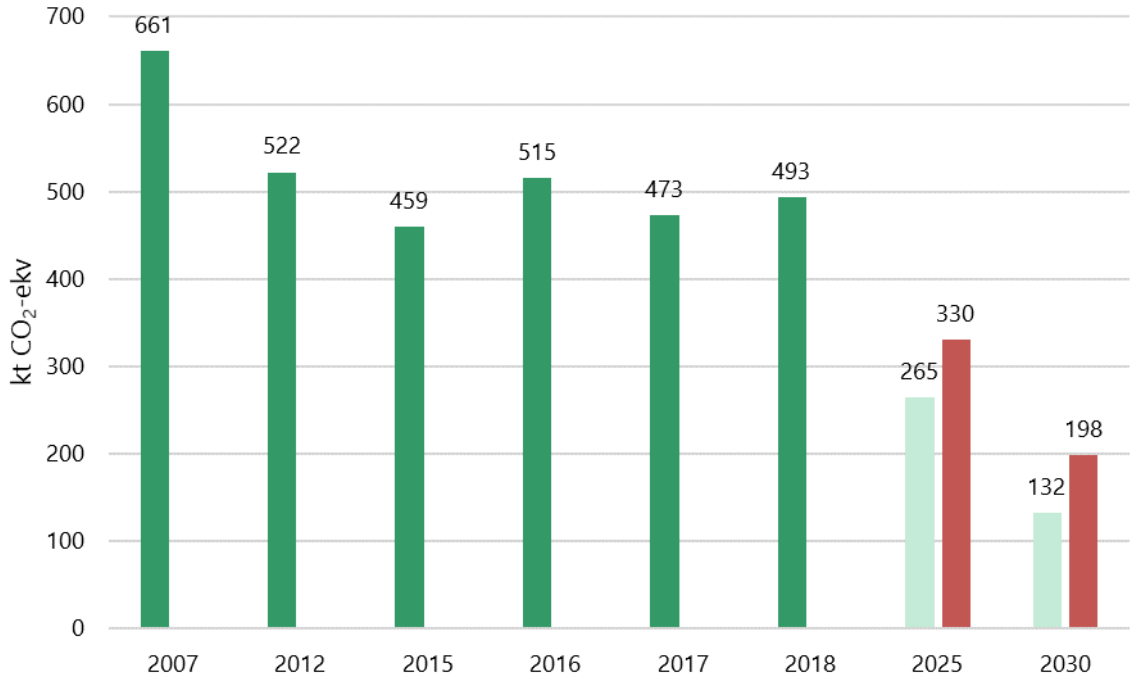
Päästöjen osalta Joensuu tavoittelee 60 % päästövähennystä vuoden 2007 tasosta vuoteen 2025 mennessä. Vuoteen 2030 mennessä tavoitellaan 80 % päästövähennystä vuoden 2007 tasosta. Kuvassa 1 on esitetty Joensuun kasvihuonekaasupäästöjen[1] kehitys vuodesta 2007

[1] Päästöt sisältävät kasvihuonekaasupäästöt seuraavilta sektoreilta: kuluttajien sähkönkulutus, rakennusten lämmitys, teollisuus ja työkoneet, teollisuuden sähkönkulutus, tieliikenne, maatalous ja jätehuolto (Lähde: CO2-raportti)

vuoteen 2018 (vihreät palkit). Lisäksi kuvassa on esitetty hiilineutraaliustavoitteen mukaiset päästöt vuosina 2025 ja 2030 (turkoosit palkit).

Joensuun kasvihuonekaasupäästöt ovat laskeneet 25 % vuodesta 2007 vuoteen 2018, eli 167 kt CO_2-ekv. Vuoden 2025 tavoitteen toteutumiseksi tulisi päästöjen laskea edelleen 228 kt CO_2-ekv ja 361 kt CO_2-ekv, jotta vuoden 2030 tavoite toteutuisi. Päästövähennystavoitteiden toteutuessa jää hiilinieluilla kompensoitavaksi 265 kt CO_2-ekv vuonna 2025 ja 132 kt CO_2-ekv vuonna 2030. Päästövähennys- ja hiilensidontatavoitteiden toteutuessa toteutuu myös kaupungin asettama hiilineutraaliustavoite.

Kuvan 1 punaiset palkit kuvaavat korkeampia hiilensidontatavoitteita. Korkeammat hiilensidontatavoitteet 330 kt CO_2-ekv vuonna 2025 ja 198 kt CO_2-ekv vuonna 2030 kuvaavat tilannetta, jossa päästöjä vähennettäisiin suunniteltua vähemmän, eli 50 % vuoteen 2025 ja 70 % vuoteen 2030 mennessä vuoden 2007 tasoon verrattuna. Tällöin hiilensidontatavoitteiden tulee olla suurempia, jotta päästöt ja hiilinielut olisivat yhtä suuret, ja tavoite hiilineutraaliudesta toteutuisi.



Kuva 1. Joensuun kasvihuonekaasupäästöjen kehitys vuosina 2007–2018 (vihreät palkit) sekä hiilineutraaliustavoitteen mukaiset päästöt vuosina 2025 ja 2030, eli hiilensidontatavoite (turkoosit palkit). Lisäksi kuvassa on esitetty korkeampaa hiilensidontatavoitetta vastaavat päästöt (punaiset palkit) vuosilta 2025 ja 2030. (Lähde: Benviroc Oy 2020, Climate Joensuu)

Hakkuumahdollisuusarvioiden menetelmät

Tässä raportissa on tarkasteltu Joensuun metsien hiilinielun kehitystä kolmen eri hakkuumahdollisuusarvion perusteella. Arvioiden tavoitteena on kuvata alueen metsien hakkuumahdollisuuksia ja niiden rakennetta sekä metsävarojen, metsien hiilivarastojen ja -nielujen kehitystä erilaisilla hakkuumäärillä.

Hakkuumahdollisuusarviot laati Luonnonvarakeskus (Luke) MELA-ohjelmistonsa (Hirvelä ym. 2017) avulla. MELA-ohjelmisto (Luke 2021) on metsien käyttömahdollisuuksien analysointiin ja suunnitteluun kehitetty laskentaväline. Ohjelmiston avulla tuotettiin aineiston jokaiselle laskentayksikölle joukko erilaisia käsittely- ja kehitysvaihtoehtoja laskelmakausien määrittämälle ajalle ja näistä vaihtoehdoista valittiin lineaarisen optimoinnin (Lappi 1992) avulla metsien käytölle asetettujen aluekohtaisten vaatimusten mukainen käsittely- ja kehityssarja. Puuston kehitys, hakkuumäärät ja -tulot sekä korjuukustannukset määräytyivät simuloitujen käsittely- ja kehitysvaihtoehtojen sekä koko alueen metsätaloudelle asetettujen tavoitteiden ja rajoitteiden perusteella. Arviot esitetään kolmen laskelmakauden ajalle (2016–2020, 2021–2025 ja 2026–2030) kausittaisina vuotuisina keskiarvoina.

Laaditut hakkuumahdollisuusarviot olivat:

A) Suurin ylläpidettävissä oleva aines- ja energiapuun hakkuukertymän arvio (SY).

Arvio laadittiin MELA Tulospalvelun (Luke 2020a) mukaisesti määriteltynä. Joensuun kunnan alueen metsille asetettavat laskelmarajoitteet olivat:

- laskelmakausittaiset nettotulot sekä aines- ja energiapuun kokonaishakkuukertymät pysyivät vähintään edellisen laskelmakauden tasolla,
- tukkipuukertymä säilyi koko laskelma-ajan vähintään ensimmäisen laskelmakauden tasolla,
- puuston tuottoarvo neljän prosentin korkokannalla laskettuna oli laskelma-ajan lopussa vähintään alkuhetken tasolla ja
- nettotulojen nykyarvoa maksimoitiin em. rajoitteiden vallitessa neljän prosentin korkokannalla.

Rajoitteet asetettiin laskelmassa viiden vuoden pituisille laskelmakausille vuoteen 2040 asti. Kaksi viimeistä laskelmakautta oli laskelmassa mukana vain rajoitteiden toiminnan varmistamiseksi eikä tuloksia esitetä näiden osalta.

Arviossa ei rajoitettu kasvun ja poistuman suhdetta, metsien ikäluokkarakennetta tai uudistushakkuiden määrää eikä puulajikohtaista kestävyyttä edellytetty. Energiapuukertymä voi vapaasti koostua rangasta, hakkuutähteestä ja kannoista.

B) A-kohdan mukainen arvio, jossa lisäksi matalampi puuston hiilensidontatavoite (SY-B).

A-kohdan laskelmamääritysten lisäksi asetettiin Joensuun kaupungin toimittama puuston hiilensidontatavoite elävälle puustolle laskelmakausittain seuraavasti:

- kunnan alueen päästöjä vähennetään 60 % vuoden 2007 tasosta vuoteen 2025 mennessä ja loppu 40 % sitoutuu puustoon (265 kt CO_2 -ekv/v)

- kunnan alueen päästöjä vähennetään 80 % vuoden 2007 tasosta vuoteen 2030 mennessä ja loppu 20 % sitoutuu puustoon (132 kt CO_2 -ekv/v)

Maaperän kasvihuonekaasuarvio selviää laskelman tuloksena eikä sille asetettu rajoitteita. Tuloksissa esitetään puuston ja maaperän yhteinen kasvihuonekaasutase.

C) A-kohdan mukainen arvio, jossa lisäksi korkeampi puuston hiilensidontatavoite (SY-C).

A-kohdan laskelmamääritysten lisäksi asetettiin Joensuun kaupungin toimittama puuston hiilensidontatavoite elävälle puustolle laskelmakausittain seuraavasti:

- kunnan alueen päästöjä vähennetään 50 % vuoden 2007 tasosta vuoteen 2025 mennessä ja loppu 50 % sitoutuu puustoon (330 kt CO_2 -ekv/v)
- kunnan alueen päästöjä vähennetään 70 % vuoden 2007 tasosta vuoteen 2030 mennessä ja loppu 30 % sitoutuu puustoon (198 kt CO_2 -ekv/v)

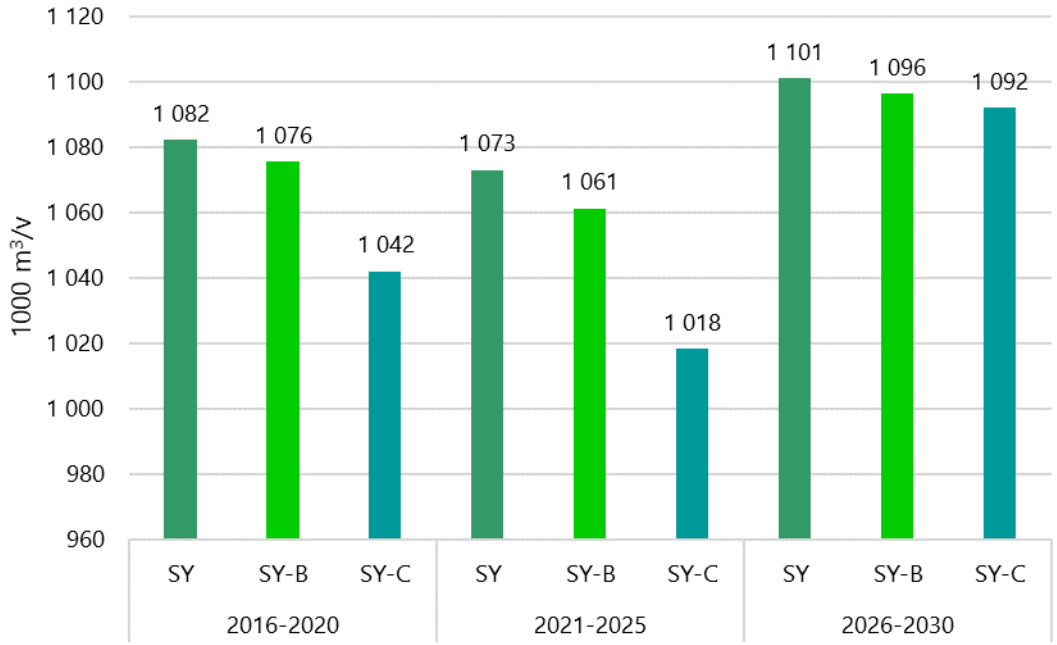
Maaperän kasvihuonekaasuarvio selviää laskelman tuloksena eikä sille asetettu rajoitteita. Tuloksissa esitetään puuston ja maaperän yhteinen kasvihuonekaasutase.

Tarkempi kuvaus hakkuumahdollisuusarvioiden laskennassa käytetystä menetelmästä on esitetty liitteessä 1 ja laskelmiin ja arvioihin liittyviä varauksia liitteessä 2.

©Miikka Luotio, Unsplash

Hiilineutraaliustavoitteen saavutettavuus

Tarkasteltujen hakkuumahdollisuusarvioiden mukaiset runkopuun hakkuukertymät on esitetty kuvassa 2. Hakkuukertymään sisältyvät sekä aines- että energiapuukertymät. Jotta Joensuun hiilineutraaliustavoite voidaan saavuttaa, on hakkuita vähennettävä suhteessa SY-hakkuumahdollisuusarvioon. Tarvittavat vähennykset ovat kuitenkin melko pieniä suhteessa hakkuukertymän kokonaismäärään.



Kuva 2. Aines- ja energiapuun hakkuukertymät yhteensä SY-, SY-B- ja SY-C-hakkuumahdollisuusarvioissa eri laskelmakausina. Hakkuukertymä kuvaa hakatun runkopuun tilavuutta kuorellisina kiintokuutiometreinä vuodessa.

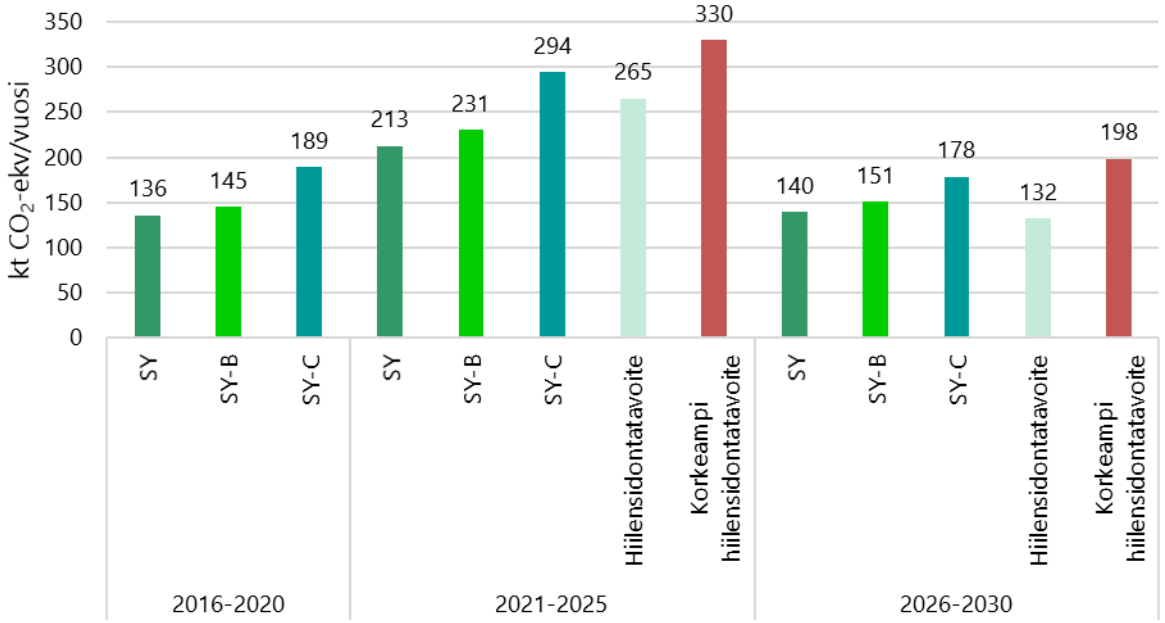
Hakkuumahdollisuusarvioiden mukaiset arviot metsien hiilinielun kehityksestä laskelmakausina 2016–2020, 2021–2025 ja 2026–2030 on esitetty kuvassa 3. Kuvassa on lisäksi esitetty Joensuun hiilineutraaliustavoitteen saavuttamisen edellyttämät hiilensidontatavoitteet sekä korkeammat hiilensidontatavoitteet vuosille 2025 ja 2030.

Kuvan perusteella voidaan todeta, että laskelmakaudella 2021–2025 vuodelle 2025 asetettu hiilensidontatavoite 265 kt CO_2-ekv saavutetaan ainoastaan hakkuumahdollisuusarvion SY-C mukaisella kehityksellä. Tämä edellyttää 55 000 m^3 pienempiä hakkuita kuin SY-skenaariossa (kuva 2). Lisäksi voidaan todeta, että vielä SY-C hakkuumahdollisuusarvion mukaisellakaan kehityksellä ei korkeampaan hiilensidontatavoitteeseen päästä. Tämä johtuu siitä, että puuston hiilinielujen tulee kattaa myös metsien maaperän päästöt, jotta metsien hiilensidonta yhteensä on vähintään yhtä suuri kuin muiden sektorien päästöt. Hiilineutraaliuden saavuttaminen vuoteen 2025 mennessä vaatii siis hiilinieluista huolehtimisen lisäksi myös kunniainhimoista ja systemaattista työtä asetetun päästövähennystavoitteen saavuttamiseksi.

Laskelmakautena 2026–2030 vuoden 2030 hiilensidontatavoite 132 kt CO_2-ekv taas saavutetaan kaikkien kolmen hakkuumahdollisuusarvion perusteella. Kuten laskelmakautena

2021–2025, korkeampi hiilensidontatavoite jää tarkastelluilla hakkuumahdollisuusarvioilla saavuttamatta myös laskelmakaudella 2026–2030.

Laskelmien perusteella voidaan lisäksi todeta, että SY- ja SY-B-arvioiden mukaiset hiilinieluarviot eroavat toisistaan eri laskelmakausina ainoastaan 9–18 kt CO_2-ekv. Arvion SY-C mukaisella kehityksellä saavutetaan SY- ja SY-B-arvioita merkittävämpi hiilinielu, joka ylittää Joensuun asettaman hiilensidontatavoitteen laskelmakausilla 2021–2025 ja 2026–2030.



Kuva 3. Hakkuumahdollisuusarvioiden SY, SY-B ja SY-C mukaiset arviot hiilinielun kehityksestä laskelmakausina 2016–2020, 2021–2025, 2026–2030 sekä Joensuun hiilineutraaliustavoitteen saavuttamisen edellyttämät hiilensidontatavoitteet ja korkeammat hiilensidontatavoitteet vuosille 2025 ja 2030.

Liite 1. Hakkuumahdollisuusarvioiden simulointi

Laskelma-aineistona käytettiin valtakunnan metsien 12. inventoinnin koeala-aineistoa (Valtakunnan metsien ... 2018). Aineisto oli mitattu vuosina 2014–2018 ja se vastasi keskimäärin vuoden 2016 metsien tilannetta. Aineisto sisälsi 682 metsä-, kitu- ja joutomaan koealoista muodostettua laskentayksikköä.

Metsänkäytön rajoitusten kuvaamiseksi laskentayksiköt jaettiin kolmeen käsittelyluokkaan: metsänkäsittely sallittu, rajoitettu metsänkäsittely ja ei metsänkäsittelyä. Käsittelyluokkien määritys tarkemmin, ks. MELA Tulospalvelu (Luke 2020a).

Metsien käsittely- ja kehitysvaihtoehdot tuotettiin puukohtaisiin malleihin (mm. Hynynen ym. 2002) perustuvalla MELA2016 -ohjelmiston metsikkösimulaattorilla (Hirvelä ym. 2017). MELA-ohjelmistoon sisältyvistä luonnonprosessimalleista ja niiden soveltamisesta tarkemmin, ks. Nuutinen ym. (2007). Laskelmien oletuksina ja taustatietoina sekä vaihtoehtoisten käsittelyketjujen simulointimäärityksinä käytettiin MELA Tulospalvelun uusimman laskelmakierroksen (VMI12, mittausvuodet 2014–2018) (Luke 2020a) mukaisia määrityksiä mm. metsänhoidon suosituksista, metsänkäytön rajoituksista johdettujen käsittelyluokkien metsänkäsittelyistä, puiden kasvuntasosta, hinnoista ja kustannuksista.

Metsämaan pohjapinta-alan kasvumallit on kalibroitu valtakunnan metsien 11. inventoinnin (VMI11) kasvunmittausten perusteella. Ennen kalibrointia kasvunmittaukset on indeksikorjattu vastaamaan vuosien 1984–2013 läpimitan kasvun keskitasoa (Korhonen ym. 2007). Kalibrointiin on käytetty vuosina 2009–2013 mitattuja koepuita sellaisilta metsämaan koealoilta, jotka kuuluivat kokonaisuudessaan 4 samaan metsikkökuvioon ja joita ei ollut hakkuin käsitelty viimeiseen 10 vuoteen. Vuosien 1984–2013 keskimääräiselle tasolle kalibroidun pohjapinta-alan kasvun avulla laskettua tilavuuskasvun arviota tarkennettiin vielä lopuksi ottamalla kasvun arviossa huomioon kalibrointijakson keskivuodesta (1999) vuoteen 2017 tapahtunut lämpötilan ja hiilidioksidipitoisuuden nousun vaikutus Matalan ym. (2005) funktioiden avulla. Kalibrointijakson keskivuodelle laskettiin edeltäneen 30 vuoden (1970–1999) lämpötilan ja CO_2:n keskiarvot ja vuodelle 2017 vastaavasti vuosien 1988–2017 lämpötilan ja CO_2:n keskiarvot ja näiden erotukset (Etelä-Suomi 0,89 °C ja 41,2 ppm; Pohjois-Suomi 0,996 °C ja 41,2 ppm) annettiin syötteenä Matalan ym. (2005) funktioihin. Näin saatu tilavuuskasvun arvio oli vuosille 2016–2025 vuosina 2016–2018 toteutuneiden hakkuiden tasoa noudattaen koko Suomessa 105,5 milj. m^3 /v, kun VMI12 mitattu kasvu oli 107,8 milj. m^3 /v (keskivuosi 2013). Kasvuntason kalibrointi tarkemmin, ks. MELA Tulospalvelu (Luke 2020a).

Metsien käsittely perustui vuoden 2013 metsänhoidon suosituksiin (Äijälä ym. 2014) ja energiapuun korjuun ja kasvatuksen suosituksiin (Koistinen ym. 2016). Kulotus, lannoitus, uudisojitus, pystypuiden karsinta, yläharvennus ja eri-ikäisrakenteisen metsän kasvatus eivät olleet mukana tarkastelussa.

Käsittely- ja kehitysvaihtoehtojen tuottamisessa mahdolliset toimenpiteet määräytyivät käsittelyluokan perusteella (metsänkäsittely sallittu, rajoitettu metsänkäsittely ja ei metsänkäsittelyä). Metsänkäsittelyn piirissä olevalla metsämaalla mahdollisia toimenpiteitä olivat runkolukuun ja pohjapinta-alaan perustuvat harvennukset, avohakkuu, siemenpuuhakkuu, ylispuiden poisto, säästöpuiden jättäminen, raivaus, maanpinnan käsittely,

viljely, taimikonhoito ja kunnostusojitus hakkuiden yhteydessä. Uudistushakkuu simuloitiin noudattaen metsänhoidon suositusten 2–3 % tuottovaatimukseen perustuvia läpimittarajoja sekä uudistamisikärajoja, jos jompikumpi em. raja täyttyi. Harvennushakkuissa voitiin korjata joko vain ainespuuta, ainespuuta ja energiapuuta (integroitu korjuu) tai vain energiapuuta. Integroidussa korjuussa energiapuu koostui männyn, kuusen, koivun ja haavan osalta rinnankorkeusläpimittaluokista 4–9 cm ja muilla puulajeilla kaikista rinnankorkeusläpimitaltaan vähintään 4 cm puista. Harvennushakkuiden energiapuu korjattiin kuivahkojen kankaiden ja tätä viljavampien kankaiden mänty- tai lehtipuuvaltaisissa puustoissa kokopuuna. Energiapuu korjattiin rankapuuna em. kasvupaikkoja karummilla kangasmailla, turvemailla tai aina kun pääpuulaji oli kuusi. Uudistushakkuissa voitiin korjata joko vain ainespuuta tai ainespuun lisäksi a) hakkuutähdettä (oksat ja latvahukkapuu) tai b) hakkuutähdettä ja kantoja. Uudistushakkuiden hakkuutähteestä (oksat ja runkopuu) oletettiin korjattavan 70 %. Kannoista nostettiin läpimitaltaan vähintään 25 cm kannot, joista talteen saatiin 85 %. Luontaisesti uudistettavilta aloilta korjattiin vain ainespuuta.

Rajoitetun metsänkäsittelyn metsämaalta korjattiin vain ainespuuta ja sallittuja hakkuutapoja olivat vain kasvatushakkuut (harvennukset ja ylispuiden poisto). Kokonaan metsänkäsittelyn ulkopuolella olevilla alueilla ei sallittu mitään toimenpiteitä. Myös kitu- ja joutomaat oli rajattu metsänkäsittelyn ulkopuolelle.

Pohjapinta-alaohjeeseen perustuva harvennus oli mahdollinen, kun harvennusmallien alempi leimauskäyrä saavutettiin. Puusto harvennettiin harvennuskäyrien puoliväliin. Hakkuut toteutettiin laskelmakausien puolivälissä, minkä vuoksi harvennuksissa pohjapinta-alan vaatimusta hieman alennettiin. Siten harvennettavaksi tuli myös kohteita, jotka täyttivät pohjapinta-alavaatimuksen vasta laskelmakauden jälkimmäisellä puoliskolla.

MELA-ohjelmistossa rungon ja siitä saatavien puutavaralajien (tukki- ja kuitupuun) tilavuus kuorellisina kiintokuutiometreinä laskettiin Laasasenahon (1982) puun rinnankorkeusläpimittaan ja pituuteen perustuvien runkokäyräyhtälöiden avulla. Rungon apteerauksessa (jaossa puutavaralajeihin) käytettiin mäntytukin kuorellisena minimilatvläpimittana 15 cm, kuusitukin 16 cm ja lehtipuutukin 18 cm sekä kuitupuun kuorellisena minimilatvläpimittana männyllä 6,3 ja kuusella sekä lehtipuilla 6,5 cm. Tukkiosan minimipituus oli 4,3 m ja kuituosan 2,0 m. Tukkipuun määrää korjattiin laskelmissa tukkivähennysmallilla (Mehtätalo 2002), koska rungon mittoihin perustuva apteeraus ei ota huomioon puutavaran laatuun liittyviä tekijöitä. Erotus siirtyy kuitupuuksi. Lisäksi ainespuuhakkuissa metsään jäävän hukkapuun määrää kalibroitiin VMI12-aineistosta laskettujen hukkapuun suhteellisten osuuksien perusteella, minkä seurauksena laskelmissa hukkarunkopuun määrä lisääntyi ja ainespuun hakkuukertymä pieneni. Hukkapuun määrän laskenta tarkemmin, ks. MELA Tulospalvelu (2020a).

Nettotulojen nykyarvon laskenta perustui ainespuun (tukki- ja kuitupuun) osalta tienvarsihintoihin ja energiapuun osalta käyttöpistehintoihin. Nettotulot saatiin vähentämällä näin lasketuista hakkuutuloista ainespuun korjuun, energiapuun korjuun (sisältäen myös kuljetuskustannukset käyttöpisteeseen) ja metsänhoidon kustannukset. Ainespuun osalta tienvarsihinnat laskettiin lisäämällä Pohjois-Karjalan maakunnan alueella toteutuneisiin kantohintoihin koko Suomessa keskimäärin toteutuneet korjuukustannukset. Kantohinnat

määritettiin puutavaralajeittain siten, että kunkin puutavaralajin kantohintoina käytettiin vuosina 2009–2018 toteutunutta keskimääräistä yksikköhintaa (Luke 2019b) vuoden 2018 hintatasoon muutettuina. Koivukuidun hintaa käytettiin haavan tukki- ja kuitupuulle. Muiden lehtipuiden tukki- ja kuitupuulle käytettiin koivukuidun ensiharvennushintaa, joka oli keskimäärin 2,95 €/m3 alempi kuin koivukuidun keskihinta. Tienvarsihinnan laskennassa käytetty keskimääräinen korjuukustannus määritettiin vuosien 2009–2017 koko Suomessa keskimäärin toteutuneena reaalisena (vuoden 2018 rahanarvolla) korjuukustannuksena (Luke 2018) ja se oli tukkipuun osalta 7,80 €/m^3 ja kuitupuun osalta 14,30 €/m^3.

Metsähakkeen käyttöpistehinta perustui Tilastokeskuksen energiatilaston (Tilasto: Energian... 2019) vuosien 2009–2018 määrillä painotettuun reaaliseen keskihintaan €/Mwh (vuoden 2018 rahanarvolla), joka on muutettu kuutiometrihinnaksi kertoimella 2.

Laskelmissa sovelletut korjuun yksikköhinnat (vuoden 2018 rahanarvolla) sisälsivät palkkojen lisäksi yrittäjävoiton, henkilösivukustannukset ja työvälinekorvaukset.

Laskelmissa sovelletut energiapuun hankinnan yksikköhinnat sisälsivät palkkojen lisäksi henkilösivukustannukset ja työvälinekorvaukset. Energiapuulle ei kohdistettu korjuu- tai haketustukia.

Metsänhoitotöiden kustannukset laskettiin työmäärien ja vuosina 2008–2017 toteutuneiden keskimääräisten, vuoden 2018 hintatasoon muutettujen yksikköhintojen (Luke 2019c) tulona.

Liite 2. Laskelmiin ja arvioihin liittyviä varauksia

Laskelmiin ja tuloksiin liittyy useita epävarmuustekijöitä. Hakkuumahdollisuusarviot perustuvat oletukseen siitä, että puuston kasvuun vaikuttavat tekijät ja puiden reagointi niihin eivät muutu ajan kuluessa. Muutokset edellä mainituissa oletuksissa saattavat vaikuttaa näihin arvioihin. Arvioissa ei ole otettu huomioon metsänomistajan hakkuukäyttäytymistä, metsiköiden sijaintia suhteessa toisiinsa tai ainespuun käyttöpisteisiin eikä näiden vaikutusta puustamaksukykyyn tai puun kysyntään.

Vaihtoehtojen simuloinnissa hakkuut simuloitiin aina, kun se oli puustotietojen ja metsänhoidon suositusten perusteella mahdollista. Optimoinnissa ei kuitenkaan aina valittu ratkaisuun hakkuita, jotka tehtiin heti kun metsänhoitosuositukset sen mahdollistivat. Hakkuita oli mahdollista siirtää tehtäväksi myöhempinä kausina, jos se oli maksimoitavana olleen tavoitemuuttujan ja sovellettujen rajoitteiden kannalta kannattavaa.

Hakkuumahdollisuusarvioiden tukkipuun määrän laskennan taustalla olevaan, valtakunnan metsien inventoinnin koeala-aineistoon perustuvaan, tukkivähennysmalliin (Mehtätalo 2002) liittyi epävarmuutta puun laadun kehityksen kuvaamisessa. Tukkivähennysmallilla pienennettiin tukkipuun määrää ja erotus siirtyi kuitupuuksi. Lisäksi ainespuuhakkuissa sovellettu hukkapuun määrän kalibrointi kuvasti hukkapuun suhteellista osuutta keskimäärin VMI12-aineistossa, mutta viime vuosina toteutuneiden hakkuiden ja tässä toimeksiannossa laadittujen arvioiden hakkuiden rakenne ja hakkuumäärät eivät välttämättä vastaa toisiaan.

Puuston hiilivaraston muutokset laskettiin varastonmuutosmenetelmällä kahden ajankohdan erotuksena. Menetelmää on käytetty useissa tutkimuksissa (mm. Aakkula ym. 2019, Koljonen ym. 2020, Luke 2020a) erityisesti maakuntatason ja sitä pienempien laskelma-alueiden yhteydessä, mutta menetelmä ei ole sama kuin kasvihuonekaasuinventoinnissa (Suomen kasvihuonekaasupäästöt 2019). Maaperälaskenta on lähtökohdiltaan sama kuin kasvihuonekaasuinventoinnissa.

Tuloksia tulkittaessa on otettava huomioon tulosten luotettavuuden olevan sitä huonompi mitä kauemmaksi tulevaisuuteen laskelmat ulottuvat. Jokaista laskelmakautta koskevat arviot ovat aina ehdollisia tehdyille oletuksille ja aikaisempien laskelmakausien arvioille.

Arvioiden luonteen vuoksi tulokset eivät ole toteutuvan kehityksen ennusteita, vaan sovellettujen menetelmien, mallien, aineistojen ja tehtyjen oletusten perusteella tehtyjä laskennallisia arvioita metsien kehityksestä ja hakkuumahdollisuuksista metsävarojen kannalta. Arviot eivät ole toteutettavaksi tarkoitettuja hakkuusuunnitelmia.

Lähteet

Aakkula, J., Asikainen, A., Kohl, J., Lehtonen, A., Lehtonen, H., Ollila, P., Regina, K., Salminen, O., Sievänen, R. & Tuomainen, T. 2019. Maatalous- ja LULUCF-sektorien päästö- ja nielukehitys vuoteen 2050. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 20/2019. http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161408/20-2019-MALULU_.pdf

Benviroc Oy 2020, CO2-raportti 2020, Joensuu

Climate Joensuu, Hiilineutraali Joensuu 2025, https://climatejoensuu.fi/hiilineutraali-joensuu-2025

Hirvelä, H., Härkönen, K., Lempinen, R. & Salminen, O. 2017. MELA2016 Reference Manual. Natural resources and bioeconomy studies 7/2017. 547 p. ISBN 978-952-326-1 (Online). ISSN 2342-7639 (Online). http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-358-1

Hynynen,J., Ojansuu, R., Hökkä, H., Siipilehto, J., Salminen, H. & Haapala, P. 2002. Models for predicting stand development in MELA System. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 835. 116 s.

Ihalainen, A. 2013. Metsähukkapuu ja luonnonpoistuma poistumatilastoissa. Metsätieteen aikakauskirja 3/2013: 609-623. https://doi.org/10.14214/ma.6026

Ilmasto-opas.fi, Hiilinieluista huolehtiminen, https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/hillinta/-/artikkeli/7c821f90-9605-4f9d-827b-894301c1e009/hiilinieluista-huolehtiminen.html

Koistinen, A., Luiro, J-P. & Vanhatalo, K. (toim.) 2016. Metsänhoidon suositukset energiapuun korjuuseen, työopas. Tapion julkaisuja.

Koljonen, T., Aakkula, J., Honkatukia, J., Soimakallio, S., Haakana, M., Hirvelä, H., Kilpeläinen, H., Kärkkäinen, L., Laitila, J., Lehtilä, A., Lehtonen, H., Maanavilja, L., Ollila, P., Siikavirta, H. & Tuomainen, T. 2020. Hiilineutraali Suomi 2035 - Skenaariot ja vaikutusarviot. VTT Technology 366. ISBN 978-951-38- 8722-3 (pdf). ISSN 2242-122X (pdf). https://doi.org/10.32040/2242-122X.2020.T366

Korhonen, K.T., Ihalainen, A., Ahola, A., Heikkinen, J., Henttonen, H.M., Hotanen, J.-P., Nevalainen, S., Pitkänen, J., Strandström, M. & Viiri, H. 2017. Suomen metsät 2009-2013 ja niiden kehitys 1921-2013. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 59/2017. 86 s. http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-467-0

Korhonen, K.T., Ihalainen, A., Heikkinen, J., Henttonen, H., Pitkänen, J. 2007. Suomen metsävarat metsäkeskuksittain 2004-2006 ja metsävarojen kehitys 1996-2006. Metsätieteen aikakauskirja 2B/2007:149-213.

Kuntaliitto 2020, Jalonen Pauliina & Antikainen Kaisa, Ilmastonmuutos ja kunnat, https://www.kuntaliitto.fi/julkaisut/2020/2031-ilmastonmuutos-ja-kunnat

Laasasenaho, J. 1982. Taper curve and volume functions for pine, spruce and birch. Seloste: Männyn, kuusen ja koivun runkokäyrä- ja tilavuusyhtälöt. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 108. 74 s.

Lappi, J. 1992. JLP: A linear programming package for management planning. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 414. 134 s.

Lehtonen, A., Salminen, O., Kallio, M., Tuomainen, T. ja Sievänen, R. 2016. Skenaariolaskelmiin perustuva puuston ja metsien kasvihuonekaasutaseen kehitys vuoteen 2045. Selvitys maa- ja metsätalousministeriölle vuoden 2016 energia- ja ilmastostrategian valmistelua varten. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 36/2016. 27 s. http://urn.fi/URN:ISBN: 978-952-326-264-5

Luke 2018. Luken tilastopalvelut, teollisuuspuun korjuu ja kaukokuljetus [viitattu 1.7.2018]. Saantitapa: https://stat.luke.fi/teollisuuspuun-korjuu-ja-kaukokuljetus/

Luke 2019a. Luken tilastopalvelut, metsavarat [viitattu 23.5.2019]. Saantitapa: https://stat.luke.fi/metsavarat/

Luke 2019b. Luken tilastopalvelut, teollisuuspuun kauppa [viitattu 15.8.2019]. Saantitapa: https://stat.luke.fi/teollisuuspuun-kauppa/

Luke 2019c. Luken tilastopalvelut, metsänhoito- ja metsänparannustyöt [viitattu 15.8.2019]. Saantitapa: https://stat.luke.fi/metsanhoito-ja-metsanparannustyot/

Luke 2020a. MELA Tulospalvelu, VMI12 (mittausvuodet 2014-2018) [viitattu 27.11.2020]. Saantitapa: http://www.luke.fi/mela-metsalaskelmat/

Luke 2020b. Luken tilastopalvelut, hakkuukertymä metsäkeskusalueittain [viitattu 10.3.2020]. Saantitapa: http://stat.luke.fi/hakkuukertyma-ja-puuston-poistuma/

Luke 2020c. Luken tilastopalvelut, hakkuukertymä omistajaryhmittäin ja maakunnittain [viitattu 10.3.2020]. Saantitapa: http://stat.luke.fi/hakkuukertyma-ja-puuston-poistuma/

Luke 2021, MELA ja metsälaskelmat [viitattu 8.1.2021]. Saantitapa: http://mela2.metla.fi/mela/

Marklund, L.G. 1988. Biomassafunktioner för tall, gran och björk in Sverige. Swedish University of Agricultural Sciences. Department of Forest Survey. Report 45. 73 p.

Matala, J., Ojansuu, R., Peltola, H., Sievänen, R. & Kellomäki, S. 2005. Introducing effects of temperature and CO2 elevation on tree growth into a statistical growth and yield model. Ecological Modelling 181(2-3): 173-190.

Mehtätalo, L. 2002. Valtakunnalliset puukohtaiset tukkivähennysmallit männylle, kuuselle, koivuille ja haavalle. Metsätieteen aikakauskirja 4/2002: 575-591.

Nuutinen, T., Hirvelä, H., Salminen, O., Härkönen, K. 2007. Alueelliset hakkuumahdollisuudet valtakunnan metsien 10. inventoinnin perusteella, maastotyöt 2004-2006. Metsätieteen aikakauskirja 2B/2007: 215-248.

Repola, J. 2008. Biomass equations for Birch in Finland. Silva Fennica 42(4): 605-624. The Finnish Society of Forest Science. The Finnish Forest Research Institute. ISSN 0037-5330.

Repola, J. 2009. Biomass equations for Scots pine and Norway spruce in Finland. Silva Fennica 43(4): 625-647. The Finnish Society of Forest Science. The Finnish Forest Research Institute. ISSN 0037-5330.

Suomen kasvihuonekaasupäästöt 1990-2018. 2019. Tilastokeskus. Ympäristö- ja luonnonvarat 2019. 80 s. ISBN 978-952-244-616-9 (pdf). http://www.stat.fi/tup/julkaisut/tiedostot/julkaisuluettelo/yymp_kahup_1990-2018_2019_19740_net_p2.pdf

Tilasto: Energian hinnat [verkkojulkaisu]. 2019. ISSN 1799-7984. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu 15.9.2019]. Saantitapa: http://www.stat.fi/til/ehi/tup.html

Tuomi, M., Laiho, R., Repo, A. & Liski, J. 2011. Wood decomposition model for boreal forests. Ecological Modelling 222(3):709-718. https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2010.10.025

Valtakunnan metsien 12. inventointi (VMI12). 2018. Maastotyön ohjeet 2018. Koko Suomi ml. Ahvenanmaa. Luonnonvarakeskus. Moniste. 166 s.

Äijälä, O., Koistinen, A., Sved, J., Vanhatalo, K., Väisänen, P. (toim.). 2014. Metsänhoidon suositukset. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion julkaisuja. 180 s. ISBN 978-952-6612-32-4