BIOENERGIA

Kirjallinen lausunto
18.10.2022

Talousvaliokunta
TaV@eduskunta.fi
Asia: Lausuntopyyntönne 7.10.2022:
VNS 4/2022 vp Keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelma Kohti hiilineutraalia yhteiskuntaa 2035
VNS 6/2022 vp Valtioneuvoston selonteko Hiilineutraali Suomi 2035 – kansallinen ilmasto- ja energiastrategia
VNS 7/2022 vp Valtioneuvoston selonteko maankäyttösektorin ilmastosuunnitelmasta

Lausunto ilmasto- ja energiastrategiasta ja -suunnitelmista

Ilmasto- ja energiatavoitteet

Ilmasto- ja energiastrategia, Keskipitkän aikavälin ilmastosuunnitelma (KAISU) ja maankäyttösektorin ilmastosuunnitelma (MISU) kokoavat laaja-alaisesti Suomen toimia ilmasto- ja energiatavoitteiden saavuttamiseksi. Näihin kuuluvat EU:n asettamat tavoitteet vuodelle 2030 sekä Suomen oman ilmastolain asettamat tavoitteet vuodelle 2030 ja 2035.

Yleisesti voidaan todeta, että ilmasto- ja energiatavoitteet ovat viime vuosina merkittävästi tiukentuneet EU:n 55-valmiuspaketin ja REPowerEU-suunnitelman myötä. EU-lainsäädännön osalta Suomeen kohdistuvien vuotta 2030 koskevien tavoitteiden täsmällinen taso on kuitenkin vielä epäselvä EU:n sisäisten neuvottelujen ollessa kesken. Erityisesti tämä koskee maankäyttösektorin tavoitetta ja uusiutuvan energian tavoitetta 2030.

Kansallisia suunnitelmia on jouduttu pitkälti pohjustamaan esimerkiksi taustaselvitysten osalta tilanteessa, jossa Venäjän ryhtymistä hyökkäyssotaan ei vielä tiedetty. Siksi on tärkeää, että strategia ja suunnitelmat 1) riittävästi nyt tunnistavat Venäjän hyökkäyssodan aiheuttamat muutokset ja 2) sisältävät riittävästi tarkistuspisteitä, jotta uusi tieto markkinoiden ja päästöjen kehityksestä voidaan ottaa toimeenpanossa huomioon.
Yleisesti ottaen Suomen toimenpidekokonaisuus on hyvin laaja kokoelma osin varsin vähän päästöihin vaikuttavia keinoja ja osin vaikutuksiltaan hyvin epävarmoja keinoja. Jatkossa enemmän painoa valmistelussa voitaisiin laittaa siihen, että tunnistetaan vähemmän, mutta

Bioenergia ry
Eteläranta 10, 00130 Helsinki
www.bioenergia.fi

paremmin priorisoituja ”systeemisiä” keinoja. Valtion ja alueellisen julkisen sektorin pääroolin pitäisi suuntautua tavoitteiden määrittelyyn ja linjaamiseen ja kannustinrahoituksen suuntaamiseen, kun taas yksityisen ja kunnallisen sektorin tehtäväksi sopisi valita parhaat keinot ja teknologiat päästä tavoitteisiin. Samaa periaatetta tulisi edistää laajemmin myös EU-tasolla.

Maankäyttösektori

MISUn toimet tuottavat n. 2 Mt lisänielun vuoteen 2030 mennessä ja 3 Mt vuoteen 2035 mennessä. MISU siten selkeästi näyttää täyttävän sille aiemmin asetetun vaatimuksen noin 3 Mt lisänielun vuoteen 2035 mennessä. Toimien riittävyyttä on syytä arvioida toisaalta täsmentyvien EU-vaatimusten ja toisaalta jatkuvasti päivittyvän kasvihuonekaasuinventaarion ja uusimpien tutkimustietojen perusteella. Maankäyttösektorin tilanne näyttää nykytilanteessa haasteelliselta, koska Venäjältä aiemmin saatu puu (n. 9 Mm3) joudutaan korvaamaan.

Taulukon 7 toimenpiteiden kustannusvaikuttavuuden mittaristossa on hyvä huomata, että maankäyttösektoriin kytkeytyvällä taakanjakosektorilla monien toimien kustannustaso ulottuu tuhansiin euroihin per tCO2e. Siten toimenpiteiden yhteiskunnallinen kannattavuus on suhteellista, ja tulisi arvioida kokonaisuutena ottaen huomioon myös ilmastovaikutusten pysyvyys ja muut olennaiset vaikutukset.

Bioenergia ry toteaa, että keskeiseksi keinoksi MISU:n toimenpiteissä (n. 30 % lisänielusta 2030) nousee tuhkalannoitus niin suometsissä kuin kivennäismaametsissä.

Bioenergia ry näkee olennaisena MISUn toimenpiteiden suunnittelussa ja toteutuksessa myös luonnon monimuotoisuuden edistämisen ja kannattaa suunnitelmassa esiintuotua lähtökohtaa, että ilmastonmuutoksen hillintätoimet eivät saisi heikentää monimuotoisuutta ja tulisi etsiä tasapainoisesti ilmastonmuutoksen hillintää, sopeutumista ja monimuotoisuutta edistäviä toimia.

Biohiili-ala on juuri laajenemassa voimakkaasti ja se voisi siksi näkyä MISU:ssa laajemmin. Biohiilillä on monia sovelluskohteita. Maaperäkäytön lisäksi biohiiltä voi esimerkiksi lisätä sementtiin, minkä seurauksena sementin aiheuttamat ilmastovaikutukset pienenevät. Biohiilen ilmastovaikuttavuudeksi on arvioitu MISU:ssa alle 50 000 t CO2-ekv v. 2035 (luokka ”Ei vaikutusta”). Esitämme, että tämän keinon ilmastovaikutus on vuoteen 2035 mennessä todellisuudessa vähintään ”Hyvä” (300 000 - 750 000 t CO2-ekv) ellei jopa ”Erittäin hyvä” (yli 750 000 t CO2-ekv). Tämän lisäksi ehdotamme, että kyseisen keinon kustannusvaikutukset korjataan nykyisestä luokasta ”Erittäin huono” (yli 200 €/ t CO2-ekv) luokkaan ”Keskiverto” (10–50 € / t CO2-ekv). Erityisesti biohiiliin liittyen tulee ottaa huomioon myös hiilinielun monikymmenkertainen pysyvyys (vrt. muut taulukon keinot) sekä mahdollinen kaskadikäyttö (samaa biohiiltä suositellaan

käytettäväksi useita kertoja, maksimoiden hyödyt, esim. ensin lietelannan lisäaineena ja vasta sen jälkeen maanparannusaineena). Tarkemmat perustelut näille ehdotuksille on esitetty liitteessä 1.

Toimet liikennesektorilla

Bioenergia ry tukee ilmasto- ja energiastrategian linjausta (s. 17) edistää uusiutuvia liikennepolttoaineita jatkossakin ensi sijassa jakeluvelvoitteella ja pyrkiä ohjauskeinoilla ja erityisesti tukiohjelmilla edistämään uusien ympäristöllisesti kestävien raaka-aineiden ja tuotantoteknologioiden kaupallistamista sekä huolehtimaan riittävistä t&k –varoista. Pidämme hyvänä, että biokaasu ja sähköpolttoaineet on sisällytetty liikenteen jakeluvelvoitteeseen vuoden 2022 alusta alkaen, ja että liikenteen biopolttoaineiden jakeluvelvoite nostetaan 34 prosenttiin vuoteen 2030 mennessä.

KAISU:a valmisteltaessa syksyllä 2021 selvitettiin, onko biopolttoaineiden jakeluvelvoitetta mahdollista nostaa nykyisestä 30 prosentista ylöspäin ja onko kestävästi tuotettuja raaka-aineita riittävästi saatavilla. Jakeluvelvoiteselvitys valmistui marraskuussa 2021. Tulosten mukaan velvoitetason nostaminen 34 tai jopa 40 prosenttiin nostaisi polttoaineiden hintaa, mutta vain maltillisesti verrattuna siihen hinnannousuun, joka on odotettavissa jo nyt maailmanmarkkinahintojen kehityksen ja olemassa olevan jakeluvelvoitteen johdosta. Velvoitetason nostamisella 34 %:sta 40 %:iin voitaisiin saada aikaan 0,5–0,6 Mt CO2-ekv. lisäpäästövähennys liikenteessä (Lähde: Sipilä ym. 2021)

Kesällä Suomen hallitus päätti korkeiden energiahintojen takia alentaa jakeluvelvoitetta 19,5 prosentista 12 prosenttiin tämän vuoden ajaksi. Tuore hallituksen esitys esittää jakeluvelvoitteen alentamisen jatkamista 7,5 prosenttiyksiköllä koko ensi vuodeksi. Jakeluvelvoitteen alentamista perustellaan sillä, että se laskee bensan pumppuhintoja. Todellisuudessa jakeluvelvoitteen vaikutus hintoihin on pienempi kuin esimerkiksi polttoaineiden tuotantokustannukset, valmistevero tai arvonlisävero. Jakeluvelvoitteen merkitys pumppuhinnoissa on paljon pienempi kuin maailmanmarkkinahintojen ja verotuksen vaikutus.

Kiinnitämme huomiota siihen, että jakeluvelvoitteen väliaikaista alentamista ei ole otettu huomioon KAISU:n laskelmissa, joten KAISUn laskelmat ja kuvaukset päästövähennyksistä aikajaksolla 2022 - 2030 tulee tältä osin päivittää.

Jakeluvelvoitteen alentaminen vaikuttaa myös Suomeen kohdistuviin investointeihin. Suomeen on vuosille 2023–2025 suunnitteilla tuotantokapasiteettia, joka tuottaa noin yhden terawattitunnin verran biometaania ja sähköpolttoaineita. Lisäksi suunnitteilla on nestemäisiin biopolttoaineisiin kohdistuvia investointeja. Jakeluvelvoite on tarjonnut alan yrityksille vakaan, ennustettavan politiikan sekä varman investointiympäristön.

Strategian sivulla 18 linjataan: ”Varmistetaan, että biopohjaiset polttoaineet ohjautuvat parhaimpiin käyttökohteisiin, joissa niiden korvaaminen on vaikeinta ja lisäarvo suurin.” Bioenergia ry toteaa,

että parhaimpien käyttökohteiden valinta tulee jättää yrityksille. Se on näille sopiva rooli. Kaavamaisilla, jäykillä ja ylhäältä alaspäin tehtävillä poliittisilla linjauksilla voidaan tässä saada paljon vahinkoa aikaan.

Olemme huolissamme siitä, että Suomen strategiassa yli 10 % taakanjakosektorin päästövähennyksistä, yhteensä n. 0,7 Mt/a (ks. KAISU, s. 161 - 162), on laskettu tieliikenteeseen ja rakennusten erillislämmitykseen syntyvän uuden EU:n päästökauppajärjestelmän varaan. Järjestelmän yksityiskohdat, toimeenpanon kansalliset seuraukset (esimerkiksi mahdolliset vaikutukset muihin politiikkatoimiin) ja markkinoiden hintataso ja likviditeetti eivät ole vielä selvillä, jolloin vaikutuksia on hyvin vaikea arvioida. Nyt päästökauppa on arvioitu täysin täydentäväksi ja toimivaksi ohjauskeinoksi vailla vaikutuksia nykyisiin ohjauskeinoihin.

Korkeaseoksisten biopolttoaineiden verokohtelun keventäminen jakeluvelvoitteen ulkopuoliseen myyntiin voitaisiin huomioida päästövähennysten edistämiseksi. Myös ammattidieselratkaisun yhdistämistä korkeaseoksisten biopolttoaineiden käyttöön tulisi harkita.

Biokaasun edistäminen

Bioenergia ry tukee kansallisessa biokaasuohjelmassa vuonna 2020 linjattuja toimenpiteitä.

Syyskuun 2021 budjettiriihessä sovittiin linjauksesta, että lämmöntuotantoa biokaasulla ei veroteta. Bioenergia ry ei kannata tämän linjauksen vastaisia esityksiä. Vero biokaasun lämmityskäytölle heikentää biokaasun kilpailukykyä ja sillä on siten negatiivisia heijastusvaikutuksia tuleviin investointipäätöksiin ja biokaasumarkkinan kehitykseen. Biokaasun verotus, tukimekanismit sekä muu sääntely ovat muuttuneet viime vuosina merkittävästi. Jatkuvat muutokset heikentävät projektien kannattavuuden ja kotimaisen biokaasumarkkinan ennustettavuutta. Keväällä 2022 esitelty yleiseurooppalainen RePowerEU -suunnitelma tähtää biokaasun käytön moninkertaistamiseen Euroopassa vuoteen 2030 mennessä.

Tekninen hiilensidonta

Teknisen hiilensidonnan kehittämiseen Suomessa tulee asettaa selviä tavoitteita ottaen huomioon myös tältä osin kehittyvä EU-lainsäädäntö. Strategia tunnistaa CCUS:n mahdollisuudet jo 2030-luvulla. Suomen vahvuudet sähkön ja lämmön yhteistuotantoon yhdistetyn bio-CCS:n käyttöönotossa tulisi tunnistaa jätteenpolttoon yhdistämisen lisäksi. Suomi on teknisten hiilinielujen tavoitteen asetannassa ja kannustimien osalta jäämässä jälkeen muista Pohjoismaista. Lisäksi strategia ei tunnista lainkaan biohiilen roolia. Biohiiltä voidaan myös tuottaa hajautetusti ja osana alue- ja kaukolämmön tuotantoa sitomaan biomassan hiili hyvin pitkäaikaisesti (vrt. MISU).

Hiilidioksidin talteenoton (CCS) teknologian investointien vaikutus kasvihuonekaasupäästöihin tulee strategian politiikkaskenaariossa tuntuvaksi vasta vuodesta 2040 alkaen ja vuonna 2050

CCS:n tuoma vähennys on kaikkiaan noin 9 miljoonaa tonnia CO2-ekv. Mikäli CCS-investoinnit esimerkiksi maakaasun höyryreformointilaitoksen yhteydessä tai niin sanottuun BECCS (bioenergy CCS) –teknologiaan tulevat kannattaviksi odotettua nopeammin, teollisuuden päästöt voivat olla huomattavasti alhaisemmat ehkä jo vuonna 2035.

Helsingissä 18.10.2022

Harri Laurikka
Toimitusjohtaja
Bioenergia ry
Email. harri.laurikka@bioenergia.fi
Puh. 040 - 1630 465

Liite 1. Biohiilen laskentaan liittyvä tarkempi kannanotto perusteluineen

BIOENERGIA

LIITE 1. TARKEMPI KANNANOTTO BIOHIILEN ARVIOINTIIN MAANKÄYTTÖSEKTORIN ILMASTOSUUNNITELMASSA

Maankäyttösektorin ilmastosuunnitelmassa s. 119 viimeisellä rivillä on arvioitu hiilensidontakeino

"Lisätään maltillisesti eloperäisten maanparannusaineiden käyttöä maatalousmaan maaperän hiilivaraston kasvattamiseksi (kuten komposti, biohiili ja maanparannuskuidut)".

Sen ilmastovaikuttavuudeksi on nyt arvioitu alle 50 000 t CO_2-ekv v. 2035 (luokka "Ei vaikutusta"). Arvioinnin pohjaksi on käytetty selvitystä Laturi ym. (2022), jossa keskitytään ainoastaan biohiileen (ei kuituihin tai komposteihin, toisin kuten toimen nimessä lukee). Esitämme, että tämän keinon ilmastovaikutus on vuoteen 2035 mennessä todellisuudessa vähintään "Hyvä" (300 000 - 750 000 t CO_2-ekv), jos ei jopa "Erittäin hyvä" (yli 750 000 t CO_2-ekv). Pohjustamme esitystä seuraavasti:

1. Soilfood Oy toimitti v. 2021 maanparannuskuituja maatalouteen 125 000 t, yhteensä käyttömäärä Suomessa on n. 150 000 t /a. Tämä vastaa n. 4250 ha levitysalaa. Keskimäärin hiiltä lisätään käsittelyllä hehtaarille n. 5 t, eli hiilidioksidiksi muunnettuna n. 18 t CO_2-ekv. Täten vuosittain peltomaahan lisätty hiili jo nykytilanteessa vastaa n. 78 000 t CO_2-ekv nielua. MISU luonnoksessa ei ollut tarkennettu sitä, miten pysyvästä hiilestä siinä puhutaan, mutta jos arvioidaan kuitujen käytöstä peräisin olevan nielun kokoa Suomen pelloissa vuonna 2035, niin vuosittaisten käyttömäärien pysyessä nykytasolla kumulatiivinen vaikutus on tuolla hetkellä luokkaa **550 000 t CO_2-ekv**. Laskelmassa on oletuksena, että joka vuosi 2021 eteenpäin levitetään 125 000 t tuotetta, ja se huomioi myös hiilen hajoamisen maaperässä (mallinnus YASSO-mallilla). Ennen 2021 levitettyjä kuituja ei ole huomioitu laskelmassa, kuten ei myöskään kuitujen käyttömäärän kasvua. Nykyään syntyvistä kuitusivuvirroista ainoastaan n. 10 % käytetään maataloudessa.

2. Tämän lisäksi käytetään Suomessa enenevin määriin muitakin eloperäisiä maanparannusaineita ja lannoitteita. Esimerkiksi Gasum Oy yksin tuottaa n. 0,5 miljoonaa tuoretonnia mädätysjäännöksiä vuodessa, jotka menevät pääosin maatalouteen, ja biokaasutuotanto on voimakkaasti kasvamassa lähivuosina. Tämän **mädätysjäännösmäärän mukana peltomaahan lisätty hiilen määrä on samaa suuruusluokkaa maanparannuskuitujen nykykäytöllä lisätyn hiilen määrän kanssa, eli myös n. 550 000 t CO_2-ekv**.

3. Biohiilet: EU:ssa valmistetaan tällä hetkellä 40 000 t biohiiltä vuodessa maanparannuskäyttöön, joka vastaa n. 100 000 t hiilidioksidia. Markkinan ja tuotannon vuosikasvu on ennustettu olevan vuosittain 50-80% seuraavat vuodet. https://www.biochar-

industry.com/2022/european-biochar-market-report-2021-2022-available-now/ .
Pohjoismaissa on tällä hetkellä yhteensä noin alle 20 laitosta, toteutunut biohiilen tuotanto on noin 15 000 t/v luokkaa. Tuotanto perustuu pieneen ja pilottiluokan tuotantoon. Uusia investointeja biohiilen valmistukseen on tulossa, pelkästään Suomessa on n. 20 aktiivista laitoshanketta. Jos näistä edes osa toteutuu, voidaan muutamassa vuodessa saada lisää biohiilentuotantoa 20 000 t – 50 000 t/v. Biohiilen tuotantopotentiaali Suomessa on hyvin merkittävä, **VTT:n tutkimuksessa Hakala et al. (2019) arvioi biohiilen tuotantopotentiaaliksi 1.5 miljoona tonnia (n. 4 500 000 t CO2-ekv)** vuodessa pelkästään osasta (kun huomioidaan tehtaan omakäyttö) metsätalouden sivuvirrasta (mm. sahanpurusta, männyn ja koivun kuoresta sekä energiapuun hakkeesta). Biohiiltä voidaan kuitenkin valmistaa monista muista sivuvirroista myös, jolloin todellinen biohiilen potentiaali on vieläkin suurempi. **Pidämme todennäköisenä, että biohiilen tuotantomäärä Suomessa vuoteen 2035 ylittäisi 100 000 t eli n. 300 000 t CO_2-ekv ja jos siitä jo kolmasosa käytettäisi peltomaahan hiilinieluina, kyseessä olisi yhteensä kuitujen ja kompostien kanssa jo n. 550 000 + 550 000 + 100 000 = 1 200 000 t CO_2-ekv. Tämä ylittäisi selvästi ”Erittäin hyvä” Ilmastovaikutus-luokan alarajan. Arvio perustuu maltilliseen biohiilimarkkinan kasvuun. Teoreettinen potentiaali on kuitenkin huomattavasti suurempi.**

4. Tämän lisäksi kannattaa huomiota se, että biohiilien pysyvyys on koko MISU taulukon keinoista pysyvin, hapettomasti kuumennettu biomassa ei hajoa nopeasti mikrobitoiminnan ansiosta ja hiilinielun on arvioitu pysyväänsä useita satoja vuosia (Kuzyakov ym. 2014, Wang ym. 2016). Helsingin Yliopiston Maataloustieteiden laitoksen AgriChar tutkimusryhmän biohiilien pitkäaikaisvaikutuksia selvittävät kenttäkokeet kaikilla Suomen eniten viljelyillä kasveilla ovat aloitettu jo vuonna 2010 ja ovat parhaillaan maailmanlaajuisestikin ainutlaatuisia jatkuvan seurannan takia. Tähänastisten tuloksien perusteella ei ainakaan 30 t/ha levitysmäärään asti ole puupohjaisilla biohiilillä ole odotettavissa haitallisia vaikutuksia kasvien sadontuotantoon tai maaperän viljavuuteen, päinvastoin, biohiilillä on havaittu pitkäaikaisia lannoitusvaikutuksia joiden takia voisi vähentää lannoitusmääriä (Kalu ym. 2021). Tutkimustietoa löytyy myös siitä, että biohiilet, maanparannuskuidut sekä kompostit usein parantavat maaperän vedenpidätyskykyä ja voi sitä kautta edesauttaa kasvien sadonmuodostusta poutavuosina, samoin voi vähentää kasvihuonekaasujen päästöjä peltomaasta (tuoreet suomalaistutkimukset Kalu ym. 2022 ja Kulmala ym. 2022).

5. Arvio on myös ristiriidassa MISU:n oman tausta-aineiston kanssa. Esimerkiksi ”Maankäyttösektorin ilmastosuunnitelman ympäristöselostus” (Laine et al. 2022) -raportin sivulla 141 - 142 biohiilen vaikutuksia on arvioitu olevan ”erittäin positiivisia maaperään” ja olevan ”kaikkein pitkäikäisin hiilivarastoltaan, sen hiilivarasto voi säilyä maaperässä satoja, jopa tuhansia vuosia (Timmons et al, 2017). Pitkäikäisten hiilivarastojen lisäämiseksi biohiili

olisi paras ratkaisu, kunhan se on kestävästi ja mahdollisimman päästöttömästi tuotettua.” Raportissa on myös mainittu, että biohiiltä voidaan valmistaa ”metsäteollisuuden sivuvirroista, kuten hakkuujätteet, kuori, hake, sahanpuru ja lastut. Myös muut biomassat, kuten olki, käyvät biohiilen raaka-aineeksi.” Mikäli edes osa näistä sivuvirroista saadaan ohjattua biohiilen valmistukseen ja maanparannuskäyttöön, tulisi pelkästään se ylittämään ”erittäin hyvä” luokituksen ilmastovaikutuksista.

Tämän lisäksi ehdotamme, että kyseisen keinon kustannusvaikutusetkin on tärkeä korjata nykyisestä luokasta ”Erittäin huono” (yli 200 €/ t CO2-ekv) luokkaan ”Keskiverto” (10–50 € / t CO2-ekv). Jo nyt on Soilfood Oy:n maanparannuskuitujen hiilinielun hinta levitysvuonna n. 11 €/ t CO2-ekv. Erityisesti biohiiliin liittyen kannattaisi huomiota myös hiilinielun monikymmenkertainen pysyvyys (vrt muut taulukon keinot) sekä mahdollinen kaskadikäyttö (samaa biohiiltä suositellaan käytettäväksi useita kertoja, maksimoiden hyödyt, esim. ensin lietelannan lisäaineena ja vasta sen jälkeen maanparannusaineena).

Kunnioittaen,

Priit Tammeorg, dosentti, Helsingin Yliopisto, Maataloustieteiden laitos, Suomen Biohiiliverkosto
Esko Salo, tutkija, VTT, Suomen Biohiiliverkosto
Ossi Kinnunen, tutkimus- ja kehitysjohtaja, Soilfood Oy

Lähteet

Hakala J., Kangas P., Penttilä K., Alarotu M., Björnström M. & Koukkari P. (2019). Replacing Coal used in Steelmaking with Biocarbon from Forest Industry Side Streams. https://doi.org/10.32040/2242-122X.2019.T351, 118

Kalu, S., Kulmala, L., Zrim, J., Peltokangas, K., Tammeorg, P., Rasa, K., ... & Karhu, K. (2022). Potential of biochar to reduce greenhouse gas emissions and increase nitrogen use efficiency in boreal arable soils in the long-term. Frontiers in Environmental Science.

Kalu, S., Simojoki, A., Karhu, K., & Tammeorg, P. (2021). Long-term effects of softwood biochar on soil physical properties, greenhouse gas emissions and crop nutrient uptake in two contrasting boreal soils. Agriculture, Ecosystems & Environment, 316, 107454.

Kulmala, L., Peltokangas, K., Heinonsalo, J., Pihlatie, M., Laurila, T., Liski, J., & Lohila, A. (2022). Effects of biochar and ligneous soil amendments on greenhouse gas exchange during extremely dry growing season in a Finnish cropland. Frontiers in Sustainable Food Systems, 414.

Kuzyakov, Y., Bogomolova, I., & Glaser, B. (2014). Biochar stability in soil: decomposition during eight years and transformation as assessed by compound-specific 14C analysis. Soil Biology and Biochemistry, 70, 229-236.

Laine A., Raivio T., Linnamaa P., Kuusela-Opas E., Mäntylä I., Viertiö V. & Kontiokari V. (2022). Maankäyttösektorin ilmastosuunnitelman ympäristöselostus. Gaia Consulting Oy.

Wang, J., Xiong, Z., & Kuzyakov, Y. (2016). Biochar stability in soil: meta-analysis of decomposition and priming effects. Gcb Bioenergy, 8(3), 512-523.