

REDII -ehdotus: Kasvihuonekaasupäästö- vähennemää koskevat kestävyysskriteerit

Kirjoittajat: Kati Koponen, Laura Sokka

Luottamuksellisuus: Julkinen

Raportin nimi REDII -ehdotus: Kasvihuonekaasupäästövähennemää koskevat kestävyyskriteerit		
Asiakkaan nimi, yhteyshenkilö ja yhteystiedot Työ- ja elinkeinoministeriö, Hanne Siikavirta, hanne.siikavirta@tem.fi Maa- ja metsätalousministeriö, Kaisa Pirkola, kaisa.pirkola@mmm.fi		Asiakkaan viite TEM/327/13.01.01/2017 MMM933/03.02.06.00/2017
Projektin nimi Selvitys komission ehdotuksesta uudeksi RES-direktiiviksi: kestävyyskriteerit ja khk-laskenta		Projektin numero/lyhytnimi RES-direktiivi
Raportin laatijat Kati Koponen, Laura Sokka VTT		Sivujen/liitesivujen lukumäärä 42/2
Avainsanat REDII -ehdotus, kestävyyskriteerit, khk-laskenta, bioenergia		Raportin numero VTT-R-04453-17
Tiivistelmä Euroopan komissio on syksyllä 2016 julkaistussa ns. Puhtaan energian paketissa ehdottanut uutta uusiutuvan energian direktiiviä "Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämisestä (uudelleenlaadittu toisinto)" (COM(2016) 767 final). Ehdotus uusiutuvan energian direktiivistä vuosille 2021–2030, ns. REDII (Renewable Energy Directive 2), sisältää useita uusiutuvaan energiaan liittyviä kokonaisuuksia, joista yksi on bioenergiaa koskevat kestävyyskriteerit. Nykyisin kestävyyskriteerit koskevat nestemäisiä ja kaasumaisia liikenteen biopolttoaineita sekä lämmityksessä ja sähkön tuotannossa käytettäviä bionesteitä. REDII -ehdotuksessa kestävyyskriteerit laajenevat koskemaan myös kiinteällä biomassalla sekä biokaasulla tuotettua sähkö-, lämpö-, ja jäähdytysenergiaa (ns. biomassapolttoaineilla tuotettua energiaa). Kestävyyskriteerit tulee täyttää, jotta bioenergiatuotteet voidaan laskea mukaan uusiutuvan energian tavoitteisiin ja jotta ne voivat hyötyä uusiutuvan energian tuista. Ehdotettu direktiivi ja sen kestävyyskriteerit koskevat Suomessa laajaa toimijakenttää. Tässä raportissa tarkastellaan REDII -direktiivissä ehdotettuja kasvihuonekaasupäästöjen vähennyksiä koskevia kestävyyskriteereitä sekä niihin liittyvää laskentaohjeistusta. Raportissa selvennetään khk-päästölaskennan ohjeistusta, tunnistetaan mahdolliset muutokset nykytilaan verrattuna, sekä tarkastellaan laskentaohjeeseen liittyviä epäselvyyksiä. Tarkastelu keskittyy erityisesti biomassapolttoaineita koskeviin khk-kriteereihin. Lisäksi raportissa tarkastellaan suomalaisten toimijoiden kannalta keskeisiksi esimerkeiksi valittuja biomassapolttoaineita ja niiden khk-päästövähennystuloksia REDII -metodilla laskettuna.		
Luottamuksellisuus	Julkinen	
Espoo 28.9.2017		
Laatija	Tarkastaja	Hyväksyjä
Kati Koponen Tutkija	Tiina Koljonen Research Team Leader	Tuula Mäkinen Vice President, Smart energy and transport solutions
VTT:n yhteystiedot Kati Koponen, kati.koponen@vtt.fi		
Jakelu (asiakkaat ja VTT) Hankkeen ohjausryhmä ja hankkeessa mukana olleet sidosryhmät, internet		
<i>VTT:n nimen käyttäminen mainonnassa tai tämän raportin osittainen julkaiseminen on sallittu vain Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:ltä saadun kirjallisen luvan perusteella.</i>		

Alkusanat

Euroopan komissio on syksyllä 2016 julkaistussa ns. Puhtaan energian paketissa ehdottanut uutta uusiutuvan energian direktiiviä “Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämisestä (uudelleenlaadittu toisinto)” (COM(2016) 767 final). Ehdotus uusiutuvan energian direktiivistä vuosille 2021–2030, ns. REDII (Renewable Energy Directive II), sisältää useita uusiutuvaan energiaan liittyviä kokonaisuuksia, joista yksi on bioenergiaa koskevat kestävyyskriteerit. Työ- ja elinkeinoministeriön sekä Maa- ja metsätalousministeriön toimesta käynnistettiin hanke selvittämään komission ehdotukseen liittyviä uusiutuvan energian kestävyyskriteereitä koskien erityisesti niiden kasvihuonekaasupäästöjä (khk-päästö) käsittelevää osiota. Hankkeen tarkoituksena oli selvittää REDII -ehdotuksen khk-päästölaskennan ohjeistusta, tunnistaa muutokset nykytilaan verrattuna, sekä tarkastella mahdollisia laskentaohjeeseen liittyviä epäselvyyksiä. Tarkastelu keskittyi erityisesti biomassapolttoaineita koskeviin khk-kriteereihin. Lisäksi haluttiin tarkastella suomalaisten toimijoiden kannalta keskeisiksi esimerkeiksi valittuja biomassapolttoaineita ja niiden khk-päästövähennystuloksia REDII -metodilla laskettuna.

Hankkeen toteutuksesta vastasivat tutkija Kati Koponen ja erikoistutkija Laura Sokka VTT:ltä. Hankkeen johtoryhmässä toimivat Työ- ja elinkeinoministeriöstä Hanne Siikavirta, Jukka Saarinen ja Reetta Sorsa, sekä Maa- ja metsätalousministeriöstä Kaisa Pirkola, Birgitta Vainio-Mattila ja Veli-Pekka Reskola. Hankkeen kokouksiin osallistui myös Harri Haavisto Energiavirastosta. Hankeen aikana tavattiin useita sidosryhmiä, ja keskusteltiin heidän kanssaan direktiiviehdotuksen khk-laskentaan liittyvistä kysymyksistä. Hankkeen alustavia tuloksia käytiin läpi toukokuussa järjestetyssä sidosryhmätilaisuudessa. Raporttiluonnos lähetettiin myös kommentoitavaksi sidosryhmille. Lisäksi työssä on otettu huomioon tiedot, jotka on saatu komission järjestämässä REDII -ehdotuksen khk-laskentamenetelmää käsitelleessä teknisessä kokouksessa. Tekijät kiittävät sidosryhmiä aktiivisista keskusteluista ja kommenteista.

Raportissa tehdyt tulokset ja tulkinnot direktiiviehdotuksesta ovat tekijöiden omia, ja varsinaiset tulkinnot on aina syytä perustaa suoraan direktiivin tekstiin. Direktiivin sisältö saattaa myös vielä muuttua ennen sen varsinaista hyväksymistä. Raportin laskentaesimerkkien tulokset ovat arvioita, eivätkä esitä todellisia tuoteketjuja.

Espoossa 28.9.2017

Tekijät

Sisällysluettelo

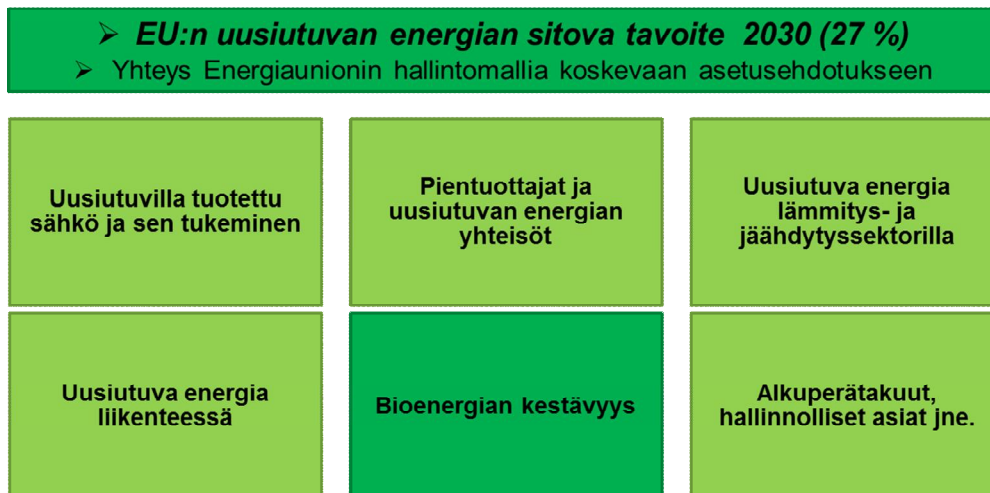
Alkusanat	2
Sisällysluettelo.....	3
1. Johdanto.....	4
1.1 REDII -ehdotuksen tavoitteet	4
1.2 REDII -ehdotuksen termit.....	5
1.3 REDII -ehdotuksen kestävyyskriteerit	5
1.4 Raportin sisältö.....	8
2. REDII -ehdotuksen khk-oletusarvot.....	8
3. REDII -ehdotuksen khk-päästövähennyslaskenta	10
3.1 Merkittävimmät muutokset nykyisen RED:n ja REDII:n laskentametodien välillä.....	10
3.2 REDII -ehdotuksen khk-laskentaohjeistus kiinteille biomassapolttoaineille (Liite VI, osa B)	11
3.2.1 Kohta 1 a ja d. Kokonaispäästön laskenta.....	11
3.2.2 Kohta 2. Funktionaalinen yksikkö.....	14
3.2.3 Kohta 3. Päästövähennyksen laskenta	14
3.2.4 Kohta 4. GWP100 kertoimet	15
3.2.5 Kohta 5. Raaka-aineiden hankinnan ja viljelyn päästöt	15
3.2.6 Kohta 6. Parantuneista maatalouden käytännöistä johtuva päästösäästö ...	16
3.2.7 Kohta 7. Maankäytön muutoksista aiheutuvat päästöt	16
3.2.8 Kohta 8. Bonus pilaantuneella maalla viljelystä.....	17
3.2.9 Kohta 9. Pilaantuneen maan määritelmä	17
3.2.10 Kohta 10. Hiilivarastot	17
3.2.11 Kohta 11. Jalostuksen päästöt	18
3.2.12 Kohta 12. Kuljetuksen ja jakelun päästöt.....	19
3.2.13 Kohta 13. Polton CH ₄ ja N ₂ O päästöt	19
3.2.14 Kohdat 14-15. CCS ja CCR	19
3.2.15 Kohta 16. Ylijäämä sähkö tai -lämpö yhteistuotantolaitoksilla.....	20
3.2.16 Kohta 17. Allokointi	20
3.2.17 Kohta 18. Järjestelmärajaus.....	20
3.2.18 Kohta 19. Fossiiliset vertailuarvot.....	23
3.3 REDII -ehdotuksen khk-laskentaohjeistus kaasumaisille biomassapolttoaineille (Liite VI, B)	24
4. Esimerkkitarkasteluja biomassapolttoaineketjuille	27
4.1 Biomassapolttoaineen kokonaispäästö ennen loppukäyttöä	27
4.2 Pellettien khk-päästöt.....	29
4.3 Metsähakkeen khk-päästöt	32
4.4 Mustalipeän khk-päästöt.....	33
4.5 Biokaasun khk-päästöt.....	33
5. Johtopäätökset	39
Lähdeviitteet.....	40

Liite 1: Lista "kehittyneiden biopolttoaineiden" valmistukseen kelpaavista raaka-aineista

1. Johdanto

1.1 REDII -ehdotuksen tavoitteet

Euroopan komissio on syksyllä 2016 julkaistussa ns. Puhtaan energian paketissa¹ ehdottanut uutta uusiutuvan energian direktiiviä “Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämisestä (uudelleenlaadittu toisinto)” (COM(2016) 767 final) [1]. Ehdotus uusiutuvan energian direktiivistä vuosille 2021–2030, ns. REDII (Renewable Energy Directive 2), sisältää useita uusiutuvaan energiaan liittyviä kokonaisuuksia, joista yksi on bioenergiaa koskevat kestävyyskriteerit. Ehdotuksessa asetetaan 27 % tavoite uusiutuvan energian kokonaismäärälle unionissa vuoteen 2030 mennessä. Jäsenvaltiokohtaisia uusiutuvan energian tavoitteita ei aseteta, mutta jäsenvaltioiden tulee säilyttää uusiutuvan energian tuotanto vähintään nykyisen RED:n vaatimalla vuoden 2020 tavoitetasolla (esim. Suomen kohdalla 38 %).



Kuva 1. REDII -ehdotuksen sisältö

REDII -ehdotuksessa ei aseteta erillistavoitetta uusiutuvan energian käytölle liikenteessä, kun aiemmassa uusiutuvan energian direktiivissä (RED) tavoite oli 10 % vuoteen 2020 mennessä [2]. Sen sijaan REDII edellyttää, että polttoainetoimittajat sisällyttävät kalenterivuoden aikana markkinoille toimittamiensa liikenteen polttoaineiden kokonaismäärään tietyn vähimmäisosuuden seuraavia tuotteita:

- Vähimmäisosuus 1,5 % vuonna 2021 ja 6,8 % vuonna 2030 tulee olla peräisin direktiivin liitteessä IX mainituista raaka-aineista tuotetuista kehittyneistä biopolttoaineista (“advanced biofuels”), muista biopolttoaineista ja biokaasusta; muuta kuin biologista alkuperää olevista uusiutuvista nestemäisistä ja kaasumaisista liikenteen polttoaineista; jätperäisistä fossiilisista polttoaineista; sekä uusiutuvista energialähteistä tuotetusta sähköstä.
- Tämän vähimmäisosuuden sisällä liitteessä IX olevassa A osassa mainituista raaka-aineista tuotettujen kehittyneiden biopolttoaineiden ja biokaasun osuuden on oltava

¹ <https://ec.europa.eu/energy/en/news/commission-proposes-new-rules-consumer-centred-clean-energy-transition>

vähintään 0,5 prosenttia vuonna 2021, ja nouseva vähintään 3,6 prosenttiin vuoteen 2030 mennessä.

Lisäksi direktiiviehdotuksessa on asetettu 7 prosentin enimmäiskatto ravinto- tai rehukasveista valmistettujen biopolttoaineiden osuudelle, joka laskee 3,8 prosenttiin vuoteen 2030 mennessä. Tämä rajoitus on tehty epäsuorista maankäytön muutoksista (ILUC) aiheutuvien päästövaikutusten hillitsemiseksi.

REDII -ehdotuksessa ei enää sovelleta nykyisen RED-direktiivin mukaista tuplalaskentaa jäte- ja tähdepohjaisista raaka-aineista valmistetuille biopolttoaineille.

1.2 REDII -ehdotuksen termit

REDII -ehdotuksessa käytetään seuraavia termejä (Artikla 2):

- **'biopolttoaineilla'** tarkoitetaan nestemäisiä liikenteessä käytettäviä polttoaineita, jotka tuotetaan biomassasta
- **'bionesteillä'** tarkoitetaan sähkön, lämmityksen ja jäähdytyksen tuotantoon valmistettuja nestemäisiä polttoaineita
- **'biomassapolttoaineilla'** tarkoitetaan kaasumaisia ja kiinteitä polttoaineita, jotka tuotetaan biomassasta
- **'kehittyneillä biopolttoaineilla'** tarkoitetaan biopolttoaineita, jotka tuotetaan REDII:n liitteen IX A osassa luetelluista raaka-aineista (ks. Liite 1)
- **'muuta kuin biologista alkuperää olevilla uusiutuvilla nestemäisillä ja kaasumaisilla liikenteen polttoaineilla'** tarkoitetaan liikenteessä käytettäviä nestemäisiä tai kaasumaisia polttoaineita, jotka eivät ole biopolttoaineita ja joiden energiasäilytys on peräisin muista uusiutuvista energialähteistä kuin biomassasta
- **'jäteperäisillä fossiilisilla polttoaineilla'** tarkoitetaan nestemäisiä ja kaasumaisia polttoaineita, jotka tuotetaan uusiutumattomasta alkuperää olevista jätevirroista, mukaan lukien jätteiden käsittelystä peräisin olevat kaasut ja pakokaasut.

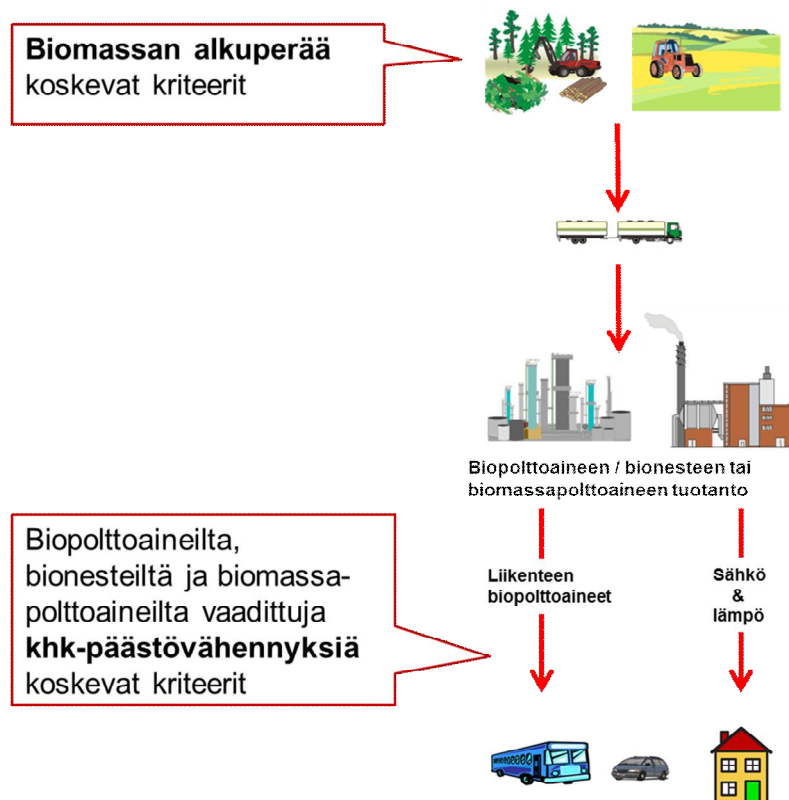
Huomioitavaa on, että biokaasu on aiemmasta poiketen siirretty biopolttoaineista biomassapolttoaine-luokituksen alle. 'Muuta kuin biologista alkuperää olevilla uusiutuvilla nestemäisillä ja kaasumaisilla liikenteen polttoaineilla' tarkoitetaan esimerkiksi erilaisia power-to-gas tai power-to-liquid polttoaineita, jotka tuotetaan vedystä ja hiilidioksidista sähkön avulla. Jäteperäisiä fossiilisia polttoaineita voitaneen valmistaa esimerkiksi fossiilisista muoveista tai jäteöljyistä. Näitä kahta polttoaineluokkaa koskevat kasviuonekaasupäästökriteerit ja laskentamenetelmä eivät ole vielä selvillä, vaan komissiolle jätettäisiin ehdotuksen mukaan valtuus antaa niitä koskevia delegoituja säädöksiä (Artikla 25, 6).

1.3 REDII -ehdotuksen kestävyyskriteerit

Tässä raportissa käsitellään REDII:ssa ehdotettuja uusiutuvan energian kestävyyskriteereitä ja erityisesti niiden kasviuonekaasupäästöjä koskevaa osiota. Nykyisin kestävyyskriteerit koskevat nestemäisiä ja kaasumaisia liikenteen biopolttoaineita sekä lämmityksessä ja sähkön tuotannossa käytettäviä bionesteitä. REDII:ssa kestävyyskriteerit laajenevat

koskemaan myös kiinteällä biomassalla sekä biokaasulla tuotettua sähkö-, lämpö-, ja jäähdytysenergiaa (ns. biomassapolttoaineilla tuotettua energiaa). Bioenergiatuotteiden tulee täyttää kestävyyskriteerit, jotta ne voidaan laskea mukaan uusiutuvan energian tavoitteisiin ja jotta ne voivat hyötyä uusiutuvan energian tuista. Koska ehdotettu direktiivi ja sen kestävyysdirektiivit koskevat sekä nestemäisiä että kiinteitä ja kaasumaisia bioenergiatuotteita, koskevat ne huomattavasti aiempaa laajempaa toimijakenttää Suomessa. Nykyisen kestävyyslainsäädännön mukaan toimijoiden tulee laatia kestävyysjärjestelmä, jolla tuote-erien kestävyttä seurataan. Kestävyyskriteerien täyttymistä valvoo Suomessa Energiavirasto. REDII toimeenpannaan kansallisesti myöhemmin, lopullisen direktiivin sisällön mukaisesti.

Nykyisen RED:n ja REDII -ehdotuksen uusiutuvaa energiaa koskevat kestävyyskriteerit ovat sekä laadullisia että määrällisiä ja koskevat koko bioenergian toimitusketjua. Laadulliset kriteerit koskevat bioenergian valmistuksessa käytettävien raaka-aineiden alkuperää ja määrälliset kriteerit bioenergialla saatavia kasvihuonekaasujen (khk) päästövähennyksiä (Kuva 2). Khk-kaasupäästövähennys määritellään vertaamalla bioenergiatuotteen koko elinkaaren aikaista päästöä fossiilisen energian vastaavaan päästöön. Kasvihuonekaasupäästöihin lasketaan mukaan hiilidioksidi (CO₂), metaani (CH₄) ja typpioksiduuli (N₂O) -päästöt.



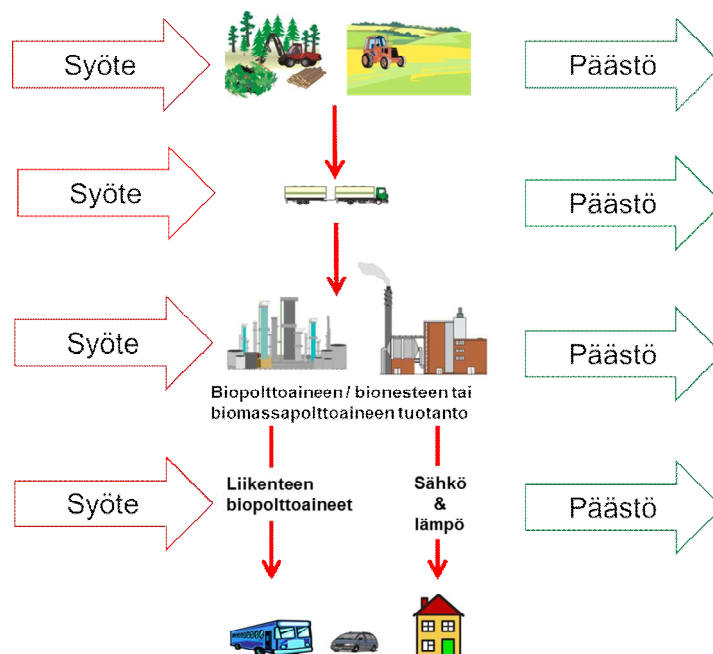
Kuva 2. Bioenergiaa koskevat kestävyyskriteerit

Biomassapolttoaineiden khk-kriteerit koskevat REDII -ehdotuksen mukaisesti vain 1.1.2021 alkaen aloittavia laitoksia, joissa polttoaineteho on yhtä suuri tai suurempi kuin 20 MW ja biokaasun osalta sähköteho yhtä suuri tai suurempi kuin 0.5 MW. Myös laitoksen muuntaminen fossiilisia polttoaineita polttavasta laitoksesta biomassaa polttavaksi laitokseksi tulkitaan nyky-ymmärryksen mukaan uudeksi laitokseksi. Biomassan alkuperälle asetetut kestävyyskriteerit koskevat kuitenkin myös aiemmin aloittaneita laitoksia. Biomassapolttoaineilta vaadittava khk-päästövähennys fossiilisiin polttoaineisiin verrattuna

on 2021 alkaen 80 % ja 2026 alkaen 85 % sähkön ja lämmöntuotannossa. Liikenteen biopolttoaineita ja bionesteitä, sekä liikenteessä käytettävää biokaasua koskeva khk-päästövähennysvaatimus on 2021 alkaen 70 % nykyisen 60 %:n sijaan. 70 %:n vähennysvaatimus koskee 2021 alkaen aloittavia laitoksia, sekä ”kehittyneitä biopolttoaineita” myös aiemmin aloittaneista laitoksissa (Artikla 25,1 ja Artikla 26,7).

Bioenergialla saavutettavia khk-päästövähennyksiä koskevat kriteerit noudattavat elinkaariarvioinnin logiikkaa, eli päästölaskennassa huomioidaan bioenergiatuotteiden koko elinkaari, alkaen raaka-aineen hankinnasta ja päättyen energian jakeluun tai loppukäyttöön. Päästölaskennassa huomioidaan prosessiin liittyvät tuotantopanokset, kuten energia, lannoitteet, kemikaalit ja muut lisäaineet (Kuva 3). Tätä elinkaaren aikaista kokonaispäästöä verrataan fossiilisen vertailutuotteen vastaavaan elinkaari-päästöön. Toimija voi osoittaa khk-päästökriteerien mukaisuuden kolmella vaihtoehdoisella tavalla:

- 1) Käyttämällä direktiivin liitteissä (Liite V A, B ja Liite VI A) annettuja oletusarvoja päästövähennykselle (jos maankäytön muutoksista aiheutuva päästö on nolla)
- 2) Laskemalla itse varsinaisen khk-päästövähennyksen direktiivin liitteessä (Liite V C ja Liite VI B) annetun laskentaohjeistuksen mukaisesti
- 3) Yhdistämällä direktiivin liitteissä (Liite V D, E ja Liite VI C) annettuja eriteltyjä oletusarvoja osalle tuotantovaiheista, sekä toimijan itsensä laskemia todellisia arvoja osalle tuotantovaiheista.



Kuva 3. REDII:n khk-päästölaskenta noudattaa elinkaariarvioinnin logiikkaa, ja päästöt huomioidaan koko tuotantoprosessin ajalta. Jäte- ja tähdepolttoaineilla päästölaskenta alkaa raaka-aineen keräilystä.

1.4 Raportin sisältö

Tässä raportissa tarkastellaan ehdotettua REDII khk-kriteeriä ja siihen liittyvää laskentaohjeistusta. On hyvä huomioida, että raportti koskee direktiiviehdotuksen nykyistä versiota (COM(2016) 767 final, Brussels, 23.2.2017), ja sen sisältö saattaa vielä muuttua ennen direktiivin varsinaista hyväksymistä. Raportissa selvennetään REDII:n khk-päästölaskennan ohjeistusta, tunnistetaan mahdolliset muutokset nykytilaan verrattuna, sekä tarkastellaan laskentaohjeeseen liittyviä epäselvyyksiä. Tarkastelu keskittyy erityisesti biomassapolttoaineita koskeviin khk-kriteereihin.

Luvussa 2 käsitellään lyhyesti REDII:ssa khk-päästöille annettuja oletusarvoja. Luvussa 3 käydään läpi khk-laskennan metodi ja REDII -laskentasäännöt kohta kohdalta. Jos direktiivin laskentaohjeistuksesta on tunnistettu erityistä huomiota vaativia seikkoja tai epäselvyyttä, on nämä esitetty korostetuissa "Huomioita"-laatikoissa. Epäselviin kohtiin on myös haettu ohjeistusta komission Joint Research Center:n (JRC) julkaisusta, jossa raportoidaan REDII khk-päästöoletusarvojen taustaoletuksia ja laskentaa [3].

Lisäksi raportissa tarkastellaan suomalaisten toimijoiden kannalta keskeisiksi esimerkeiksi valittuja biomassapolttoaineita ja niiden khk-päästövähennystuloksia REDII -metodilla laskettuna. Esimerkkitapaukset on raportoitu luvussa 4. Luvussa 5 kootaan yhteen keskeisimmät johtopäätökset.

Hankkeen aikana on käyty useita keskusteluja bioenergia-alan eri toimijoiden kanssa, ja tässä raportissa tarkastellaan erityisesti näissä keskusteluissa ja sidosryhmätilaisuuksissa esiin nousseita ongelmakohtia. Laskentaesimerkit ovat kuitenkin yleisluontoisia, eivätkä edusta varsinaisia tuoteketjuja. Direktiivin kestävyyskriteerit ovat laajat ja laskentamettiin liittyy paljon yksityiskohtia. Siksi kaikkia muutoksia tai ongelmakohtia ei tämän hankkeen puitteissa ole välttämättä ehditty tunnistamaan tai käsittelemään. Raportissa tehdyt tulkinnat ovat hankkeen pohjalta syntyneitä ja kirjoittajien omia eikä niitä tule käyttää virallisena tulkintaohjeena.

2. REDII -ehdotuksen khk-oletusarvot

Toimijoiden on mahdollista käyttää direktiivissä annettuja oletusarvoja khk-päästövähennyksen määrittämiseen, jos omaa tuotantoketjua vastaava oletusarvo löytyy ja maankäytön muutoksista aiheutuva päästö on nolla. Direktiivissä annetaan oletusarvot sekä khk-päästövähennykselle (Liite V A, B ja Liite VI A), että erikseen tuotantoketjun eri vaiheille (Liite V D, E ja Liite VI C). Biomassapolttoaineiden päästövähennysoletusarvojen laskennassa on käytetty oletuksena 25 %:n hyötysuhdetta sähkön tuotannossa ja 85 %:n hyötysuhdetta lämmön tuotannossa. Biomassapolttoaineille on myös mahdollista käyttää oletusarvojen kokonaispäästöä (Liite VI D), ja muuntaa se päästövähennykseksi käyttämällä todellista tuotannon hyötysuhdetta toimijan omalta sähkön ja/tai lämmön tuotantolaitokselta. Lisäksi on mahdollista käyttää eriteltyjä oletusarvoja ja toimijan laskemia todellisia arvoja tuotantoketjun eri osille, ja koota niistä kokonaispäästöarvo. Eritellyt arvot biomassapolttoaineille on ilmoitettu per MJ biomassaa tai biokaasulle per MJ biokaasua.

Biomassapolttoaineiden oletusarvot perustuvat JRC:n tekemiin laskelmiin, jotka on kuvattu raportissa Giuntoli ym. 2017² [3]. Biopoltoaineiden oletusarvojen taustat on julkaistu raportissa Edwards ym. 2017³ [4]. Molempien raporttien yhteydessä on myös julkaistu Excel-

² <http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC104759>

³ <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/renewable-energy/biofuels/sustainability-criteria>

tietokannat laskentaparametreista.⁴ Oletusarvojen on tarkoitus olla yleisluontoisia ja kuvata edustavasti teknologioita koko EU:n markkina-alueelle. Ne eivät siis kuvaa tiettyjä yksittäisiä prosesseja, eivätkä välttämättä vastaa tuloksia, joita saadaan parhailla käytävissä olevilla teknologioilla. Oletusarvot on laskettu varovaisuusperiaatteen mukaisesti. Esimerkiksi kiinteiden biomassapolttoaineiden oletusarvoja laskettaessa on prosessoinnin, kuljetuksen ja polttoaineen käytön päästöt huomioitu 20 % korkeampina, kuin tyypilliset toiminta-arvot ovat. Nestemäisen biopolttoaineiden ja biokaasun kohdalla prosessoinnin päästöt ovat oletusarvoissa 40 % korkeammat kuin tyypilliset arvot. Toimija voi osoittaa oman prosessinsa paremmuuden laskemalla sen todelliset khk-päästöt.

Oletusarvoja on määritelty seuraavista raaka-aineista valmistetuille kiinteille biomassapolttoaineille:

- Puupohjaiset hakkeet⁵, metsäteollisuuden sivutuotepuu, puupelletit tai puubriketit, jotka ovat peräisin tai valmistettu:
 - o metsätaloudesta peräisin olevista tähteistä (forest residues)
 - o lyhytkiertoisesta energiapuusta (eukalyptus, poppeli)
 - o runkopuusta (stemwood)
 - o teollisuudesta peräisin olevista tähteistä (industry residues)
- Maataloudesta peräisin olevat tähteet, olkipelletti, sokeriruokojätteestä tehdyt briketit, palmuydinrouhe (agricultural residues, straw pellets, bagasse briquettes, palm kernel meal)

Oletusarvoja on määritelty myös biomassapolttoaineiden valmistuksessa käytettyyn teknologiaan perustuen, esim. käytetäänkö prosessissa omaa vai verkkosähköä, mikä on polttoaine CHP-laitoksessa, jne. Biokaasun osalta oletusarvot on annettu avoimille tai suljetuille mädätysäiliöille.

Verrattuna nykyiseen direktiiviin, REDII -ehdotuksessa annetaan enemmän oletusarvoja. Eritellyt oletusarvot on myös jaoteltu tarkempiin luokkiin, ja esim. viljelyn N₂O-päästöt ovat nyt omana luokkana. Tämä mahdollistaa toimijoille laajemman oletusarvojen käytön.

⁴ https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/jrc_default_values_transport_biofuels_final_july_2017.xlsx , https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/biogas_and_solid_biomass_database_jrc_red-recast_v1a_july2017_protected.xlsx

⁵ Direktiiviluonnoksen suomennoksessa ”puuhake”

3. REDII -ehdotuksen khk-päästövähennyslaskenta

3.1 Merkittävimmät muutokset nykyisen RED:n ja REDII:n laskentametodien välillä

REDII:n khk-päästövähennyslaskenta noudattaa elinkaariarvioinnin periaatteita luvussa 1.3 kuvatun mukaisesti, ja laskentaa koskevat säännöt ja yhtälöt esitetään direktiivin liitteessä V biopolttoaineille ja bionesteille, sekä liitteessä VI biomassapolttoaineille. Pääkohdiltaan laskentaperiaatteet seuraavat nykyistä RED kriteeriä, mutta joitakin muutoksia ja tarkennuksia on ehdotettu.

Yksi merkittävistä muutoksista on se, että vaadittuja päästövähennyksiä ja käytettäviä fossiilisia vertailuarvoja on muutettu. Taulukko 1 listaa nykyisen RED:n ja REDII:n bioenergiatuotteilta vaatimat päästövähennykset sekä direktiivin määräämät fossiiliset vertailuarvot. Myös fossiiliset vertailuarvot on laskettu elinkaariarvioinnin mukaisesti, eli niissä huomioidaan fossiilisten polttoaineiden kokonaispäästöt koko tuotantoketjun ajalta, valmistuksesta polttoon. Fossiilisten polttoaineiden vertailuarvojen määrittelyssä on käytetty Joint Research Centre, EUCAR ja CONCAWE –yhteistutkimuksen tuloksia⁶ (JEC study, well-to-tank 4a arvot), ja ne edustavat oletettua vuoden 2030 keskimääräistä fossiilista päästöä EU:n alueella [3]. On myös syytä huomata, että koska fossiilista vertailuarvoa on nostettu, myös fossiilisen polttoaineen käytöstä aiheutuvat päästöt biopolttoaineiden ja biomassapolttoaineiden valmistuksessa ovat korkeammat, mikä on huomioitu oletusarvojen laskennassa.

Päästövähennys lasketaan edelleen vertaamalla bioenergiatuotteiden kokonaispäästöä fossiiliseen vertailuarvoon yhtälön 1 mukaisesti:

$$\text{PÄÄSTÖVÄHENNYS} = \frac{\text{Fossiilinen vertailuarvo} - \text{Bioenergiatuotteen kokonaispäästö}}{\text{Fossiilinen vertailuarvo}} \quad (1)$$

Taulukko 1. RED:n ja REDII:n asettamat päästövähennysrajat sekä fossiiliset vertailuarvot

	RED Päästö- vähennysraja	Fossiilinen vertailuarvo (g CO _{2ekv} /MJ)	REDII Päästö- vähennysraja	Fossiilinen vertailuarvo (g CO _{2ekv} /MJ)
Biopolttoaineet	60 %	83.8 (liikenne)	70 % (2021 aloittaneet laitokset + "advanced biofuels")	94 (liikenne)
Bionesteet	60 %	91 (sähkö) 77 (lämpö) 85 (CHP)	70 % (2021)	183 (sähkö) 80 (lämpö)
Biomassa- polttoaineet (≥20MW polttoaineteho, 0.5 sähköteho biokaasulle)			80 % (2021) 85 % (2026) 70 % (biokaasu liikenteessä)	183 (sähkö) 80 (lämpö) 124 (lämpö jos korvataan hiiltä) 94 (liikenne)

⁶ <http://iet.jrc.ec.europa.eu/about-jec/downloads>

Huomioita:

- Päästövähennysvaatimuksissa on ristiriitainen kirjaus artiklan 25(1) kolmannen kappaleen ja artiklan 26(7) kohdan c välillä.

Muita merkittäviä muutoksia REDII -ehdotukseen liittyen:

- § Lämmön ja sähkön tuotannon konversiohyötysuhde tulee huomioida päästölaskennassa (Liite V, C kohta 1b ja Liite VI, B kohta 1d)
- § CHP-laitoksen päästöjen allokoinnissa sähkön ja lämmön välillä tulee käyttää exergia-allokoinnin periaatetta (Liite V, C kohta 1b ja Liite VI, B kohta 1d)
- § Biomassapolttoaineiden khk-laskennassa käytettävää sähkön päästökerrointa koskien on tehty erityislinjauksia (Liite VI, B kohta 11)
- § Järjestelmärajausta koskevia linjauksia on täsmennetty koskien yhdistettyä biopolttoaineen tuotantoa ja CHP-laitosta (Liite V, C ja Liite VI, B kohta 18)
- § Biokaasun khk-laskentaan saa sisällyttää bonuksen, mikäli raaka-aineena käytetään lantaa (Liite VI, B kohta 1b ja c)
- § GWP100-arvoja on päivitetty IPPC:n ohjeistuksen mukaisesti (Liite V, C ja Liite VI, B kohta 4)
- § Polton CH₄ ja N₂O-päästöt tulee huomioida bionesteille ja biomassapolttoaineille (Liite V, C ja Liite VI, B kohta 13)
- § Biopolttoaineita koskien on poistunut mahdollisuus huomioida moottorin tehokkuus, eli ilmoittaa päästöt g CO_{2ekv}/km. Päästöt ilmoitetaan g CO_{2ekv}/MJ biopolttoainetta. (Liite V, C entinen kohta 3)

Näitä muutoksia on käsitelty seuraavassa luvussa, jossa käydään läpi REDII:n ehdottama khk-päästölaskennan ohjeistus kohta kohdalta, kiinnittäen huomio mahdollisiin epäselvyyksiin. Päähuomio kohdistuu biomassapolttoaineita koskevaan metodiin (Liite VI B), mutta tarvittaessa huomioita tehdään myös biopolttoaineita ja bionesteitä koskevista ohjeista (Liite V C). Luvussa 3.2 käsitellään kiinteitä biomassapolttoaineita ja luvussa 3.3 biokaasua.

3.2 REDII -ehdotuksen khk-laskentaohjeistus kiinteille biomassapolttoaineille (Liite VI, osa B)

3.2.1 Kohta 1 a ja d. Kokonaispäästön laskenta

1 a) Biomassapolttoaineiden tuotannon kasvihuonekaasupäästöt lasketaan REDII liitteessä VI, B annetun yhtälön (2) mukaisesti. Vastaava laskenta koskee myös biopolttoaineita ja bionesteitä (Liite V C).

$$E = e_{ec} + e_l + e_p + e_{td} + e_u - e_{sca} - e_{ccs} - e_{ccr} \quad (2)$$

missä

E = polttoaineen käytöstä aiheutuvat kokonaispäästöt
 e_{ec} = raaka-aineiden hankinnasta tai viljelystä aiheutuvat päästöt

e	= maankäytön muutoksista johtuvista hiilivarantojen muutoksista aiheutuvat annualisoidut päästöt
e_p	= jalostuksesta aiheutuvat päästöt
e_{td}	= kuljetuksesta ja jakelusta aiheutuvat päästöt
e_u	= käytössä olevasta polttoaineesta aiheutuvat päästöt = 0
e_{sca}	= paremmista maatalouskäytännöistä johtuen maaperän hiilikertymästä saatava päästövähennys
e_{ccs}	= hiilidioksidin talteenotosta ja geologisesta varastoinnista aiheutuvat päästövähennykset
e_{ccr}	= hiilidioksidin talteenotosta ja korvaamisesta aiheutuvat päästövähennykset.

Verrattuna nykyiseen RED:iin, yhteistuotannon ylijäämästä saatavat päästövähennykset on poistettu yhtälöstä, ja päästöjen allokointia yhteistuotannon tapauksessa on selvennetty kohdassa 16.

1 d) Biomassapolttoaineiden khk-päästöjen laskennassa huomioidaan myös sähkön ja lämmön tai jäähdytyksen tuotannon konversiohyötysuhde. Konversiohyötysuhteella tarkoitetaan biomassapolttoaineen loppukäyttökohteen hyötysuhdetta (esim. lämmön tai sähkön tuotannossa). Vastaava laskenta koskee myös bionesteitä (Liite V C).

i) Lämmöntuotannossa biomassapolttoaineen kokonaispäästö jaetaan lämmöntuotannon hyötysuhteella η_h .

$$EC_h = \frac{E}{\eta_h} \quad (3)$$

ii) Sähkötuotannossa biomassapolttoaineen kokonaispäästö jaetaan sähköntuotannon hyötysuhteella η_{el} .

$$EC_{el} = \frac{E}{\eta_{el}} \quad (4)$$

missä,

$EC_{h,el}$	= Tuotetun lämmön tai sähkön kokonaispäästö
E	= Biomassapolttoaineen kokonaispäästö ennen loppukäyttöä
η_h	= Lämmön tuotannon hyötysuhde, eli vuosittainen ”käyttökelpoinen lämpö” jaettuna vuosittaisella biomassapolttoainesyötteellä, perustuen biomassapolttoaineen lämpöarvoon
η_{el}	= Sähkön tuotannon hyötysuhde, eli vuosittain tuotettu sähkö jaettuna vuosittaisella biomassapolttoainesyötteellä, perustuen biomassapolttoaineen lämpöarvoon.

”**Käyttökelpoinen lämpö**” (useful heat) tarkoittaa lämpöä, joka tuotetaan vastaamaan ”taloudellisesti perusteltua tarvetta” lämmölle tai jäähdytykselle.

”**Taloudellisesti perusteltu tarve**” tarkoittaa tarvetta, joka ei ylitä lämmityksen tai jäähdytyksen tarvetta, joka muussa tapauksessa tyydyttäisiin markkinaehtoisesti.

Huomioimalla vain ”käyttökelpoinen lämpö” pyritään estämään päästöjen kohdistaminen hukkalämmölle.

Huomioita:

- Taloudellisesti perusteltu lämmön tarve vaihtelee vuoden ympäri (esim. kaukolämmön tarpeen vaihtelu kesäkautena). Määritelmän mukaisesti vuosittainen ”käyttökelpoinen lämpö” jaetaan vuosittaisella biomassapolttoainesyötteellä. Tällä hetkellä ei ole tarkempaa ohjeistusta siitä, miten vuosittainen käyttökelpoinen lämpö määritellään.

Yhdistetyn sähkön- ja lämmöntuotannon (CHP) tapauksessa kokonaispäästön kohdistamisessa sähkölle ja lämmölle käytetään exergia-allokoinnin menetelmää. Exergialla tarkoitetaan hyödynnettävissä olevan energian määrää. Sähkön exergiasisältö on suurempi kuin lämmön, sillä sähkö on exergiana määritettyä ”korkeampilaatuista energiaa”. Sähkö on esimerkiksi muunnettavissa muiksi energiamuodoiksi (mukaan lukien lämmöksi). Tällöin siis exergiaperusteisesti allokoituna sähkölle kohdistuu suurempi osuus päästöistä kuin lämmölle⁷. REDII laskennassa sähkön exergiasisältö on määritelty olevan 100 % eli $C_{el} = 1$. Lämmön Carnot hyötysuhde määritellään sen lämpötilan perusteella (yhtälö 7). Lämmön exergiasisältö on sitä korkeampi mitä korkeammassa lämpötilassa höyry on, sillä korkeammassa lämpötilassa oleva höyry voi tehdä enemmän työtä.

iii) Yhdistetyssä sähkön- ja lämmöntuotannossa tuotettavalle sähkölle kohdistuvat päästöt lasketaan:

$$EC_{el} = \frac{E}{\eta_{el}} \left(\frac{C_{el} \times \eta_{el}}{C_{el} \times \eta_{el} + C_h \times \eta_h} \right) \quad (5)$$

iv) Yhdistetyssä sähkön- ja lämmöntuotannossa tuotettavalle lämmölle kohdistuvat päästöt lasketaan:

$$EC_h = \frac{E}{\eta_h} \left(\frac{C_h \times \eta_h}{C_{el} \times \eta_{el} + C_h \times \eta_h} \right) \quad (6)$$

missä

$EC_{h,el}$ = Tuotetun lämmön tai sähkön kokonaispäästö
 E = Bionesteen kokonaispäästö ennen loppukäyttöä
 η_h = Lämmön tuotannon hyötysuhde, eli vuosittainen ”käyttökelpoinen lämpö” jaettuna vuosittaisella bionestesyoitteellä, perustuen bionesteen lämpöarvoon
 η_{el} = Sähkön tuotannon hyötysuhde, eli vuosittain tuotettu sähkö jaettuna vuosittaisella bionestesyoitteellä, perustuen bionesteen lämpöarvoon.

C_{el} = Exergiasisältö sähkössä tai mekaanisessa energiassa, $C_{el} = 1$
 C_h = Carnot-hyötysuhde (hyödyksi käytettävän ylijäämälämmön exergiasisältö)

Carnot-hyötysuhde C_h hyödyksi käytettävälle lämmölle eri lämpötiloissa lasketaan seuraavasti:

$$C_h = \frac{T_h - T_0}{T_h} \quad (7)$$

missä

T_h = Hyötykäytettävän lämmön lämpötila Kelvin asteina (K) allokaatiopisteessä
 T_0 = Ympäristön lämpötila = 273K eli 0°C

⁷ Muilla allokointimenetelmillä, kuten energiaperusteisella tai hyödynjakomenetelmään perustuvalla allokoinnilla päästöt kohdistuisivat tasaisemmin sähkölle ja lämmölle.

Jos lämpötila $T_h < 150^\circ\text{C}$ (423K) C_h :lle voidaan käyttää samaa arvoa, kuin 150°C :n lämpötilassa, eli 0,3546:

$$C_h = \frac{423\text{K} - 273\text{K}}{423\text{K}} = 0,3546$$

Esimerkiksi kaukolämpöön käytettävän lämmön lämpötila on tyypillisesti $75 - 110^\circ\text{C}$ välillä. Jos siis lämpö käytetään kaukolämmöksi, voidaan laskennassa käyttää oletusta $C_h = 0,3546$. Tällöin yhtälö 6 yksinkertaistuu muotoon:

$$EC_h = \frac{E}{\eta_h} \left(\frac{0,3546 \times \eta_h}{1 \times \eta_{el} + 0,3546 \times \eta_h} \right) \quad (8)$$

Jos lämpöä käytetään esimerkiksi teollisuuden prosesseihin, voi sen lämpötila olla huomattavasti korkeampi, jolloin C_h tulee laskea yhtälön 7 mukaisesti.

Jos lämpöä käytetään kaukojäähdytykseen, hyödynnetään tyypillisesti absorptiojäähdytintä, johon johdettavan lämmön lämpötila on noin $80-90^\circ\text{C}$.

Huomioita:

- Hankkeessa on laadittu excel-taulukko, jolla voidaan testata exergia-allokoinnin tuloksia erilaisilla CHP-laitosten toiminta-arvoilla.
- Exergia-allokointi kohdentaa enemmän päästöjä sähkölle kuin lämmölle. Mitä korkeammassa lämpötilassa lämpö on, sitä enemmän sille allokoituu päästöjä.

3.2.2 Kohta 2. Funktionaalinen yksikkö

Khk-laskennan tulos ilmoitetaan MJ lopputuotetta (biopolttoaine, lämpö/jäähdytys tai sähkö) kohden, eli g $\text{CO}_{2\text{ekv}}/\text{MJ}$.

Kohdassa selvitetään myös, miten päästöt viljelyn osalta esitetään per tonni kuivaa raaka-ainetta (g $\text{CO}_{2\text{ekv}}/\text{dry-ton of feedstock}$), ja miten ne muunnetaan päästökseen per MJ lopputuotetta (g $\text{CO}_{2\text{ekv}}/\text{MJ}$).

3.2.3 Kohta 3. Päästövähennyksen laskenta

Biomassapolttoaineiden (ja biopolttoaineiden sekä muiden bionesteiden) tuotannon ja käytön avulla saavutettava kasvihuonekaasujen suhteellinen päästövähennys lasketaan vertaamalla biopolttoaineista aiheutuvia kokonaispäästöjä fossiilisten polttoaineiden kokonaispäästöihin (yhtälön 1 mukaisesti).

Biomassapolttoaineiden päästövähennys

$$PÄÄSTÖVÄHENNYS = (E_{F(h\&c,el)} - E_{B(h\&c,el)}) / E_{F(h\&c,el)} \quad (9)$$

missä

$E_{B(h\&c,el)}$ = biomassapolttoaineesta aiheutuvat kokonaispäästöt

$E_{F(h\&c,el)}$ = fossiilinen vertailuarvo.

Huomioita:

- REDII -ehdotuksen Liite VI:n yhtälössä, joka koskee biomassapolttoaineiden liikennekäyttöä (biokaasua) on virhe, ja siitä puuttuu tässä punaisella korostettu sulkumerkintä $(E_{F(t)} - E_B) / E_{F(t)}$.
- REDII -ehdotuksen Liite V:ssä on myös virhe, ja yhtälö on esitetty muodossa $(E_{F(t)} - E_B / E_{F(t)})$, eli jälkimmäinen punaisella korostettu sulkumerkintä on väärässä paikassa, ja sen tulisi olla termin E_B jälkeen.

3.2.4 Kohta 4. GWP100 kertoimet

Laskennassa huomioitavat kasvihuonekaasut ovat hiilidioksidi CO₂, typpioksiduuli N₂O ja metaani CH₄. Hiilidioksidiekvivalentin (CO_{2-ekv}) laskemista varten nämä kaasut painotetaan GWP100 (global warming potential 100 vuodelle) kertoimilla, jotka ovat muuttuneet nykyiseen verrattuna IPCC:n päivitysten mukaisesti.

Taulukko 2. Nykyisen RED:n ja REDII -ehdotuksen mukaiset GWP kertoimet

	RED	REDII
CO ₂	1	1
N ₂ O	296	298
CH ₄	23	25

3.2.5 Kohta 5. Raaka-aineiden hankinnan ja viljelyn päästöt

Kohdassa kerrotaan, mitkä päästöt tulee huomioida laskettaessa päästökomponenttia e_{ec} , raaka-aineiden hankinnasta tai viljelystä aiheutuvat päästöt. Nykyiseen RED:iin verrattuna tämä kohta sisältää nyt myös varastoinnin ja kuivauksen päästöt.

Verrattuna biopolttoaineiden ja bionesteiden khk-laskentaohjeistukseen on biomassapolttoaineille kohdassa 5 lisäys metsäbiomassaan liittyen:

”Estimates of emissions from cultivation and harvesting of forestry biomass, may be derived from the use of averages for cultivation and harvesting emissions calculated for geographical areas at national level, as an alternative to using actual values.”

(”Metsäbiomassan viljelystä tai korjuusta aiheutuneiden päästöjen arviot voidaan todellisten arvojen sijaan johtaa keskiarvoista, jotka on laskettu kansallisen tason maantieteellisille alueille.”)

Metsän hoidosta aiheutuvat päästöt (esim. työkoneiden energian kulutuksesta aiheutuvat päästöt metsän istutuksessa ja hoidossa, sekä lannoituksen päästöt) huomioidaan, jos puuta

korjataan suoraan energiakäyttöön. Latvusmassan (hakkuutähteen) kohdalla näitä päästöjä ei huomioida, vaan tähde pohjaisille ketjuille khk-laskenta alkaa keräilystä (ks. luku 3.2.17).

Huomioita:

- Ehdotus tarjoaa mahdollisuuden käyttää alueellisia keskiarvoja metsän hoidon ja metsäbiomassan korjuun päästöille. Tällä hetkellä tällaisia keskiarvoja ei ole saatavilla.
- Biomassan varastointi kasoissa voi käynnistää mikrobitoimintaa, joka aiheuttaa biomassan hajoamista ja sen seurauksena merkittäviä kuiva-ainetappioita [5]. Hajoamisesta voi seurata CO₂ ja CH₄ päästöjä. JRC on oletusarvoja laskiessaan oletanut näiden kuiva-ainetappioiden suuruudeksi 5 % metsähakkeelle sekä runkopuulle [3]. Lyhytkiertoiselle energiapuulle arvioitu kuiva-ainetappio on 12 %, ja maissille biokaasun tuotannossa 10 % [3]. JRC ei esitä arviota muille raaka-aineille, mutta sama ilmiö koskee myös muuta biomassaa. Jos biomassaa päätyy korjuun jälkeen nopeasti polttoon, kuiva-ainetappiot voivat jäädä pieniksi tai niiltä voidaan kokonaan vältyä. Kuiva-ainetappiot näkyvät mahdollisesti laitosten kirjanpidossa alentuneena biomassan energiasisältönä, jos biomassaa varastoidaan laitosalueella.

3.2.6 Kohta 6. Parantuneista maatalouden käytännöistä johtuva päästösäästö

Kohdassa määritellään parantuneista maatalouden käytännöistä johtuvien päästösäästöjen laskentaa. Parannuksilla viitataan lisääntyneeseen maaperän hiileen.

”For the purposes of the calculation referred to in point 3, emission savings from improved agriculture management, such as shifting to reduced or zero-tillage, improved crop/rotation, the use of cover crops, including crop management, and the use of organic soil improver (e.g. compost, manure fermentation digestate), shall be taken into account only if solid and verifiable evidence is provided that the soil carbon has increased or that it is reasonable to expect to have increased over the period in which the raw materials concerned were cultivated while taking into account the emissions where such practices lead to increased fertiliser and herbicide use.”

(”Paremmista maatalouskäytännöistä, kuten maanmuokkauksen vähentäminen tai lopettaminen, parantunut viljelykierto, peitekasvien käyttö, mukaan lukien viljelmän hoito, ja orgaanisen maanparannusaineksen (esimerkiksi komposti, lannan käymismädäite) käyttö, saatavat vähennykset päästöissä otetaan 3 kohdassa tarkoitetun laskelman tekemiseksi huomion väin, jos esitetään vankkaa ja todennettavissa olevaa näyttöä siitä, että maaperän hiilikertymä on kasvanut tai sen voidaan kohtuudella olettaa kasvaneen asianomaisten raaka-aineiden viljelyn aikana samalla, kun otetaan huomioon päästöt, jos tällaiset käytännöt johtivat lisääntyneeseen lannoitteiden ja torjunta-aineiden käyttöön.”)

Huomioita:

- Ehdotuksessa ei ole tarkennettu, miten ”vankka ja todennettavissa oleva näyttö” määritellään.

3.2.7 Kohta 7. Maankäytön muutoksista aiheutuvat päästöt

Kohdassa määritellään suorista maankäytön muutoksista aiheutuvien päästöjen laskenta. Suoralla maankäytön muutoksella viitataan siihen, että bioenergian tuotanto aiheuttaisi esim. metsien muuttumista pelloiksi. Ohjeistuksessa ei ole muutoksia verrattuna RED:iin, ja se nojaa edelleen IPCC:n maankäytönmuutoksia koskeviin laskentasääntöihin.

3.2.8 Kohta 8. Bonus pilaantuneella maalla viljelystä

Pilaantuneella maalla viljelylle saatava bonus on ehdotuksessa voimassa 20 vuotta nykyisen 10 vuoden sijaan.

"The bonus of 29 gCO₂eq /MJ shall be attributed if evidence is provided that the land:

(a) was not in use for agriculture in January 2008; and

(b) is severely degraded land, including such land that was formerly in agricultural use.

The bonus of 29 gCO₂eq /MJ shall apply for a period of up to 20 years from the date of conversion of the land to agricultural use, provided that a steady increase in carbon stocks as well as a sizable reduction in erosion phenomena for land falling under (b) are ensured."

("Hyvitys 29 gCO₂eq/MJ myönnetään, jos esitetään näyttöä siitä, että maa täyttää seuraavat edellytykset:

(a) se ei ollut maanviljelykäytössä tammikuussa 2008; ja

(b) se on vakavasti huonontunutta maata, mukaan lukien tällainen aiemmin maanviljelykäytössä ollut maa.

Hyvitystä 29 gCO₂eq/MJ sovelletaan enintään 20 vuoden ajan siitä, kun maa on otettu maanviljelykäyttöön, edellyttäen, että hiilivarantojen säännöllinen kasvu ja eroosion merkittävä väheneminen varmistetaan b alakohdan soveltamisalaan kuuluvan maan osalta.")

3.2.9 Kohta 9. Pilaantuneen maan määritelmä

Kohdassa selvennetään pilaantuneen maan määritelmää:

"'Severely degraded land' means land that, for a significant period of time, has either been significantly salinated or presented significantly low organic matter content and has been severely eroded."

("'Vakavasti huonontuneella maalla' tarkoitetaan maata, joka on merkittävän ajan ollut joko huomattavan suolaantunut tai jonka orgaanisen aineen pitoisuus on ollut huomattavan alhainen ja joka on eroosion pahoin kuluttamaa.")

3.2.10 Kohta 10. Hiilivarastot

Kohdassa puhutaan hiilivarastojen laskennasta, jota komissio tarkastelee 31.12.2020 mennessä. Kohdassa viitataan EU:n 2030 ilmastopolitiikkaan ja siihen liittyviin LULUCF (land use, land use change and forestry) linjauksiin. (Ks. alaviite 9)

" The Commission shall review, by 31 December 2020, guidelines for the calculation of land carbon stocks⁷ drawing on the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories — volume 4 and in accordance with the Regulation (EU) No 525/2013⁸ and the Regulation (INSERT THE NO AFTER THE ADOPTION⁹). The Commission guidelines shall serve as the basis for the calculation of land carbon stocks for the purposes of this Directive."

⁷ Commission Decision of 10 June 2010 (2010/335/EU) on guidelines for the calculation of land carbon stocks for the purpose of Annex V to Directive 2009/28/EC, OJ L 151 17.06.2010.

⁸ Regulation (EU) 525/2013 of the European Parliament and of the Council of 21 May 2013 on a mechanism for monitoring and reporting greenhouse gas emissions and for reporting other information at national and Union level relevant to climate change and repealing Decision No 280/2004/EC, OJ L 165/13, 18.06.2013

⁹ Regulation of the European Parliament and of the Council (INSERT THE DATE OF ENTRY INTO FORCE OF THIS REGULATION) on the inclusion of greenhouse gas emissions and removals from land use, land use change and forestry into the 2030 climate and energy framework and amending Regulation No 525/2013 of the European Parliament and the Council on a mechanism for monitoring and reporting greenhouse gas emissions and other information relevant to climate change.

“Laskettaessa maaperän hiilivarantoja käytetään tämän direktiivin liitteessä V olevan C osan 10 kohdan mukaisesti maaperän hiilivarantojen laskentaa koskevia ohjeita, jotka on hyväksytty mainitun direktiivin suhteen, perustuen asiakirjaan ”2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories — volume 4”, ja asetuksen (EU) N:o 525/201321 ja asetuksen (NUMERO LISÄTÄÄN HYVÄKSYNNÄN JÄLKEEN22) mukaisesti.”

Huomioita:

- REDII -ehdotuksessa viitataan EU:n LULUCF ehdotukseen, ja bioenergian mahdolliset vaikutukset hiilivarastojen muutoksiin (esim. vaikutukset metsien hiilivarastoihin) on siksi jätetty REDII -laskentametodin ulkopuolelle.

3.2.11 Kohta 11. Jalostuksen päästöt

Kohdassa määritellään, mitkä päästöt huomioidaan laskettaessa päästökompontenttia e_p , jalostuksesta aiheutuvat päästöt. Liikenteen biopolttoaineita, bionesteitä tai biokaasua koskien kohdassa ei ole merkittäviä muutoksia verrattuna nykyiseen RED:iin (Liite V). Biopolttoaineprosessissa kulutetun ulkopuolisen sähkön päästö määritellään edelleen alueen keskiarvoisena päästönä. Tuottajat voivat myös käyttää yksittäisen sähköntuotantolaitoksen keskimääräistä päästöä, mikäli laitos ei ole kytkettynä verkkoon (ts. vihreiden sertifikaattien käyttö ei ole sallittua). Suomessa Energiavirasto on sallinut Suomen keskimääräisen sähkön päästökertoimen käytön (esim. 175 g CO_{2ekv}/kWh vuonna 2014⁸).

Kiinteille biomassapolttoaineille annetaan sen sijaan erilliset ohjeet (Liite VI), joissa niiden valmistusprosessissa käytettävälle ulkopuoliselle sähkölle tulisi verkkosähkön keskimääräisen päästön sijaan käyttää sähkön fossiilisen vertailupäästön kerrointa 183 g CO_{2ekv}/MJ, joka vastaa päästöä 659 g CO₂/kWh, ja edustaa EU:n keskimääräistä fossiilisen sähkön päästökerrointa [3].

Huomioita:

- JRC perustelee biomassapolttoaineiden laskentaan käytettävää korkeampaa sähkön päästökerroin johdonmukaisuusperiaatteella. Oletusarvojen laskennassa on ajateltu, että koska biomassapolttoaineiden ajatellaan korvaavan 659 g CO₂/kWh päästöistä sähköä, tulee myös niiden valmistuksessa käytetyllä sähköllä olla sama päästö kuin korvatulla sähköllä. Jos valmistuksessa käytettäisiin matalapäästöistä sähköä, jolla korvattaisiin korkeapäästöistä sähköä, saavutettaisiin keinotekoisia päästövähennyksiä [3].
- Linjaus korkeamman sähkön päästökertoimen käytöstä biomassapolttoaineille asettaa ne eri asemaan kuin liikenteen biopolttoaineet, bionesteet tai biokaasun, joille voidaan käyttää alemmaa sähkön päästökerrointa. Tämä on erikoinen asetelma tilanteissa, joissa esim. biomassapolttoaineita ja bionesteitä voidaan molempia käyttää sähkön tuotantoon, ja molemmille käytetään samaa sähkön vertailuarvoa, mutta vain bionesteille voidaan käyttää alueen keskimääräistä sähkön päästökerrointa. Toisaalta JRC arvioi, että sähkön päästökertoimen vaikutus on melko merkityksetön useissa biomassapolttoaineiden tuotantoketjuissa [3].
- Toimijat toivovat tarkempaa ohjeistusta siitä, mitä päästökompontentteja jalostuksen päästöihin tulisi huomioida (esim. tarkempi rajausta mukaan otettaville mahdollisesti vähänmerkityksisille päästökompontenteille, kuten katalyytit, voiteluaineet, jne.).

⁸ <http://www.energiavirasto.fi/sahkontuotannon-paastokerroin>

3.2.12 Kohta 12. Kuljetuksen ja jakelun päästöt

Kohdassa määritellään kuljetuksen ja jakelun päästöjen laskenta. Kohdasta on poistettu varastoinnin päästöt ja ne mainitaan nyt kohdassa 5.

3.2.13 Kohta 13. Polton CH₄ ja N₂O päästöt

Biomassapolttoaineiden ja bionesteiden päästölaskennassa huomioidaan polton N₂O ja CH₄ päästöt. Näiden päästöjen on REDII -ehdotuksen oletusarvoissa arvioitu olevan 0,2-0,4 g CO_{2ekv}/MJ polttoainetta, raaka-aineesta riippuen. Biokaasun kohdalla REDII oletusarvo on 12,5 g CO_{2ekv}/MJ ja tyypillinen arvo 8,9 g CO_{2ekv}/MJ.

Huomioita:

- REDII:n korkea oletusarvo biokaasun N₂O- ja CH₄-päästöille johtuu JRC:n mukaan siitä, että biokaasun poltossa sähköksi osa biokaasusta voi jäädä palamatta, ja näin aiheuttaa ylimääräisiä CH₄-päästöjä. Tämä oletusarvo koskee kuitenkin biokaasua sähkön tuotannossa ja on epäselvää, soveltuuko arvo myös biokaasulle lämmön tuotannossa.
- IPCC:n inventaariohjeistuksessa⁹ polton N₂O ja CH₄ päästöt ovat hieman korkeammat kuin REDII:n oletusarvot. Biokaasun oletusarvo taas on huomattavasti matalampi:

Raaka-aine	Päästö: CH ₄ +N ₂ O [g CO _{2ekv} /MJ]
Puu	1.9
Muu biomassa	1.9
Mustalipeä	0.7
Biokaasu	0.1

3.2.14 Kohdat 14-15. CCS ja CCR

Kohdat liittyvät hiilidioksidin talteenottoon ja varastointiin (carbon capture and storage, CCS) tai talteenottoon ja korvaamiseen (carbon capture and replacement, CCR). CCR:stä saatavaa hyötyä khk-laskennassa on nykyiseen RED metodiin verrattuna rajoitettu niin, että hyöty voidaan laskea ainoastaan, jos CCR:n avulla talteenotetulla biogeenisellä hiilellä korvataan fossiilista hiiltä energia- tai liikennesektorilla (kun aiemmin korvaushyöty voitiin laskea myös muilta sektoreilta). Hyöty CCR:sta allokoidaan biomassapolttoaineelle tai biopolttoaineelle, jonka tuotantoon talteenotto liittyy.

CCS ja CCR teknologioiden khk-laskennan metodeihin liittyy paljon avoimia kysymyksiä, joita olisi syytä tarkastella lähemmin. Tästä hankkeesta CCS ja CCR kysymysten lähempi tarkastelu on kuitenkin rajattu pois.

⁹ <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>

3.2.15 Kohta 16. Ylijäämä sähkö tai –lämpö yhteistuotantolaitoksilla

Kun biopolttoaineen tuotantoon lämpöä ja/tai sähköä tarjoava yhteistuotantolaitos tuottaa ylijäämä sähköä ja/tai -lämpöä, kohdistetaan päästöt näiden välillä lämmön lämpötila huomioiden, eli allokoinnissa huomioidaan Carnot hyötysuhde.

Allokoinnin periaatteet noudattavat siis kohdassa 1,d ii) kuvattua laskentaa. (Ylijäämä lämmön tulee olla ”käyttökelpoista lämpöä”, kuten kohdassa 1).

3.2.16 Kohta 17. Allokointi

Kun biopolttoaineprosessissa syntyy useampaa lopputuotetta (päätuote + sivutuotteet), tulee päästöt kohdentaa näille tuotteille niiden energiasisällön perusteella (energia-alkoointi). Tämä ohjeistus vastaa nykyistä RED:ä. Energiasisältö määritellään tuotteen alemman lämpöarvon perusteella (LHV), paitsi sähkön ja lämmön tapauksissa.

Ylijäämä sähkö ja – lämmön osalta REDII toteaa:

“The greenhouse gas intensity of excess useful heat or excess electricity is the same as the greenhouse gas intensity of heat or electricity delivered to the fuel production process and is determined from calculating the greenhouse intensity of all inputs and emissions, including the feedstock and CH₄ and N₂O emissions, to and from the cogeneration unit, boiler or other apparatus delivering heat or electricity to the fuel production process. In case of cogeneration of electricity and heat the calculation is performed following point 16.”

(Ylimääräisen hyötylämmön tai ylimääräisen sähkön kasvihuonekaasuintensiteetti on sama kuin biomassapolttoaineen tuotantoprosessiin toimitetun lämmön tai sähkön kasvihuonekaasuintensiteetti, ja se määritetään laskemalla se kasvihuonekaasuintensiteetti, joka on kaikilla panoksilla, mukaan lukien raaka-aine, jotka syötetään yhteistuotantoyksikköön, kattilaan tai muuhun laitteeseen, jolla toimitetaan lämpöä tai sähköä biomassapolttoaineen tuotantoprosessiin, sekä kaikilla päästöillä, mukaan lukien CH₄ ja N₂O -päästöt, jotka kyseinen yksikkö, kattila tai muu laite aiheuttaa. Sähkön ja lämmön yhteistuotannossa laskelma tehdään 16 kohdan mukaisesti.”)

Huomioita:

- Päästöjen allokoinnissa ylijäämä sähkölle ja -lämmölle on edelleen epäselvyyttä. Ylijäämä sähkö ja – lämmön khk-päästö määräytyy ohjeistuksessa sen mukaan, mikä on ollut biopolttoaineen tuotannossa käytetyn sähkön tai lämmön päästö. Tämä päästö määritellään ottamalla huomioon sähkön tai lämmön tuotannon kokonaispäästö elinkaaren ajalta. Jos kyseessä on sähkön ja lämmön yhteistuotanto, päästöjen kohdentaminen tapahtuu exergia-alkooinnin periaatteella (Liite VI, B kohta 16 & kohta 1).
- Jos biomassapolttoaineen tai biopolttoaineen tuotannossa syntyy sivutuotteena ”käyttökelpoista” lämpöä, tulisi lämmölle voida allokoida päästöjä sen energiasisällön perusteella, mikäli lämmölle on todellinen ”taloudellisesti perusteltu tarve”.

3.2.17 Kohta 18. Järjestelmärajaus

Jäte ja tähde raaka-aineiden khk-päästölaskenta alkaa edelleen keräilystä, kuten nykyisessä RED:ssä. Myöskään bioenergian tuotannossa syntyville jätteille tai tähteille ei voida allokoida päästöjä, koska niiden elinkaari ajatellaan päästöttömäksi keräilyyn asti.

“Wastes and residues, including tree tops and branches, straw, husks, cobs and nut shells, and residues from processing, including crude glycerine (glycerine that is not refined) and bagasse, shall be considered to have zero life-cycle greenhouse gas emissions up to the process of collection of those materials irrespectively of whether they are processed to interim products before being transformed into the final product.”

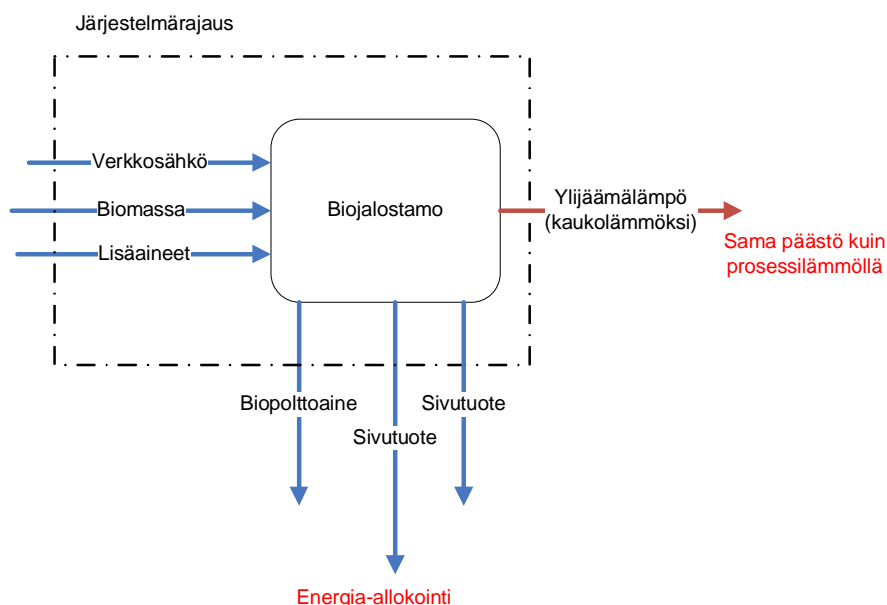
(Jätteiden ja tähteiden, kuten puiden latvojen ja oksien, oljen, kuorten, tähkien ja pähkinänkuorten sekä muiden jalostustähteiden, myös raakaglyserolin (jalostamaton glyseroli) ja sokeriruokojätteen, ei katsota aiheuttavan elinkaarenaikaisia kasvihuonekaasupäästöjä ennen kyseisten materiaalien keräämistä riippumatta siitä, onko materiaalit prosessoitu välituotteiksi ennen jalostusta lopputuotteeksi.)

Kohdassa 18 on RED:iin verrattuna tarkennettu integraattien ja biojalostamoiden järjestelmärajasta:

“In the case of fuels produced in refineries, other than the combination of processing plants with boilers or cogeneration units providing heat and/or electricity to the processing plant, the unit of analysis for the purposes of the calculation referred to in point 17 shall be the refinery.”

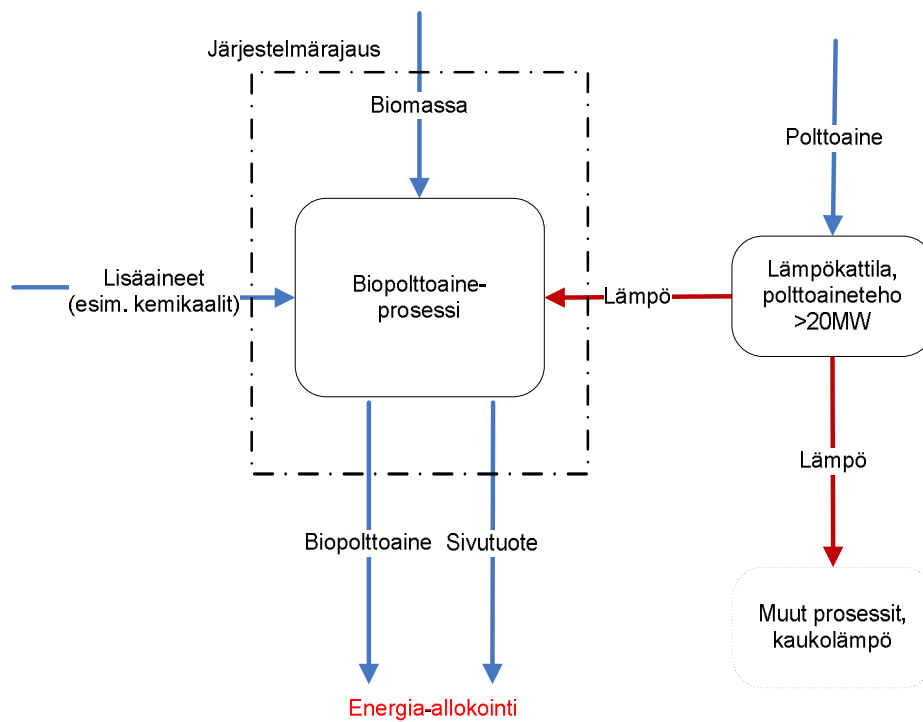
(“Jos biomassapolttoaine tuotetaan jalostamossa, joka ei ole jalostuslaitos, jonka yhteydessä jalostuslaitokselle tuotetaan lämpöä ja/tai sähköä kattilalla tai yhteistuotantoyksiköllä, analyysiyksikkö 17 kohdassa tarkoitettua laskentaa suoritettaessa on jalostamo.”)

Biojalostamoiden tapauksessa järjestelmärajaus asetetaan siis koko jalostamon ympärille. Jalostamo todennäköisesti tuottaa useita tuotteita, ja päästöt allokoidaan näiden välillä energia perusteisesti (tai ylijäämälämmön ja –sähkön tapauksessa exergiaperusteisesti). Kohdan 17 mukaisesti ylijäämälämmön tai -sähkön päästö on sama kuin prosessissa käytetyn lämmön tai sähkön päästö.



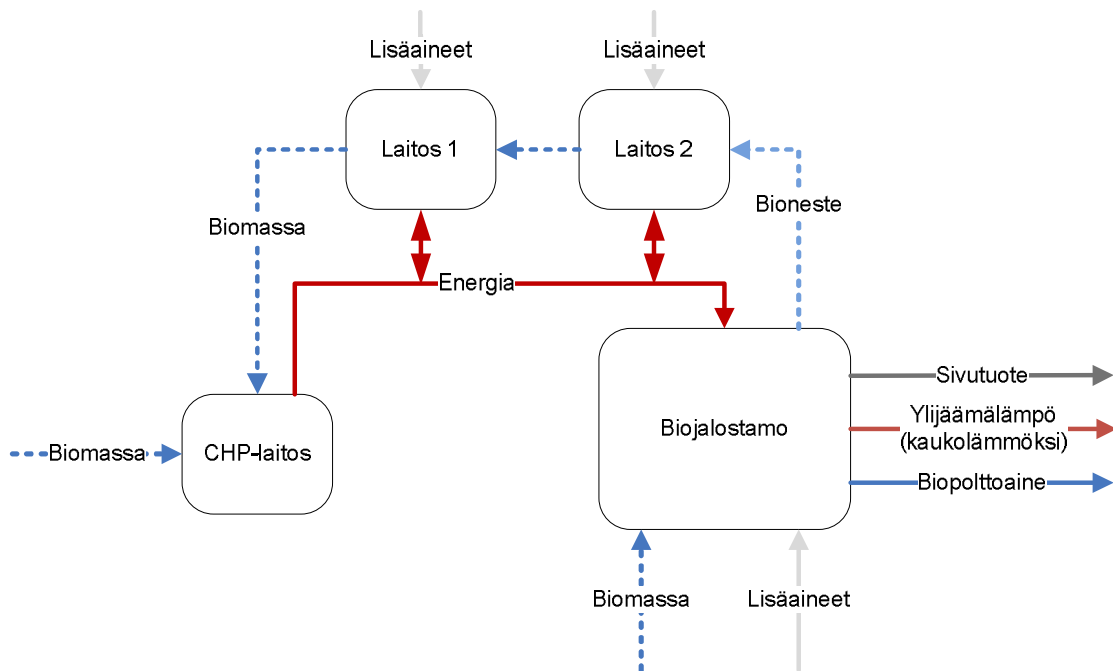
Kuva 4. Esimerkki järjestelmärajauksesta biojalostamon tapauksessa

Jos biopolttoaineen tuotanto on yhdistetty sähkön tai lämmön tuotantoon tai yhteistuotantolaitokseen (CHP), käsitellään laitokset erillään.



Kuva 5. Esimerkki järjestelmärajauksesta CHP-laitoksen tapauksessa

Biojalostamot voivat olla laajoja ja monimutkaisia tuotantojärjestelmiä, joihin liittyy erilaisia energia- ja materiakiertoja. Tällaisissa tapauksissa järjestelmärajauksen asettaminen on haasteellisempaa, kuin yksinkertaisten laitospojien tapauksessa (Kuva 6).



Kuva 6. Esimerkki monimutkaisesta biojalostamosta

Huomioita:

- REDII ei tarkenna jalostamon määritelmää, joten on epäselvää, kuinka laajaa kokonaisuutta komissio on tarkoittanut jalostamolla. Jos jalostamolla tarkoitetaan suuria tuotantolaitoksia tai niiden integraatteja, joissa syntyy useita erilaisia tuotteita (esim. biopolttoaineita, biomassapolttoaineita, biomateriaaleja, biokemikaaleja, sellua, jne.), voi koko jalostamon kattava järjestelmärajaus aiheuttaa työlään khk-laskentaprosessin. Jalostamon yksiselitteinen määrittely on kuitenkin haastavaa tapauskohtaisuuden vuoksi.
- Useita tuotteita valmistavassa biojalostamossa päästöt jaetaan eri tuotteiden välillä niiden energiasällön perusteella. Energia-allokointi on usein epäloogista silloin, kun tuotetta ei käytetä energiaksi. Toisaalta, monet biotuotteet voivat elinkaarensa lopussa päätyä energiahyötykäyttöön.
- CHP-laitoksen ja biopolttoainelaitoksen käsittely erillään ei välttämättä tue integraatiolla haettujen hyötyjen huomioimista.
- Jos kuvan 5 mukaisesti biomassaa polttava CHP laitos tai lämpökattila on polttoaineteholtaan yli 20MW ja aloittanut 2021 jälkeen, sitä koskevat biomassapolttoaineita koskevat kriteerit, ja biopolttoaineprosessia biopolttoaineita koskevat kriteerit (kun laitokset käsitellään erillään). Vaikka lämpö täyttäisi biomassapolttoaineiden khk-kriteerit, tulee sen päästöt silti huomioida biopolttoaineen khk-laskennassa.

3.2.18 Kohta 19. Fossiiliset vertailuarvot

Kohdassa 19 määritellään fossiiliset vertailukohdat, jotka on lueteltu tämän raportin Taulukossa 1.

Vertailukohtana käyttökelpoiselle lämmölle annetaan arvo 124 CO_{2ekw}/MJ, jos voidaan osoittaa suora fyysinen hiilen korvaus.

Huomioita:

- Sähkölle käytettävä vertailuarvo 183 gCO₂/MJ eli 659 gCO₂/kWh vastaa fossiilisen tuotannon keskiarvopäästöä Euroopassa. EU:n sähkön keskimääräinen päästö on arvioitu olevan noin 450gCO₂/kWh, ja Suomen noin 175 gCO₂/kWh. Lasketut korvaushyödyt voivat siis olla todellisia korvaushyötyjä merkittävämpiä. Toisaalta myös liikenteen biopolttoaineilla oletetaan korvattavan vain fossiilisia polttoaineita, joten nämä oletukset ovat johdonmukaisia toistensa kanssa.
- On epäselvää, miten osoitetaan ”suora fyysinen hiilen korvaus” (direct physical substitution of coal), jonka avulla voidaan saavuttaa parempia korvaushyötyjä. Tätä tulee selventää direktiivin implementointivaiheessa.

3.3 REDII -ehdotuksen khk-laskentaohjeistus kaasumaisille biomassapolttoaineille (Liite VI, B)

Erityisesti biokaasun khk-laskentaa koskevat yhtälöt on esitelty tässä osiossa. Muilta osin laskenta vastaa yllä esitettyä muiden biomassapolttoaineiden laskentaa. Biokaasulle annetut erityisohjeet koskevat useiden raaka-aineiden mädätystä (co-digestion).

Kohta 1 b ja c

b) Oletusarvojen yhdistäminen useista raaka-aineista valmistetun biokaasun tapauksessa

Jos biokaasun tai biometaanin mädätyksessä käytetään useampia raaka-aineita (co-digestion), voi toimija yhdistää REDII -ehdotuksessa annettuja oletusarvoja tai tyypillisiä arvoja omaa raaka-aineseostaan vastaavaksi. Raaka-aineiden oletusarvojen yhdistämiseen käytetään seuraavaa yhtälöä:

$$E = \sum_1^n S_n \times E_n \quad (10)$$

missä

E = kasvihuonekaasupäästöt määritettyä substraattien seosta yhteismädättämällä tuotetun biokaasun tai biometaanin megajoulea kohti;

S_n = raaka-aineen n osuus energiasisällöstä;

E_n = päästön oletus tai tyypillinen arvo liitteen VI D osan mukaisesti*.

* Jos substraattina on eläinten lantaa, lisätään hyvitys -45 g CO_{2ekv} / MJ lantaa (-54 kg CO_{2ekv} / t tuoretta materiaalia) paremmista maatalouskäytännöistä ja lannan paremmasta käsittelystä johtuen.

Raaka-aineen n osuus energiasisällöstä lasketaan yhtälöllä:

$$S_n = \frac{P_n \times W_n}{\sum_1^n P_n \times W_n} \quad (11)$$

missä

P_n = energiatuotanto [MJ] kohti kilogrammaa syötettyä märkää raaka-ainetta n**

W_n = substraatin n painokerroin määriteltynä seuraavasti:

$$W_n = \frac{I_n}{\sum_1^n I_n} \times \left(\frac{1 - AM_n}{1 - SM_n} \right) \quad (12)$$

missä

I_n = mädätyssäiliöön vuosittain syötettävän substraatin n määrä [tonnia tuoretta materiaalia]

AM_n = substraatin n vuotuinen keskimääräinen kosteus [kg vettä / kg tuoretta materiaalia]

SM_n = substraatin n vakiokosteuspitoisuus***.

** Tyypillisten arvojen ja oletusarvojen laskennassa käytetään seuraavia P_n:n arvoja:

P(maissi): 4,16 [MJbiokaasua / kg märkää maissa @ 65 %:n kosteuspitoisuudessa]

P(lanta): 0,50 [MJbiokaasua / kg märkää lantaa @ 90 %:n kosteuspitoisuudessa]

P(biojäte) 3,41 [MJbiokaasua / kg märkää biojätettä @ 76 %:n kosteuspitoisuudessa]

*** Substraatin SM_n vakiokosteuspitoisuuden arvot on määritelty:

SM(maissi): 0,65 [kg vettä / kg tuoretta materiaalia]

SM(lanta): 0,90 [kg vettä / kg tuoretta materiaalia]

SM(biojäte): 0,76 [kg vettä / kg tuoretta materiaalia]

Huomioita:

- Esitettyä laskentaa voidaan siis käyttää tapauksissa, jossa halutaan yhdistää eri raaka-aineille Liite VI D osassa annettuja oletusarvoja. Tämä on mahdollista, kun biokaasua tuotetaan lannan, maissin ja biojätteen yhdistelmästä, sillä ainoastaan näille raaka-aineille on määritelty oletusarvot.
- Laskentaan tarvitaan toimijan todelliset arvot koskien parametreja I_n ja AM_n.
- Hankkeessa on laadittu excel-laskuri joka sisältää yllä olevat yhtälöt oletusarvojen yhdistämiseksi.

c) Kun tuotetaan biokaasua tai biometaanin useampien raaka-aineiden mädätyksellä (co-digestion), lasketaan todelliset päästöt seuraavasti. Yhtälö vastaa muiden bioenergia-tuotteiden laskentaa, mutta siinä huomioidaan seoksen eri raaka-aineiden osuudet ja niiden aiheuttamat päästöt (alun summakaava) sekä mahdollisesta lannan käytöstä raaka-aineena saatava bonus.

$$E = \sum_1^n S_n \times (e_{ec,n} + e_{td,feedstock,n} + e_{l,n} - e_{sca,n}) + e_p + e_{td,product} + e_u - e_{ccs} - e_{ccr} \quad (13)$$

missä

E	= biokaasun tai biometaanin tuotannosta aiheutuvat kokonaispäästöt ennen energianmuuntoa
S _n	= raaka-aineen n osuus, osuutena mädätyssäiliöön syötettävästä määrästä
e _{ec,n}	= raaka-aineen n tuotannosta tai viljelystä aiheutuvat päästöt
e _{td,feedstock,n}	= raaka-aineen n kuljetuksesta mädätyssäiliöön aiheutuvat päästöt
e _{l,n}	= maankäytön muutoksista johtuvista hiilivarantojen muutoksista aiheutuvat annualisoidut päästöt raaka-aineen n osalta
e _{sca}	= raaka-aineeseen n liittyvistä paremmista maatalouskäytännöistä saatavat vähennykset päästöissä*;
e _p	= jalostuksesta aiheutuvat päästöt
e _{td,product}	= biokaasun ja/tai biometaanin kuljetuksesta ja jakelusta aiheutuvat päästöt
e _u	= polttoaineen käytönaikaiset päästöt, ts. poltettaessa syntyneet kasvihuonekaasupäästöt
e _{ccs}	= hiilidioksidin talteenotosta ja geologisesta varastoinnista saatavat vähennykset päästöissä ja
e _{ccr}	= hiilidioksidin talteenotosta ja korvaamisesta saatavat vähennykset päästöissä.

* Jos biokaasun ja biometaanin tuotannossa käytetään substraattina eläinten lantaa, lisätään arvoon e_{sca} hyvitys 45 g CO_{2ekv}/MJ lantaa paremmista maatalouskäytännöistä ja lannan paremmasta käsittelystä johtuen.

Huomioita:

- Termi S_n on määritelty eritavoin kohdissa 1b ja 1c. Selvyyden vuoksi määritelmät tulisi yhtenäistää (tai jos niillä tarkoitetaan eri asioita, merkitä eri symbolein).
- JRC on määrittänyt lannan käytöstä saatavan 45 g CO_{2ekv}/MJ hyvityksen arvioimalla, kuinka suuri päästö vältetään, kun lanta käytetään biokaasuksi sen sijaan, että se varastoitaisiin ja levitettäisiin pelloille. JRC:n mukaan näin vältetään CH₄ päästöjä 36,8 g CO_{2ekv}/MJ lantaa ja N₂O päästöjä 8,3 g CO_{2ekv}/MJ lantaa [3, sivu 59].
- JRC on oletusarvojen laskennassaan huomionut myös biokaasulaitoksen rejektin käytön lannoitteena, ja vähentänyt teollisten lannoitteiden käyttöä vastaavasti. Toisaalta rejektin levitykseen liittyvät typpipäästöt tulee huomioida. Viljelyn typpipäästöjen laskentaan maissin tapauksessa on selitetty tarkemmin JRC:n julkaisussa [3, sivut 44-48].

4. Esimerkkitarjasteluja biomassapolttoaineketjuille

4.1 Biomassapolttoaineen kokonaispäästö ennen loppukäyttöä

Biomassapolttoaineiden kokonaispäästö ennen loppukäyttöä tarkoittaa sitä päästöä, joka biomassapolttoaineen valmistukseen voi enimmillään liittyä ennen polttoa, jotta vaaditut päästövähennysrajat vielä saavutetaan (ks. yhtälöt 3 ja 4, tekijä *E*). Nämä päästöt voidaan laskea yhtälön 1 sekä annettujen päästövähennysvaatimusten ja fossiilisten vertailuarvojen avulla (Taulukko 1). Lisäksi tulee huomioida polton CH₄ ja N₂O päästöt sekä loppukäytön hyötysuhde. Taulukko 3 listaa RED:n oletusarvojen mukaiset polton CH₄ ja N₂O päästöt eri raaka-aineille.

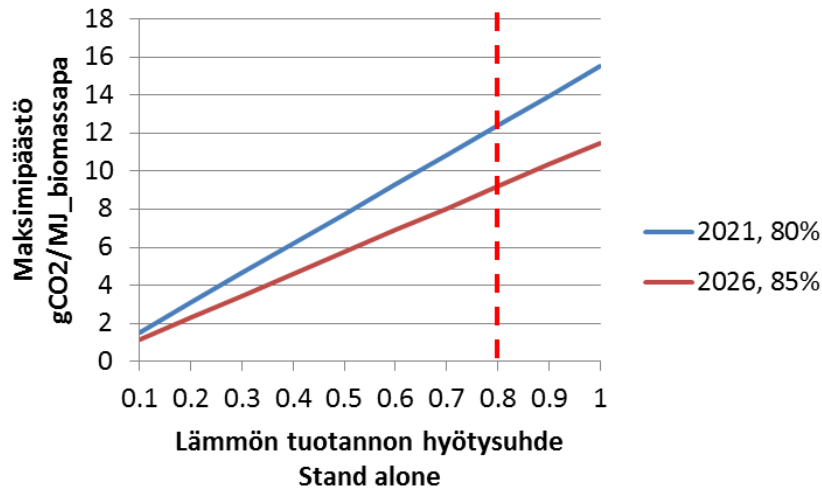
Taulukko 3. REDII -ehdotuksen oletusarvojen mukaiset polton CH₄- ja N₂O-päästöt

Raaka-aine	Päästö: CH ₄ +N ₂ O [g CO _{2ekv} /MJ]
Puupohjaiset hakkeet, metsäteollisuuden sivutuotepuu ¹⁰	0,5
Puu pelletit tai brikitit ¹¹	0,3
Biokaasu	12,5

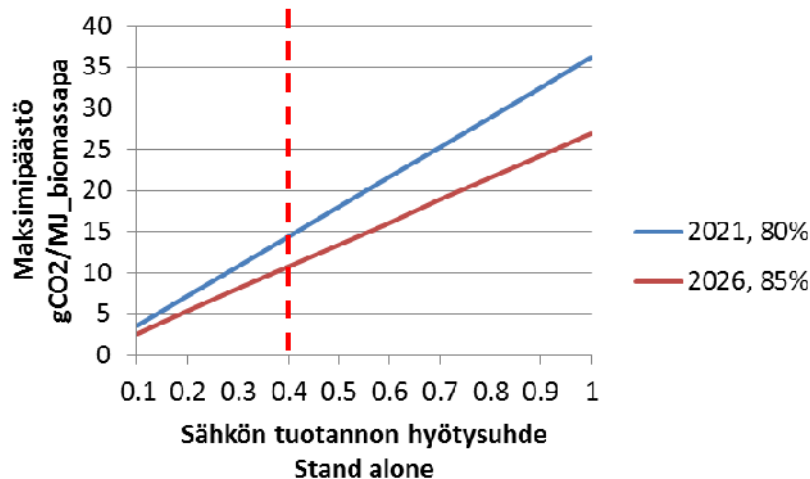
Polton hyötysuhde (η_h ja η_{el}) tulee huomioida yhtälöiden 3 ja 4 mukaisesti. Tällöin maksimipäästöt eroavat eri hyötysuhteilla tuotetulle lämmölle ja sähkölle. Kuvissa 7 ja 8 esitetään maksimikokonaispäästö ennen loppukäyttöä kiinteitä biomassoja polttaville stand alone laitoksille. Biomassapolttoaineen päästön tulee olla alle 12 g CO_{2ekv}/MJ, jotta 80 %:n päästövähennys saavutetaan 80 %:n hyötysuhteella lämmön tuotannossa. Sähkön tuotannossa päästön tulee olla alle 14 g CO_{2ekv}/MJ, jotta 80 %:n päästövähennys saavutetaan 40 %:n hyötysuhteella.

¹⁰ REDII:ssa termi viittaa jakeisiin: wood chips from forest biomass, wood chips from short rotation coppice (eucalyptus / poplar), wood chips from stemwood, wood chips from wood industry residues

¹¹ REDII:ssa termi viittaa jakeisiin: wood briquettes or pellets from forest residues, wood briquettes from short rotation coppice (eucalyptus / poplar), wood briquettes or pellets from stem wood, wood briquettes or pellets from wood industry residues



Kuva 7. Maksimiarvot kiinteiden biomassapolttoaineiden kokonaispäästölle (E) ennen polttoa eri lämmön tuotannon hyötysuhteilla



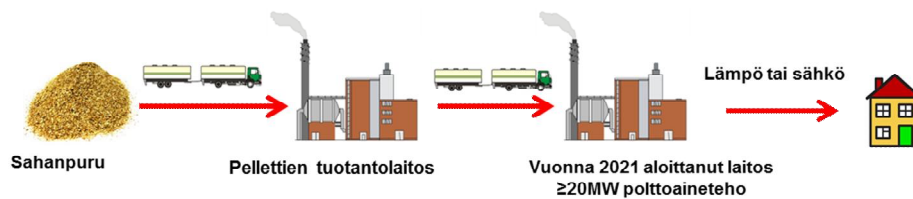
Kuva 8. Maksimiarvot kiinteiden biomassapolttoaineiden kokonaispäästölle (E) ennen polttoa eri sähkön tuotannon hyötysuhteilla

CHP-laitoksilla maksimipäästöt riippuvat useammasta toimintaparametrasta. Jos esimerkiksi CHP-laitoksen kokonaishyötysuhde on 85 %, lämmön tuotannon hyötysuhde 55 % ja sähkön tuotannon hyötysuhde 30 %, sekä sataprosenttisesti hyötykäytettävän lämmön lämpötila $\leq 150^{\circ}\text{C}$, on maksimiarvo kiinteiden biomassapolttoaineiden kokonaispäästölle noin 19 g $\text{CO}_{2\text{ekv}}/\text{MJ}$ vuonna 2021 ja 14 g $\text{CO}_{2\text{ekv}}/\text{MJ}$ vuonna 2026. Biokaasulle maksimiarvot ovat näitä päästöarvoja alhaisemmat, jos käytetään REDII -ehdotuksen oletusarvoa polton CH_4 ja N_2O päästöille.

Biomassapolttoaineita käyttävän laitoksen hyötysuhde vaikuttaa siis merkittävästi siihen päästöön, joka biomassapolttoaineen valmistuksesta voi maksimissaan syntyä ennen polttoa (suhteessa khk-päästövähennysvaatimukseen). Koska REDII -ehdotuksen khk-kriteerit koskevat vain uusia laitoksia, voidaan olettaa, että laitosten hyötysuhteet ovat hyviä (esim. noin 40 % sähkön tuotannossa ja yli 85 % lämmön tuotannossa). CHP-laitosten kohdalla myös hyötykäytetyn lämmön osuus vaikuttaa tulokseen, kun päästöjä voi allokoida vain käyttökelpoiselle lämmölle.

4.2 Pellettien khk-päästöt

Esimerkkinä kiinteiden biomassapolttoaineiden REDII:n mukaisesta khk-laskennasta tarkastellaan pellettien valmistuksen päästöjä. REDII:n mukainen pellettien valmistuksen oletusarvo vaihtelee välillä 4 g CO_{2ekv}/MJ (metsäteollisuuden tähteistä valmistetut pelletit, 1-500km kuljetusetäisyyksillä) ja 41 g CO_{2ekv}/MJ (metsätaloudesta peräisin olevista tähteistä valmistetut pelletit, yli 10 000km kuljetusetäisyyksillä). Pellettien valmistuksen päästöihin vaikuttavia tekijöitä ovat pellettien valmistukseen käytettävän biomassan kosteus, biomassan kuljetusetäisyys, kuivauksessa käytettävän lämmön alkuperä, valmistuksessa käytettävä sähkö sekä pellettien kuljetusetäisyys voimalaitokselle. Kuva 9 esittää pellettien valmistusketjun vaiheet, kun pelletit tuotetaan tähdemateriaalista kuten sahanpurusta.



Kuva 9. Pellettien tuotantoketju ja loppukäyttö

Esimerkissä pelletit oletetaan valmistettavan tähderaaka-aineista (sahanpuru, latvusmassa (hakuutähde)), joten REDII järjestelmärajoituksen mukaisesti päästölaskenta alkaa raaka-aineiden keräilystä. Jos pellettejä valmistettaisiin runkopuusta, tulisi laskennassa huomioida myös metsänkasvatuksen päästö, joka on JRC:n oletusarvojen taustalaskelmissa arvioitu olevan noin 1 g CO_{2ekv}/MJ. Päästölaskennassa on käytetty seuraavia oletuksia: Latvusmassalle on oletettu keräilyn päästö Jäppinen ym. 2015 [6] mukaisesti, raaka-aineiden kuljetusetäisyydeksi on oletettu 150km, sähkön kulutus pelletöinnissä on 150kWh/t ja valmiiden pellettien kuljetusetäisyys on 500km ja kuljetus tapahtuu 40t kantavalla rekalla. Pellettien kuivauksessa tarvittavaan lämpöenergiaan liittyvät oletukset sekä päästökertoimia koskevat oletukset esitetään alla (Taulukko 4 ja Taulukko 5).

Taulukko 4. Pellettien kuivaukseen vaadittava lämpöenergia (Lähde: Ihalainen & Sikanen 2010 [7])

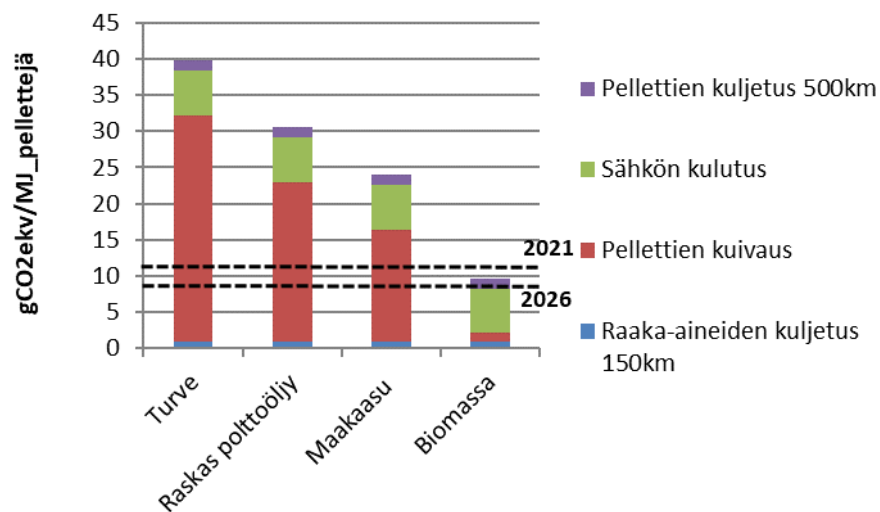
Raaka-aine, kosteusprosentti (%)	Lämpöenergian tarve kuivauksessa [kWh/t]
Kuiva sahanpuru, 11 %	Ei kuivata
Kostea sahanpuru, 55 %	1 112
Välivarastokuivattu latvusmassa, 40 %	826
Kostea latvusmassa, 50 %	1 254

Taulukko 5. Päästökertoimia koskevat oletukset [8,9]

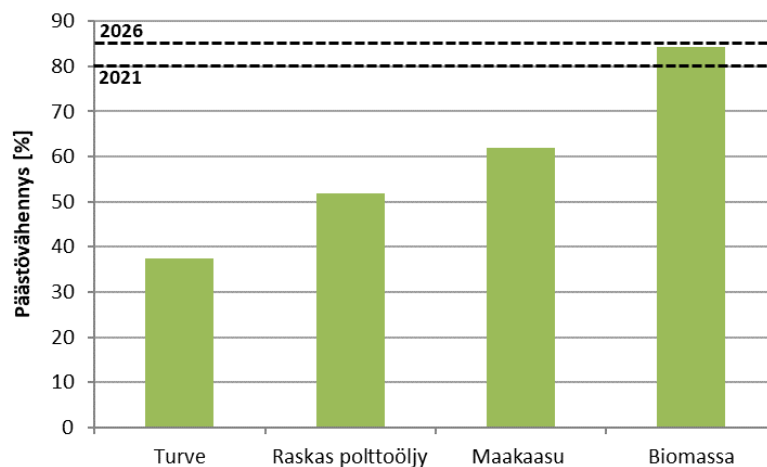
Päästökertoimet	
Kuivauksen polttoaineet (hyötysuhdeoletus 80 %)	
Turve	125 gCO ₂ /MJ
Raskas polttoöljy	88.5 gCO ₂ /MJ

Maakaasu	62.2	gCO ₂ /MJ
Biomassa (hankinnan päästö)	5	gCO ₂ /MJ
Sähkön päästökerroin		
REDII	659	gCO ₂ /kWh
Suomi	175	gCO ₂ /kWh

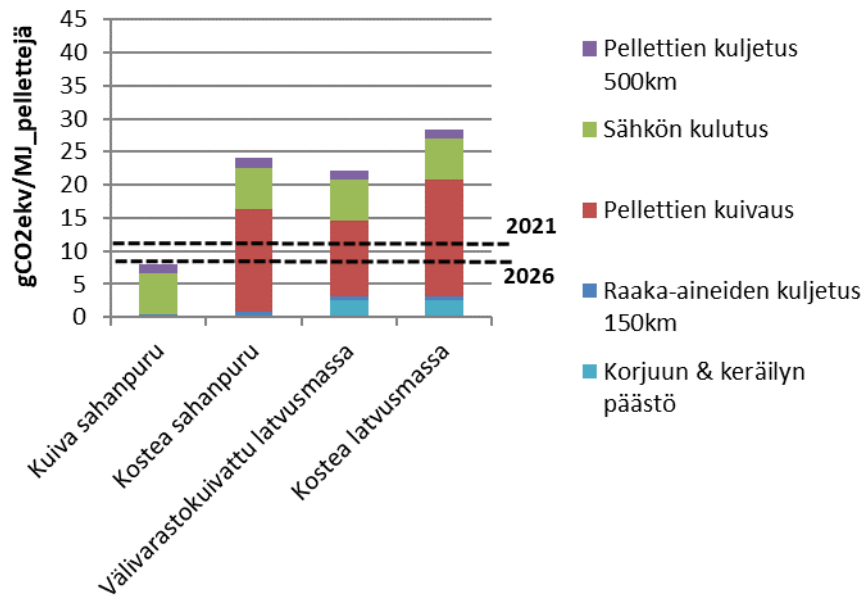
Kuva 10 esittää pelletin valmistuksen päästöt, kun kosteasta sahanpurusta valmistettavien pellettien kuivaukseen käytetään eri lämmönlähteitä (turve, raskas polttoöljy, maakaasu tai biomassa), ja alla (Kuva 11) sama tulos nähdään muunnettuna päästövähennyksiksi. Kuvista nähdään, että käytetyn lämmön lähteen vaikutus tulokseen on merkittävä. Fossiilisella lämmöllä tuotetut pelletit eivät saavuta 80 % tai 85 % päästövähennysrajoja, kun verrataan tuloksia luvussa 4.1 esitettyihin raja-arvoihin. Kuva 12 näyttää, että myös pellettien raaka-aineen kosteuden merkitys päästöihin on merkittävä.



Kuva 10. Kosteasta sahanpurusta valmistettujen pellettien tuotannon päästöt varioiden kuivauslämmön lähdettä. Katkoviivat kuvaavat rajaa, jonka alle päästön tulisi jäädä päästövähennysten saavuttamiseksi, jos pelletit käytetään erillisessä lämmön tuotannossa 80 % hyötysuhteella.

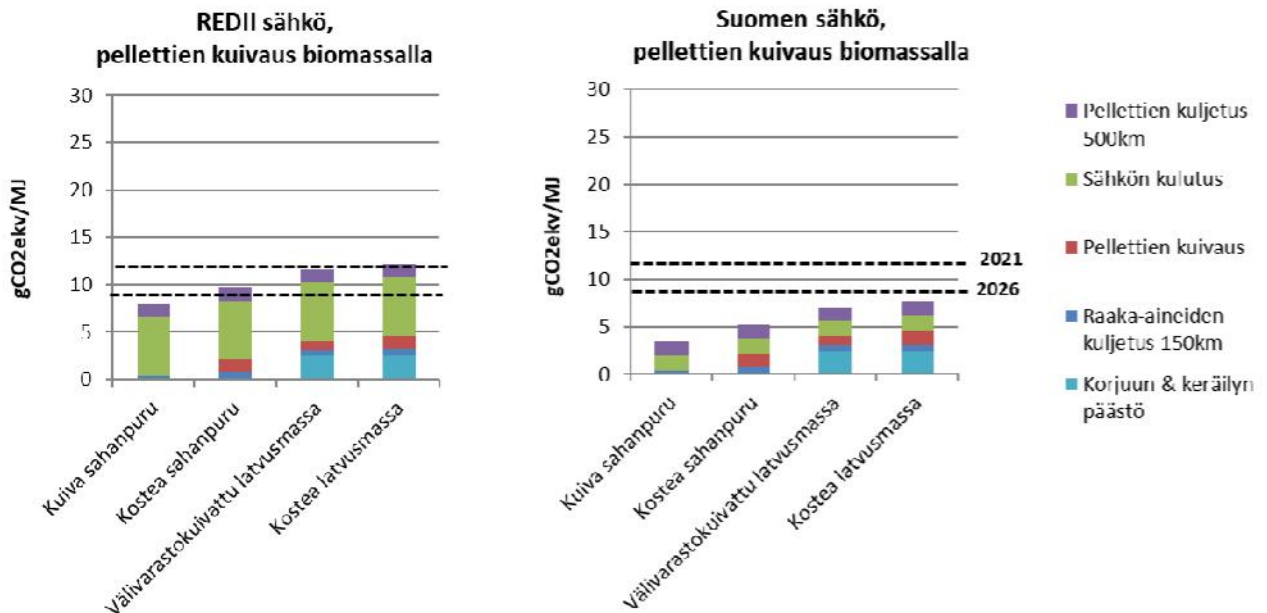


Kuva 11. Kosteasta sahanpurusta valmistetuilla pelleteillä saavutettavat päästövähennykset varioiden kuivauslämmön lähdettä, ja olettaen 80 % hyötysuhteen erillisessä lämmön tuotannossa. Katkoviivat kuvaavat vaadittua päästövähennysrajaa.



Kuva 12. Raaka-aineen kosteuden vaikutus päästöihin, kun pellettejä kuivataan maakaasulla.

Myös pellettien valmistuksessa käytävän sähkön päästökertoimella on merkitystä khk-laskennan tulokseen. Kuva 13 vertaa tuloksia, jos pellettien tuotannossa käytetään direktiiviehdotuksen mukaisesti sähkön päästökertoimena vertailuarvoa 183 g CO₂ekv/MJ, eli 659 g CO₂/kWh, tai jos käytetään Suomen keskimääräistä päästöä noin 175 g CO₂/kWh.



Kuva 13. Sähkön päästökertoimen vaikutus pellettien tuotannon päästöihin.

4.3 Metsähakkeen khk-päästöt

REDII:n metsähakkeen khk-päästöjen oletusarvo vaihtelee välillä 5 g CO_{2ekv}/MJ (1-500km kuljetusetäisyyksillä) ja 27 g CO_{2ekv}/MJ (yli 10 000 km kuljetusetäisyyksillä). Jos metsähake valmistetaan jäte tai tähdeperäisestä biomassasta (esim. latvusmassa), alkaa päästölaskenta vasta biomassan keräilystä. Kun taas metsähaketta valmistetaan tähdemateriaalin sijaan runkopuusta, myös puunkorjuun ja kasvatuksen päästöt, esim. työkoneiden energian kulutuksesta metsänhoitotöiden yhteydessä tai lannoituksesta, tulee sisällyttää laskentaan. Kasvatuksen päästöt per MJ puuta ovat kuitenkin alhaiset, esimerkiksi JRC:n taustalaskelmien mukaan noin 1 g CO_{2ekv}/MJ¹². Kuten luvussa 3.2.5 todetaan, REDII-ehdotus mahdollistaa alueellisten keskiarvojen käytön metsänhoidon päästöille.

Suomalaisen metsähakkeen hankinnan päästöt ovat tutkineet mm. Jäppinen ym. (2014) [6] (Kuva 14). Myös aiemmat tutkimukset ovat päässeet samaa luokkaa oleviin tuloksiin ja esimerkiksi Mäkinen ym. 2006 [10] raportoivat metsähakkeen hankintaketjujen khk-päästöiksi 2-3,2 g CO_{2ekv}/MJ.

E. Jäppinen et al. / Renewable and Sustainable Energy Reviews 29 (2014) 369–382

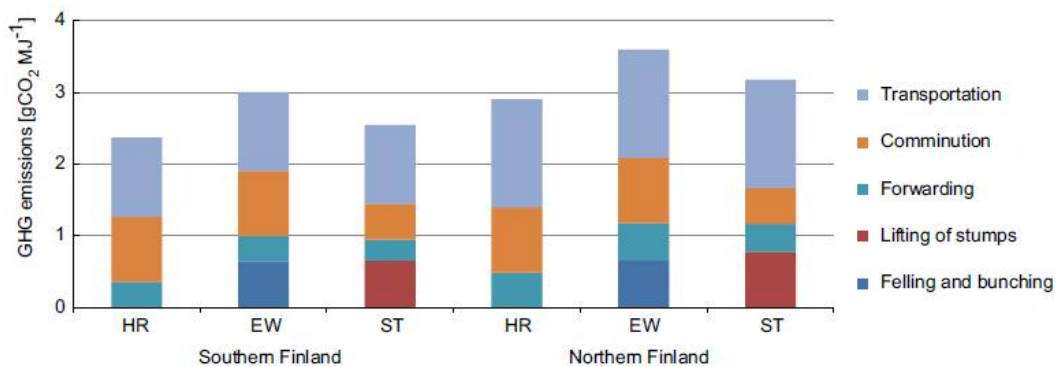
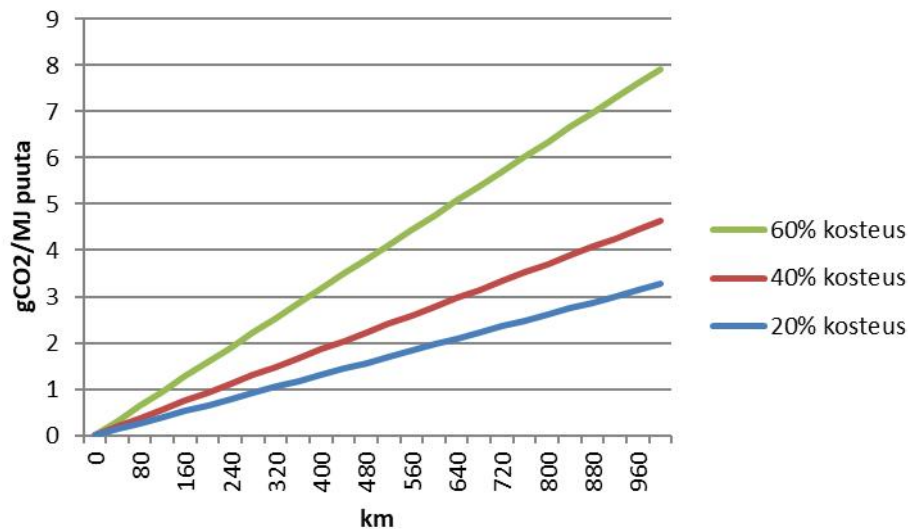


Fig. 3. Supply-chain GHG emissions (basic scenarios); HR=harvesting residues, EW=small-diameter energy wood, ST=stumps.

Kuva 14. Metsähakkeen hankintaketjuun liittyvät päästöt (Jäppinen ym. 2014). HR=latvusmassa (hakkutähde), EW= pienpuu, ST=kannot.

Kuva 15 esittää, miten hakkeen kuljetusetäisyys sekä hakkeen kosteus vaikuttavat kuljetuksen päästöihin pitkillä kuljetusmatkoilla. Laskennassa on oletettu kuljetusten tapahtuvan 40t kantavalla rekalla, ja kuljetukset on laskettu kaksisuuntaisina [11]. Tavanomaisilla kuljetusetäisyyksillä (esim. alle 150 km) kuljetuksen päästö ei muodostu merkittäväksi tekijäksi.

¹² https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/biogas_and_solid_biomass_database_jrc_red-recast_v1a_july2017_protected.xlsx



Kuva 15. Metsähakkeen kuljetuksen päästöt eri kosteuspitoisuuksilla ja kuljetusetäisyyksillä täysperävaunukuljetuksessa (40t kantavuus).

Tyypillinen metsähakkeen tuotanto- ja hankintaketjun sekä polton kokonaispäästö (E) voisi Suomessa olla 2-5 gCO₂/MJ, noin 150 km kuljetusetäisyydellä. Hyvin pitkällä kuljetusetäisyyksillä, kuten 2500 km, päästöt ovat luokkaa 10-23 gCO₂/MJ, riippuen metsähakkeen kosteudesta. Tässä esitetyn tarkastelun perusteella, voidaan olettaa, että metsähakkeen käyttö lämmön ja sähkön tuotannossa tyypillisissä olosuhteissa (esim. tyypillinen hankintaketju ja kuljetusmatka) täyttää REDII -ehdotuksen khk-kriteerit.

4.4 Mustalipeän khk-päästöt

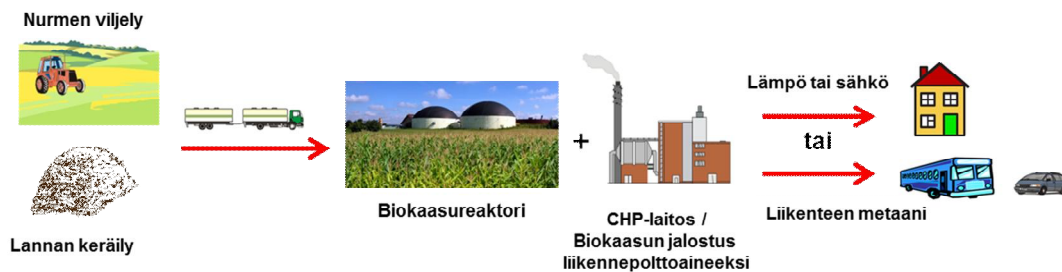
REDII ei anna oletusarvoja mustalipeän poltolle (vaan ainoastaan mustalipeästä valmistetuille biopolttoaineille). Mustalipeän polttoon liittyvät päästöt rajautuvat mahdolliseen mustalipeän siirron aiheuttamaan energiankulutukseen, joka on kuitenkin todennäköisesti hyvin pientä siirrettyyn energiasisältöön verrattuna. Polttoprosessi on energian suhteen omavarainen, eikä siinä oletettavasti tarvita muita lisäaineita, joten muita päästöjä ei synny. Poltossa syntyy myös sivutuotteita, mutta näille ei allokoida päästöjä, koska ne katsotaan myöhemmin REDII:n mukaan jäte- tai tähdemateriaaleiksi (esim. mäntyöljy). Kirjoittajien tulkinnan mukaan mustalipeän polton yhteydessä arvioitavaksi jäävät lähinnä polton CH₄ ja N₂O päästöt, jotka IPCC:n suosituksen mukaan ovat 0,7 g CO_{2ekv}/MJ (REDII ei anna oletusarvoa mustalipeälle). Näin ollen mustalipeän poltto täyttäisi REDII khk-kriteerit.

4.5 Biokaasun khk-päästöt

REDII:n mukainen biokaasun päästöjen oletusarvo vaihtelee merkittävästi välillä -100 gCO₂/MJ ja 71 gCO₂/MJ, riippuen raaka-aineesta ja prosessista. Negatiivinen päästöarvo tarkoittaa päästövähennystä, ja johtuu lannan käytöstä saatavasta bonuksesta. Tämän raportin esimerkki biokaasuketjujen khk-päästöistä perustuu aiempaan Jyväskylän yliopiston tekemään ENKAT -tutkimukseen [12]. Laskennassa käytetään suurelta osin samoja lähtöarvoja kuin ENKAT -hankkeessa, mutta joiltain osin laskentaa on muokattu REDII -ehdotuksen mukaiseksi. ENKAT hankkeessa käytetyt lähtöarvot ovat osittain melko vanhoja, joten on huomioitava, että jatkossa tehtävissä tarkemmissa biokaasuketjujen khk-laskelmissa on syytä käyttää päivitettyjä lähtöarvoja.

Raaka-aineina esimerkissä ovat nurmi ja lanta (hevokset ja siat). Biokaasun tuotannon päästöt koostuvat nurmen viljelyn ja siihen käytettyjen tuotantopanosten päästöistä sekä maaperän N₂O-päästöistä, nurmen ja lannan keräilystä ja kuljetuksista aiheutuvista päästöistä, sekä biokaasun tuotantoon ja jakeluun liittyvistä päästöistä (Kuva 16). Jos biokaasusta jalostetaan liikenteessä käytettävää metaania, tarvitaan jalostukseen energiapanos, josta syntyy lisäpäästöjä. Jos biokaasun jakeluun liittyy paineistusta ja esimerkiksi tankkikuljetuksia, aiheutuu näistä lisäpäästöjä. Päästöjä syntyy myös mahdollisista metaanivuodoista. Lisäksi REDII -ehdotuksen mukaisesti biokaasulle voidaan laskea päästöjä vähentävä bonus, kun raaka-aineena käytetään lantaa.

REDII:n mukainen energia-allokointi voidaan biokaasun tapauksessa nähdä ongelmallisena, sillä biokaasun sivutuotteena syntyvällä rejektillä ja mädätteellä ei ole lämpöarvoa, jolloin niille ei voida allokoida päästöjä. JRC:n taustaraportin massibiokaasua koskevasta osiosta [3, s.42] on kuitenkin pääteltävissä, että laskennassa voidaan huomioida rejektin ja mädätteen käyttö korvaamaan synteettisiä lannoitteita, jolloin lannoituksen päästöt jäävät alhaisemmiksi. Tällöin kuitenkin rejektin levityksestä aiheutuva N₂O päästö tulee huomioida.



Kuva 16. Yksinkertaistettu biokaasun tuotantoketju

Laskennassa käytetyt taustaoletukset esitetään alla (Taulukko 6 ja Taulukko 7). Laskennassa on nurmen viljelyn osalta huomioitu rejektin ja mädätteen käyttö pelloilla lannoitteena, mikä vähentää synteettisten lannoitteiden tarvetta. Laskennassa oletetaan suljettu mädätystankki. Biokaasuprosessin metaanivuotojen on ENKAT-hankeessa arvioitu olevan 1 % tuotetusta biokaasusta. JRC:n oletusarvojen laskennassa vuotoja ei ole huomioitu, ja oletusarvoissa, joissa oletetaan "off-gas combustion" biokaasun prosessoinnin päästöt jäävät alhaisiksi (liite VI, C). Tässä esimerkkilaskelmassa metaanivuodot oletetaan nollassa. Jos 1%:n metaanivuoto huomioitaisiin, tulisi päästöihin lisätä 9-12 g CO_{2ekv}/MJ. Polton CH₄ ja N₂O päästöt biokaasulle lämmön tuotannossa on arvioitu REDII -ehdotuksen oletusarvon 12,5 g CO_{2ekv}/MJ mukaiseksi. On kuitenkin epäselvää, soveltuuko REDII:ssa biokaasulle sähköntuotannossa annettu oletusarvo, 12,5 g CO_{2ekv}/MJ myös lämmön tuotannolle. Siksi laskenta on tehty myös käyttäen IPCC:n oletusarvoa 0,1 g CO_{2ekv}/MJ biokaasun polton CH₄ ja N₂O päästöille (Kuva 19). Sähkön päästökertoimena käytetään REDII:n biokaasua koskevan ohjeistuksen mukaisesti alueen keskiarvoa.

Taulukko 6. Raaka-aineisiin ja biokaasuun liittyvät oletukset

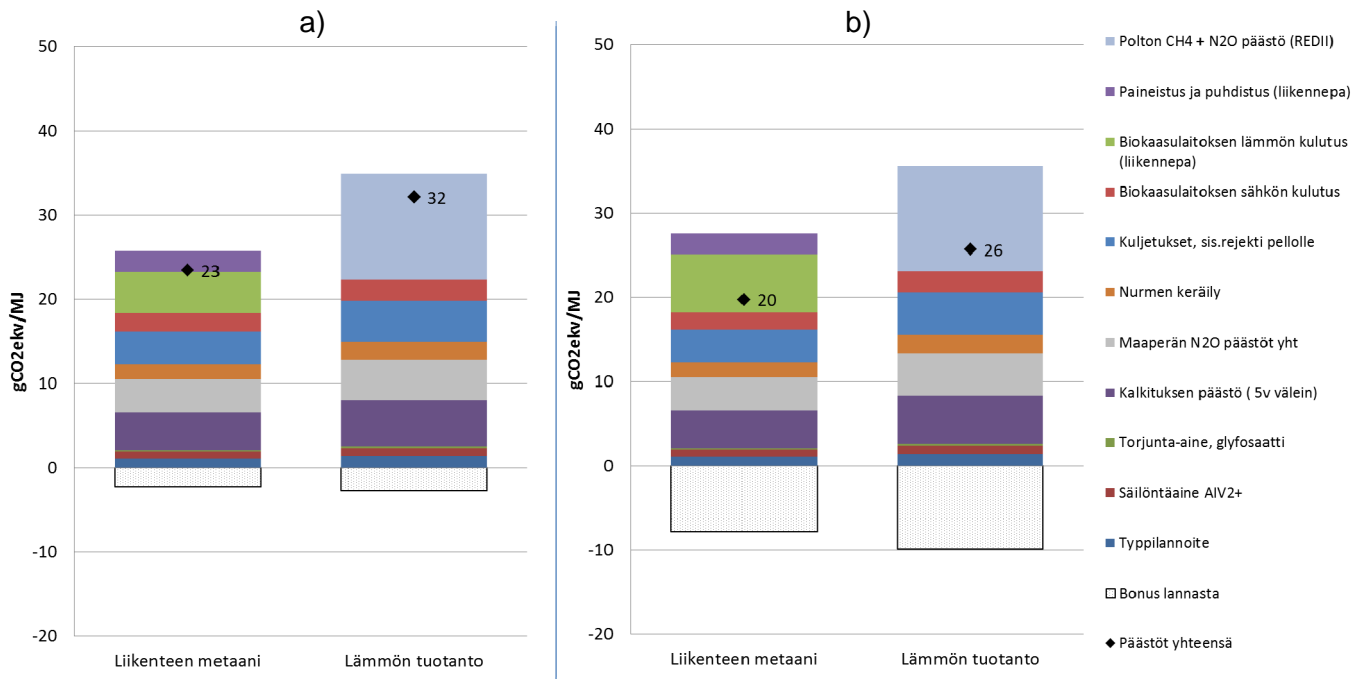
Raaka-aineiden ja biokaasun ominaisuudet	Nurmirehu	Lanta	Rejektiliete (kierrätetty)	Lähde (jos ei ENKAT-hanke)
Kuiva-ainepitoisuus	26 %	5,4 %	7 %	
Orgaanisen aineen määrä	23,4 %	4,5 %	6 %	
Biokaasun tuotto [m ³ CH ₄ /t TS]	300	172		
Metaanin lämpöarvo [MJ/kg]	50	50	50	REDII
Metaanin tiheys [kg/m ³]	0,72	0,72	0,72	Tilastokeskus (maakaasu)

Taulukko 7. Biokaasuprosessiin liittyvät oletukset

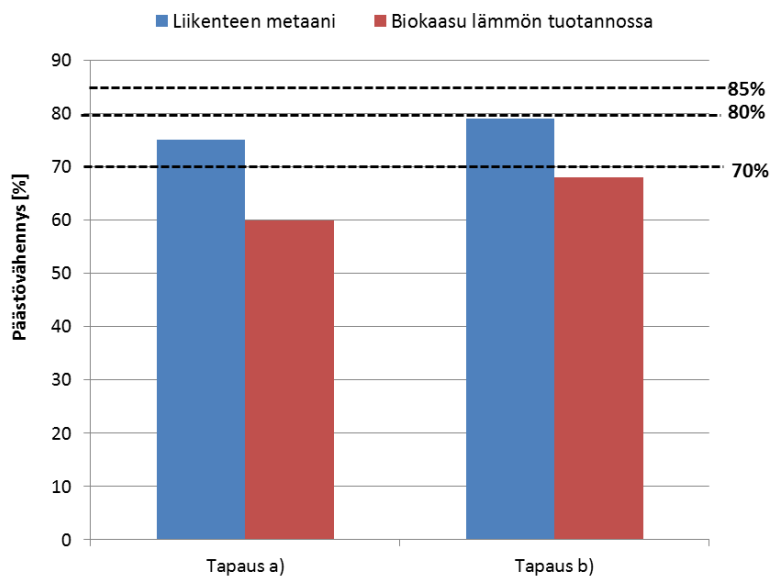
Nurmen viljely		Lähde (jos ei ENKAT-hanke)	
Nurmen saanto	7,40	t TS/ha	
Typpilannoite	25	kgN/ha	
Typpilannoite, valmistuksen päästö	3600	g CO _{2ekv} /kgN	
Säilöntäaine AIV2+	2,5	l/t_nurmea	
Säilöntäaine AIV2+, valmistuksen päästö	3073	g CO _{2ekv} /kg	
Oletettu tiheys (veden tiheys)	1	l/kg	
Torjunta-aine, glyfosaatti	3	l/ha	
Torjunta-aine, valmistuksen päästö	5371,5	g CO _{2ekv} /kg	
Pitoisuus glyfosaatille	360	g/l	
Kalkin tarve	4	t/ha	
Kalkituksen päästö (5v välein)	20,5	g CO _{2ekv} /kg_kalkki	
Kalkin päästö maaperästä	431	g CO _{2ekv} /kg_kalkki	
Maaperän N ₂ O päästöt yht	1,06	kgN ₂ O/ha	
Nurmen keräily	1467	MJ/ha/a	
Dieselin päästö	94	g CO _{2ekv} /MJ	REDII
Kuljetukset (5 km matka)			
Nurmi	3,7	MJ/t_TP	
Lietelanta	5,1	MJ/t_TP	
Kuivajae	3,4	MJ/t	
Rejekti	5,1	MJ/t	
Biokaasulaitoksen energian kulutus (liikennepä)			
Jatkuva sähköntarve	101	kW	
Käyttöaika	8760	h/a	
Sähkön päästökerroin	175	g CO ₂ /kWh	Energiavirasto
Lämmön kulutus	190	MJ/t_TP	
Maakaasun päästö lämmöntuotannossa	69	g CO ₂ /MJ	Tilastokeskus, 80 % hyötysuhde
Paine-vesiabsorptio	0,3	kWh/m ³ _metaani	
Paineistus	0,2	kWh/m ³ _metaani	
Metaanihävikki			
Hävikki 1% tuotetusta metaanista			
Bonus lannasta	-45	gCO ₂ /MJ_lanta	REDII
Lannan lämpöarvo	12	MJ/kg_dry	JRC, LHV dry slurry

Kuva 17 esittää biokaasun ja liikenteessä käytettävän metaanin päästöjä, ja kuva 18 näitä päästöjä vastaavia päästövähennyksiä, kun oletetaan, että biokaasu käytetään lämmön tuotantoon 90 %:n hyötysuhteella. Laskennassa on huomioitu lannan käytöstä saatava bonus. Kuvien tapaus a) esittää tilannetta, jossa biokaasureaktorissa käytetään vuosittain 5 600t lantaa ja 25 200 t nurmea. Tapaus b) esittää tilannetta, jossa käytetään 20 800 t lantaa ja 25 200 t nurmea. Tapaus b:ssä oletetaan, että myös syötettävä rejektiliete olisi lantaa. Laskennassa on yksinkertaistaen oletettu, että biokaasulaitoksen toimintaparametrit eivät muutu raaka-aineiden suhteiden muuttuessa.

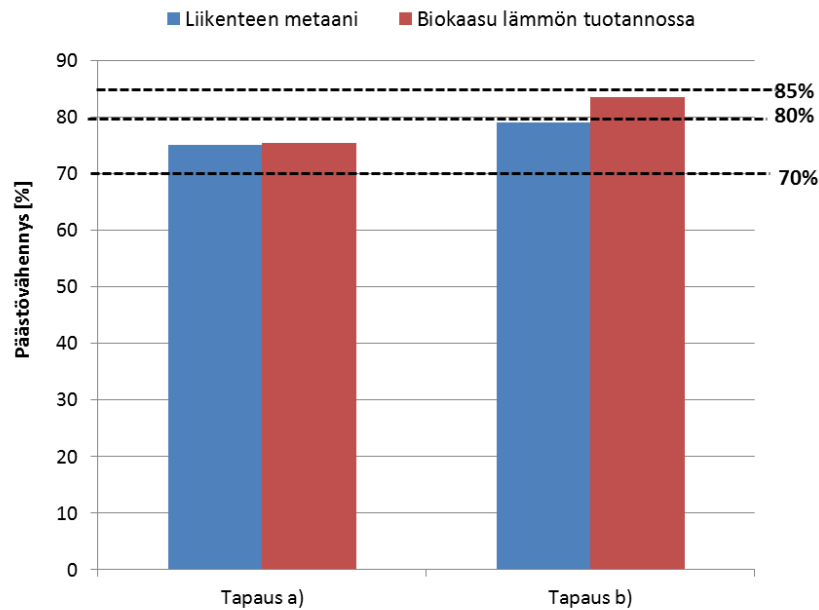
Kun lantaa käytetään enemmän, lannan käytöstä saatava bonus kasvaa, ja päästövähennystulos on parempi. Esimerkissä lannasta saatava bonus ei kuitenkaan muodostu kovin suureksi, sillä suurin energiasisältö syntyy nurmesta. Lantabonus muodostuu siitä, kun lanta käytetään biokaasuksi sen sijaan, että se hajoaisi varastossa ja vapauttaisi päästöjä ilmaan. Jos biokaasun käytön hyötysuhde on huono, tarvitaan enemmän lantaa, ja näin vältetään enemmän päästöjä. Huonommalla hyötysuhteella saadaan siis parempi bonus.



Kuva 17. Biokaasun päästöt REDII -ehdotuksen mukaisesti, kun käytetään a) lantaa 5 600 t/a ja nurmea 25 200 t/a; b) lantaa 20 800 t/a ja nurmea 25 200 t/a. Kokonaispäästö on merkattu kuvaan mustalla pisteellä.

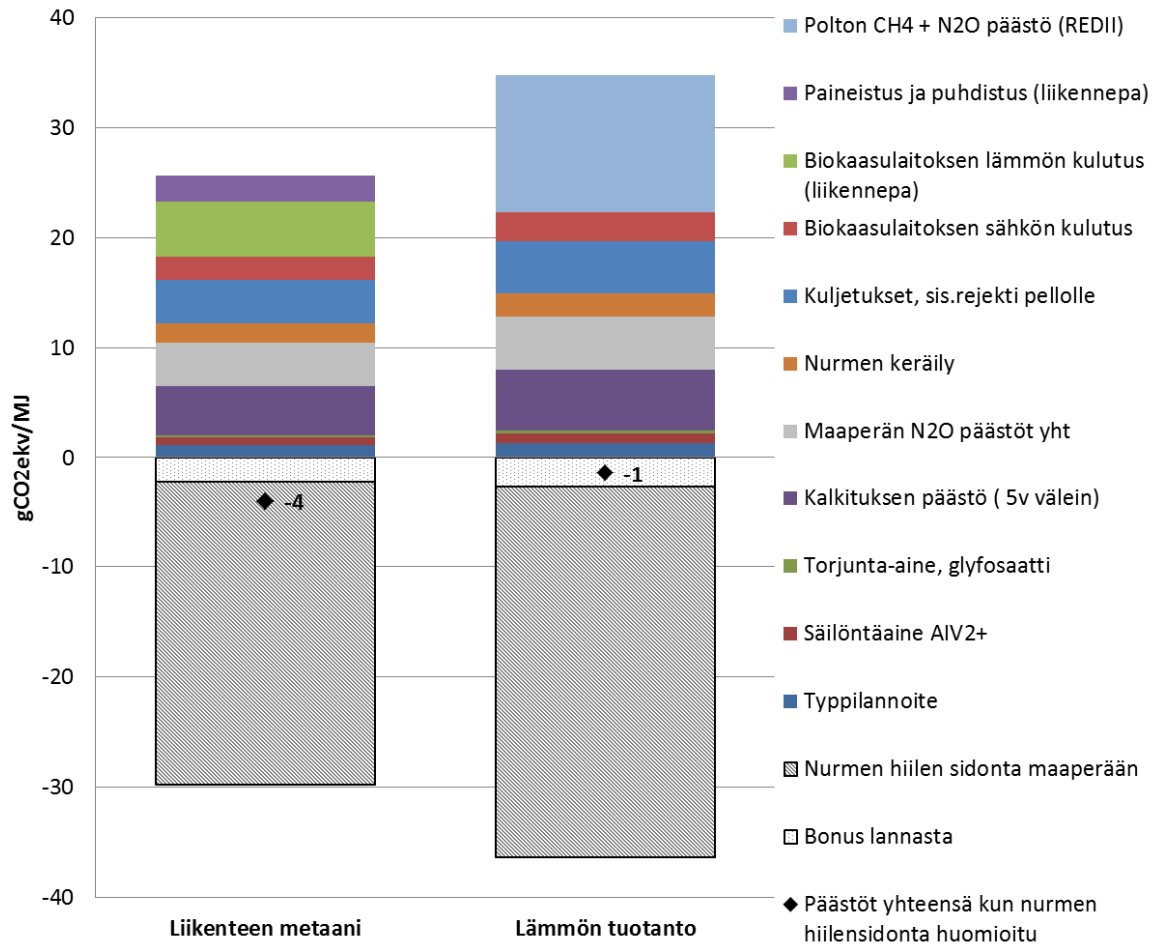


Kuva 18. Biokaasun päästövähennystulokset, kun käytetään REDII:n oletusarvoa polton CH₄ ja N₂O päästöille. Tapaus a) lantaa 5 600 t/a ja nurmea 25 200 t/a; Tapaus b) lantaa 20 800 t/a ja nurmea 25 200 t/a. Biokaasu käytetään lämmön tuotannossa 90 %:n hyötysuhteella.



Kuva 19. Biokaasun päästövähennystulokset, kun käytetään IPCC:n arvoa polton CH_4 ja N_2O päästöille. Tarkastelussa ovat vastaavat tapaukset kuin kuvassa 18. Metaanivuotoja ei ole huomioitu.

ENKAT-hankkeessa on myös huomioitu nurmen viljelystä mahdollisesti aiheutuva lisääntynyt hiilen sidonta maaperään ($0,6tC/ha/a$). Tällä tarkoitetaan, että esimerkiksi nurmen juuriin sitoutuu hiiltä, joka jää korjuun jälkeen maaperään. REDII -ehdotuksen mukaisesti on mahdollista huomioida parantuneista maatalouden käytännöistä johtuvat päästövähennykset. Ehdotuksessa todetaan, että on annettava vankkaa ja todennettavissa olevaa näyttöä siitä, että maaperän hiilikertymä on kasvanut tai sen voidaan kohtuudella olettaa kasvaneen asianomaisten raaka-aineiden viljelyn aikana samalla, kun otetaan huomioon päästöt, joita uusista viljelykäytännöistä syntyy (esim. lisääntynyt lannoitteiden ja torjunta-aineiden käyttö). ENKAT-hankkeen arvio lisääntyneestä hiilensidonnasta perustuu lähteeseen Korres ym. [13], jossa on koottu arvoja hiilen sidonnalle nurmen viljelyssä. Nämä arvot eivät kuitenkaan edusta suomalaisia viljelymaita vaan eurooppalaista keskiarvoa, ja Korres ym. [13] toteavat, että riippuu olosuhteista, toimiiko nurmen viljely hiilinieluna vai lähteenä. Lisäksi hiilen sitoutuminen nurmen juuriin riippuu viljeltävästä lajikkeesta. Jotta nurmen viljelystä johtuva hiilensidonta voitaisiin huomioida REDII laskennassa, tarvitaan tarkempaa tietoa hiilen sitoutumisesta suomalaisissa olosuhteista. Jos myös nurmen viljelystä voidaan laskea päästövähennys, vähenevät biokaasun tuotannon kokonaispäästöt merkittävästi (Kuva 20).



Kuva 20. Biokaasun päästöt, kun käytetään a) nurmea 25 200 t/a ja lantaa 5 600 t/a, sekä huomioidaan lannan käytöstä saatavan bonuksen lisäksi myös mahdolliset nurmen viljelystä saatavat hyödyt maaperän hiilensidonnassa, käyttäen oletusta -0.6 tC/ha/a. Tämä oletus on vain esimerkki, eikä välttämättä vastaa Suomen olosuhteita.

Biokaasun khk-päästö riippuu siis merkittävästi käytettävästä raaka-aineesta. Viljeltyjen raaka-aineiden tuotantoon liittyviä päästöjä voidaan vähentää esimerkiksi nostamalla satotasoa tai metaanin tuotantopotentiaalia [12]. Myös orgaanisten lannoitteiden käyttö vähentää lannoitukseen liittyviä päästöjä. Biokaasuprosessin tehokkuutta on mahdollista parantaa esimerkiksi lämmön talteenotolla tai kierrätyksellä. Jos biokaasuprosessin ulkoisena lämmönlähteenä olisi maakaasun sijaan biomassa, päästövähennystulos paranisi noin 4%.

5. Johtopäätökset

Komission REDII -ehdotuksen kestävyyskriteerit koskevat Suomessa suurta toimijajoukkoa, kun kriteerit laajenevat kattamaan myös biomassapolttoaineiden käytön sähkön ja lämmön tuotannossa. Biomassapolttoaineita koskevat khk-päästövähennyskriteerit ovat melko tiukat, ja rajaavat kiinteän ja kaasumaisen bioenergian käyttöä vain tehokkaimpiin ja vähäpäästöisimpiin tuotantoketjuihin. Esimerkiksi metsähakkeen ja mustalipeän poltto näyttäisi normaaliolosuhteissa täyttävän khk-päästövähennyskriteerit. Raportin esimerkin mukaisesti, fossiilisella energialla tai turpeella kuivatut pelletit eivät puolestaan täyttäisi khk-päästövähennyskriteeriä. Biokaasun osalta päästövähennystulokset riippuvat täysin käytetyistä raaka-aineista. Jos raaka-aineita tuotetaan viljelemällä, aiheutuu viljelystä merkittäviä päästöjä, jotka vaikeuttavat vaadittujen päästövähennysten saavuttamista. Sen sijaan lannan käytöstä biokaasun raaka-aineena saa päästöedun, jonka avulla päästövähennystulokset paranevat. Biomassapolttoaineiden osalta khk-kriteerit koskevat kuitenkin vain isoja laitoksia, jotka käynnistyvät vuoden 2021 jälkeen. Tämä voi johtaa siihen, että kriteerit täyttämättömät biomassapolttoaineet käytetään pienemmissä ja aiemmin toimintansa aloittaneissa laitoksissa. Komissio perustelee ehdotuksessa tehtyjä valintoja pyrkimyksellä löytää tasapaino kattavuuden ja hallinnollisen taakan minimoinnin välillä. Ehdotukseen sisältyy myös mahdollisuus, että jäsenmaa voi soveltaa kriteerejä kokorajan alittaville laitoksille.

REDII -ehdotuksen khk-laskentaohjeistus sisältää joitakin virheitä, sekä useita täsmennyksen tarpeita. Suomalaisen toimijoiden kannalta oleellisia ovat biomassapolttoaineiden tuotannossa käytettävä sähkön päästökerroin, allokointimahdollisuus hyödynnettävälle ylijäämälämmölle, sekä laskentaa koskevat järjestelmärajaukset, esimerkiksi isojen biojalostamojen kohdalla. Yleispätevän ja toimivan järjestelmärajaussäännön antaminen erityyppisille biojalostamokonsepteille voi kuitenkin olla haastavaa, jolloin yksittäisten ratkaisujen tulee noudattaa direktiivin henkeä. Tällöin direktiivin toimeenpanossa korostuu viranomaisten ja auditoijien pätevyys arvioida tapauskohtaisia tilanteita.

Tämä raportti koskee REDII -ehdotusta, joten muutokset kestävyyskriteereihin ja khk-päästöjen laskentamettiin ovat vielä mahdollisia. Lopulliset tulokset direktiivistä tehdään kansallisen implementoinnin yhteydessä sekä valvojan viranomaisen toimesta. REDII -ehdotus jättää myös komissiolle oikeuden antaa tarkentavia delegoituja säädöksiä. Esimerkiksi 'muuta kuin biologista alkuperää olevia uusiutuvia nestemäisiä ja kaasumaisia liikenteen polttoaineita' (esim. power-to-gas tai power-to-liquid polttoaineet), sekä jätteperäisiä fossiilisia polttoaineita koskevat khk-kriteerit ovat vielä avoimia, ja komissio määrittelee ne myöhemmin.

Lähdeviitteet

- [1] European Commission. Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on the promotion of the use of energy from renewable sources COM(2016) 767 final).
- [2] EU. Directive of the European Parliament and of the Council on the promotion of the use of energy from renewable sources. 2009/28/EC. The Official Journal of the European Union 05/06/2009.
- [3] Giuntoli J, Agostini A, Edwards R, Marelli L. Solid and gaseous bioenergy pathways : input values and GHG emissions. Calculated according to the methodology set in COM(2016) 767. Version 2. 2017. doi:10.2790/299090. Saatavissa: <http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC104759>
- [4] Edwards R, Padella R, Giuntoli M, Koeble J, O'Connell A, Bulgheroni A, et al. Definition of input data to assess GHG default emissions from biofuels in EU legislation. Version 1c - July 2017. 2017. doi:10.2790/22354. Saatavissa: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/renewable-energy/biofuels/sustainability-criteria>
- [5] Routa J, Kolström M, Ruotsalainen J, Sikanen L. Precision measurement of forest harvesting residue moisture change and dry matter losses by constant weight monitoring. *Int J For Eng* 2015;26:71–83. doi:10.1080/14942119.2015.1012900.
- [6] Jäppinen E, Korpinen OJ, Laitila J, Ranta T. Greenhouse gas emissions of forest bioenergy supply and utilization in Finland. *Renew Sustain Energy Rev* 2014;29:369–82. doi:10.1016/j.rser.2013.08.101.
- [7] Ihalainen T, Sikanen L. Kustannustekijöiden vaikutukset pelletintuotannon arvoketjuissa. *Metlan työraportteja* 181. 2010.
- [8] Statistics F. Fuel classification. Saatavissa: http://www.stat.fi/tup/khkinv/khkaasut_polttoaineluokitus.html 2015.
- [9] Statistics Finland. Energy 2015 table service. Saatavissa: http://pxweb2.stat.fi/sahkoiset_julkaisut/energia2015/html/engl0002.htm.
- [10] Mäkinen T, Soimakallio S, Paappanen T, Pahkala K, Mikkola H. Greenhouse gas balances and new business opportunities for biomass-based transportation fuels and agrobiomass in Finland (In Finnish). *VTT Research Notes* 2357 2006.
- [11] VTT. LIPASTO Traffic emissions database. VTT Technical Research Centre of Finland, <http://lipasto.vtt.fi/> 2011.
- [12] Enkat-projekti. Energiakasveihin pohjautuvan biokaasulaitoskonseptin tekniset taloudelliset tekniset edellytykset pohjoisissa olosuhteissa Osaraportti Peltoenergiaan pohjautuvan biokaasun tuotannon tuotantoketjun kestävyys – energiatase ja kasvihuonekaasupäästöt. 2013.
- [13] Korres, N, Singh A, Abdul-Sattar N, Murphy JD. Is grass biomethane a sustainable transport biofuel? *Biofuels, Bioprod, Bioref* 2010;4:310–325.

Liite 1

Lista “kehittyneiden biopolttoaineiden” valmistukseen kelpavista raaka-aineista

ANNEX IX

Part A. Feedstocks \Rightarrow for the production of advanced biofuels ~~\Leftrightarrow and fuels, the contribution of which towards the target referred to in the first subparagraph of Article 3(4) shall be considered to be twice their energy content.~~

- (a) Algae if cultivated on land in ponds or photobioreactors.
- (b) Biomass fraction of mixed municipal waste, but not separated household waste subject to recycling targets under point (a) of Article 11(2) of Directive 2008/98/EC.
- (c) Bio-waste as defined in Article 3(4) of Directive 2008/98/EC from private households subject to separate collection as defined in Article 3(11) of that Directive.
- (d) Biomass fraction of industrial waste not fit for use in the food or feed chain, including material from retail and wholesale and the agro-food and fish and aquaculture industry, and excluding feedstocks listed in part B of this Annex.
- (e) Straw.
- (f) Animal manure and sewage sludge.
- (g) Palm oil mill effluent and empty palm fruit bunches.
- (h) Tall oil and Tall oil pitch.
- (i) Crude glycerine.
- (j) Bagasse.
- (k) Grape marcs and wine lees.
- (l) Nut shells.
- (m) Husks.
- (n) Cobs cleaned of kernels of corn.
- (o) Biomass fraction of wastes and residues from forestry and forest-based industries, i.e. bark, branches, pre-commercial thinnings, leaves, needles, tree tops, saw dust, cutter shavings, black liquor, brown liquor, fibre sludge, lignin ~~and tall oil~~.
- (p) Other non-food cellulosic material as defined in point (s) of the second paragraph of Article 2.
- (q) Other ligno-cellulosic material as defined in point (r) of the second paragraph of Article 2 except saw logs and veneer logs.
- ~~(r) Renewable liquid and gaseous transport fuels of non-biological origin.~~
- ~~(s) Carbon capture and utilisation for transport purposes, if the energy source is renewable in accordance with point (a) of the second paragraph of Article 2.~~
- ~~(t) Bacteria, if the energy source is renewable in accordance with point (a) of the second paragraph of Article 2.~~

Part B. Feedstocks \Rightarrow for the production of biofuels \Leftarrow , the contribution of which towards the \Rightarrow minimum share established in Article 25(1) is limited \Leftarrow ~~target referred to in the first subparagraph of Article 3(4) shall be considered to be twice their energy content:~~

(a) Used cooking oil.

(b) Animal fats classified as categories 1 and 2 in accordance with Regulation (EC) No 1069/2009 of the European Parliament and of the Council³⁷

↓ new

(c) Molasses that are produced as a by-product from of refining sugarcane or sugar beets provided that the best industry standards for the extraction of sugar has been respected.

↓ 2015/1513 Art. 2.13 and Annex II.3