European Commission

JRC SCIENCE FOR POLICY REPORT

Puitbiomassi kasutamine energiatootmiseks ELis

Camia A., Giuntoli, J., Jonsson, R., Robert, N., Cazzaniga, N.E., Jasinevičius, G., Avitabile, V., Grassi, G., Barredo, J.I., Mubareka, S.

2021



Joint Research Centre

EUR 30548 EN

See trükis on Teadusuuringute Ühiskeskuse, Euroopa Komisjoni teadustalituse teadusnõustamise aruanne. Selle eesmärk on pakkuda tõenduspõhist teaduslikku tuge Euroopa poliitikakujundusprotsessile. Väljendatud teadustulem ei väljenda Euroopa Komisjoni poliitikaseisukohta. Euroopa Komisjon ega ükski Komisjoni nimel tegutsev isik ei vastuta selle trükise võimaliku kasutuse eest. Selles trükises kasutatud andmete puhul, mille allikas ei ole Eurostat ega teised komisjoni talitused, peaksid kasutajad andmete aluseks oleva metoodika ja kvaliteedi kohta teabe saamiseks võtma ühendust viidatud allikaga. Kaartidel kasutatud nimetused ja materjali esitlusviis ei väljenda mingil moel Euroopa Liidu arvamust mis tahes riigi, territooriumi, linna või piirkonna või selle ametiasutuste õigusliku seisundi ega selle piiride kohta.

Kontaktandmed:
Sarah Mubareka
Bioeconomy Unit, TP 261, via Enrico Fermi, Ispra (VA) 21027 Italy
Email:
sarah.mubareka@ec.europa.
eu

Tel.: +39 0332 78 6741

EU Science Hub
https://ec.europa.eu/jrc

JRC122719

EUR 30548 EN

PDF	ISBN 978-92-76-27867-2	ISSN 1831-9424	doi:10.2760/831621
Print	ISBN 978-92-76-27866-5	ISSN 1018-5593	doi:10.2760/428400

Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2021

© European Union, 2021



Euroopa Komisjoni taaskasutuspoliitikat rakendab komisjoni otsus 2011/833/EL, 12. detsember 2011, komisjoni dokumentide taaskasutamise kohta (ELT L 330, 14.12.2011, lk. 39). Kui ei ole märgitud teisiti, on selle dokumendi taaskasutamine lubatud Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsentsi alusel (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). See tähendab, et taaskasutus on lubatud, tingimusel, et viidatakse vastavalt ja näidatakse ära kõik muudatused. Fotode ja muu materjali puhul, mis ei ole EL-i omanduses, tuleb kasutamiseks ja reprodutseerimiseks küsida luba otse autoriõiguste valdajatelt.

Kogu sisu © Euroopa Liit, 2021, välja arvatud esikaanefoto iStock, kõik õigused kaitstud.

Kuidas seda aruannet tsiteerida: Camia A., Giuntoli, J., Jonsson, R., Robert, N., Cazzaniga, N.E., Jasinevičius, G., Avitabile, V., Grassi, G., Barredo, J.I., Mubareka, S., The use of woody biomass for energy purposes in the EU, EUR 30548 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2021, ISBN 978-92-76-27867-2, doi:10.2760/831621, JRC122719

Sisukord

Tänuavaldus 4
Kokkuvõte 5
Poliitikakontekst 13
Seonduv JRC töö 14
Kiirtutvustus 15
1 Sissejuhatus ja käsitlusala 16
2 Metsadest ja väljastpoolt metsi saadud energiaks kasutatava puitbiomassi andmete allikad 18
2.1 Mõisted 18
2.1.1 Metsade ja sellega seotud näitajatega seotud mõisted 18
2.1.2 Puidutoodetega seotud mõisted 19
2.1.3 Energiatoodetega seotud mõisted 21
2.2 Andmestikud puitbiomassi ja selle energiaks kasutamise kohta 21
2.2.1 Teave metsa ökosüsteemide ja nende säästva majandamise kohta 23
2.2.2 Energiastatistika ja keskkonnaarvestused: kontekstandmed 25
2.2.3 Energiaks kasutatava puitbiomassi kogused ja allikad 25
2.2.4 Ümarpuidu ja puittoodete tootmine ja kaubandus 29
2.3 Järeldused ja põhisõnumid 30
3 Puitbiomass energiaks 32
3.1 Puitbiomass metsapõhises biomajanduses 32
3.2 ELi metsaressursid ja metsamajandamine 32
3.3 Looduslikud häiringud ja puiduvaru 35
3.4 ELis bioenergiaks kasutatav puitbiomass: kokkuvõte 40
3.5 Esmane ja teisene puitbiomass energiaks 46
3.6 Järeldused ja põhisõnumid 58
2. ja 3. peatüki viited 61
4 Metsa biomassi kvantifitseerimine Euroopas 65
4.1 Taust, ühtlustamispüüded 65
4.2 Euroopa metsabiomassi võrdlusandmebaas 67
4.3 Kaardistamine 69
4.4 Kaugseire potentsiaal biomassiseires 71
4.5 Peatüki järeldused ja kesksed sõnumid 73
Viited, 4. peatükk 76
5 Metsa bioenergeetika jätkusuutlikkus 79
5.1 Probleemi püstitamine 79
5.1.1 Milline on „säästlik“ metsa bioenergia? 79
5.1.2 Kuidas see aruanne toetab metsa bioenergia säästlikku juhtimist? 81

5.2 Analüüsi piiritlus 82
5.2.1 Eeldused ja piiritlused 84
5.3 REDII ja LULUCF-i vahelise seose selgitamine ja mõjud. 86
5.3.1 Kuidas arvestatakse EL-is metsa bioenergia süsinikumõju 86
5.3.2 EL-i REDII ja EL-i LULUCF-i kokkupuutepunkti võimalikud parendused 93
5.3.3 Metsa bioenergia süsinikumõjude arutelu puhastamine kõigest mittekonstruktiivsest 96
5.4 Metsade elurikkuse seisukord Euroopas 96
5.5 Metsapõhise sektori vastus bioenergia nõudlusele 97
5.6 Metsa bioenergia süsinikuaruandlus olelusringi hindamise kaudu: saadud õppetunnid ja koostatud kvalitatiivsed hindamised 99
5.7 Metsa bioenergia: mõjud elurikkusele ja ökosüsteemi seisukorrale 105
5.7.1 Elurikkus ja kliimamuutuse kompromissid 105
5.7.2 Kuidas hinnata mõjusid ökosüsteemi seisukorrale ja elurikkusele? 106
5.7.3 Kompromisside süntees ja hindamine 110
5.8 Ülevaade mõjudest elurikkusele 112
5.8.1 Raiejääkide äravedu: ülevaade ja kokkuvõte 113
5.8.1.1 Probleemi sõnastamine ja taust: Miks see on bioenergia ja praeguste majandamistavade seisukohalt oluline? 113
5.8.1.2 Ülevaade mõjudest ökosüsteemi seisukorra tunnustele 116
5.8.1.3 Ülevaate tulemused: jääkide äravedu 117
5.8.1.4 Tõendite kokkuvõte 124
5.8.2 Metsastamine ja istandikeks muutmine: ülevaade ja kokkuvõte 127
5.8.2.1 Probleemi sõnastamine ja taust: miks see on bioenergia & praeguste majandamistavade seisukohalt oluline? 128
5.8.2.2 Ülevaade mõjudest ökosüsteemi seisukorra omadustele 129
5.8.2.3 Ülevaate tulemused: Metsastamine 130
5.8.2.4 Ülevaate tulemused: Istandikuks muutmine 139
5.8.2.5 Tõendite kokkuvõte 148
5.9 Kokkuvõte ja hinnang: kliima ja ökosüsteemide tervis 154
5.9.1 Kvalitatiivne hinnang 154
5.9.2 Edasine uurimistöö 160
5.10 Peatüki järeldused ja kesksed sõnumid 160
Viited, 5. peatükk 163
6 **Poliitikamõjud ja tulevane töö** 174
6.1 **Poliitikamõjud** 174
6.1.1 Energeetika-alased õigusaktid 174
6.1.2 Keskkonna ja kliima alased õigusaktid 175
6.1.3 Andmed 177
6.2 **Edasine uurimistöö, andmete ja teadmiste täiustamine** 177

Mõistete loetelu 178
Akronüümid ja lühendid 184
Jooniste loend 187
Tabelite loend 189
Autorid ja nende panus 190
Lisa 192

Tänuavaldus

See uurimus viidi läbi osana Teadusuuringute Ühiskeskuse pikaajalisest mandaadist hinnata ELi ja ülemaailmset biomassi pakkumist ja nõudlust ning sellega seonduva kestlikkust. See on Teadusuuringute Ühiskeskuse pikaajaline institutsionaalne kohustus, mis algas 2015. aastal. Autorid tahaksid tunnustada tuge, mida nad on saanud tehnilistelt ekspertidelt asjakohasest biomassi pakkumise ja nõudluse hindamise talitustevahelisest rühmast Euroopa Komisjonis, mille esimees on T. Schleker teadusuuringute ja innovatsiooni peadirektoraadist. Selle talitustevahelise rühma kommentaarid olid selle töö läbiviimisel üliolulised, et asetada see õigesse poliitilisse konteksti.

Täname Euroopa riikide metsaseire võrgustikku (European National Forest Inventory Network, ENFIN) nende väärtusliku koostöö eest metsa biomassi ja puidu varumiseks kasutatava metsa andmete ühtlustamisel. Samuti tahaksime tänada liikmesriikide eksperte, kes kontrollisid päästeraiete andmete õigsust.

Autorid tänavad ka Javier Sanchez Lopezi biomajanduse teadmuskeskuse koordineerimisrühmast läbivaatamiste ja toimetamiste eest, Alessandro Cescattit tähelepanekute eest satelliitkujutiste ja väliandmete vahelise seotuse kohta, Roberto Pillit and Anu Korosuot kasulike kommentaaride eest.

Kokkuvõte

2020. aasta mais võeti vastu ELi elurikkuse strateegia aastani 2030 (COM/2020/380). Teatise paragrahvi 2.2.5 ("Kõigile kasulikud energiatootmislahendused") kohaselt võttis Komisjon endale kohustuse avaldada see aruanne metsabiomassi kasutamise kohta energiatootmiseks, et panustada ELi kliima- ja energiapoliitikatesse, mis suunavad metsabiomassi kestlikku kasutamist energiatootmiseks ja sellega seonduvate süsinikumõjude arvestamist, nimelt taastuvenergiadirektiiv, heitkogustega kauplemise skeem (Emissions Trading Scheme, ETS) ning maakasutuse, maakasutuse muutuse ja metsanduse (LULUCF) määrus.

Metsapõhist valdkonda peetakse paljude ülemaailmsete probleemide lahenduse osaks ja üheks olulisimaks panustajaks ELi eesmärkidesse. Metsa majandamist, metsapõhist valdkonda ja metsade ökosüsteeme mõjutavad paljud ELi poliitikad. Peamised küsimused, mis ümbritsevad puitbiomassi kasutamist energiatootmiseks EL-is ja mõju metsadele, on tõepoolest väga ulatuslikud. Seetõttu oli vaja alguses seada uurimusele piirid: uurimus inventeeriks kättesaadavaid andmeid, mis on seotud puitbiomassi kasutamisega bioenergiaks; hindaks puitbiomassi kasutusi ELis, keskendudes bioenergiale; annaks soovitusi, kuidas ühtlasel viisil parandada teadmusbaasi metsade kohta; ja laiendaks tõendusalust, tõstes esile toimimisviise, mis vähendavad kliimamuutuse leevendamise ja elurikkuse säilitamise vahelisi kompromisse. Uurimus ei tugine kvantitatiivse arenguseire praktiseerimisele, et määrata kindlaks tulevase bioenergianõudluse ulatust, ja järelikult on hinnatavad sekkumised potentsiaalsed, aga me ei väida, et need kõige tõenäolisemalt aset leiavad. See uurimus esitleb poliitilisi mõjusid, mis tulenevad tõendusalusest. Selle uurimuse mandaadi elluviimiseks ja püüdes anda poliitikakujundajatele konkreetset tuge, võtame selle uurimuse tulemuste peamised mõjud kokku poliitikavaldkondade raames, mis tegelevad ELi tasandil puidupõhise bioenergia-alaste tegevuste suunamisega.

Euroopa kliima- ja energeetikapoliitikad täienevad. EL mõõdab nüüd metsa majandamise kliimamõju maakasutuse, maakasutuse muutuse ja metsanduse valdkonnas, kasutades "metsa heitkoguse võrdlustaseme" mõistet (määrus 2018/841). Metsa heitkoguse võrdlustase on kavandatav metsa heitkoguste ja raiemahtude tase hinnanguliselt iga liikmesriigi kohta perioodiks 2021–2025, millega tulevasi heitkoguseid ja raiemahtusid võrreldakse. Minevikus võisid küll nende prognoosidega kaasas käia poliitilised oletused, millega kaasnes risk leevendustegevuste tegelikku mõju näiliselt suurendada, aga määruses 2018/841 kirjeldatud metsa heitkoguse võrdlustasemed põhinevad eranditult ajaloolisel võrdlusperioodil (2000-2009) dokumenteeritud metsamajandamise tava ja puidukasutuse jätkumisel. Sel viisil võetakse arvesse metsade vanusega seotud dünaamikat ja välistatakse poliitilised oletused. Metsa heitkoguse võrdlustasemed tagavad seega, et iga ajalooperioodiga seonduva muutuse puhul majandamises või puidukasutuses võetakse selle süsinikumõju täielikult arvesse riigi kliimaeesmärkides.

Mis puudutab energiapoliitikat, siis taastuvenergiadirektiivi (direktiiv 2009/28/EÜ) kohaselt kehtisid perioodiks 2010-2020 säästlikkuse kriteeriumid ainult biokütuste ja vedelate biokütuste kasutusele. Uuestisõnastatud taastuvenergiadirektiiv (direktiiv 2018/2001, tuntud kui REDII), mille liikmesriigid peavad 2021. aasta juuniks üle võtma, tugevdab ELi bioenergia säästlikkuse kriteeriumeid, laiendades nende reguleerimisala suurtes kütte/jahutus- ja elektripaigaldistes kastutatavale tahkele biomassile ja biogaasile. Lisaks kehtestab REDII uued riskipõhised säästlikkuse kriteeriumid metsa biomassile eesmärgiga tagada vastavus säästva metsamajandamise seaduste ja põhimõtetega (nt. seaduslikkus, uuenemine, tundlike alade kaitse, bioloogilisele mitmekesisusele avaldatavate mõjude minimeerimine; ja metsa pikaajalise tootlikkuse säilitamine) ning et bioenergia süsinikumõjusid LULUCF-sektoris õigesti arvesse võetakse. Riskipõhist lähenemisviisi järgides saab vastavust demonstreerida kas tõhusate riiklike või piirkondlike õigusaktidega või juhtimissüsteemide kaudu hankimisala tasandil. REDII hõlmab kasvuhoonegaaside heitkoguste vähendamise miinimumkünniseid biokütustele ning soojuseks ja elektriks kasutatavale biomassile ja minimaalseid tõhususkriteeriumeid üksnes bioelektrit kasutavaile paigaldistele.

ELi õigusaktid keskendavad keskkonnasäästliku bioenergia määratluse elurikkuse säilitamisele ja kliimamuutuse leevendamisele, sest bioenergia on 21. sajandi kahe peamise keskkonnakriisi, elurikkuse ja kliimaalase hädaolukorra sõlmpunktis. Puidupõhine bioenergia võib pakkuda osa lahendust mõlemale kriisile, kuid üksnes siis, kui biomassi toodetakse *kestlikult* (ja kasutatakse tõhusalt). See on eriti kriitiline, arvestades, et metsade ökosüsteemid ei ole Euroopas üldiselt heas seisukorras.

Ent mida tähendab „kestlik"? Praegu toetavad kõik ELi liikmesriigid metsade multifunktsionaalsuse põhimõtet ja säästva metsamajandamise kontseptsiooni, mis selles kontekstis tähendab otsida sobivaimaid juhtimissüsteeme, et säilitada ja tasakaalustada mitme funktsiooni pakkumist ajas. Selle kontseptisooni töösserakendamist kohandatakse tingimata kohalikele sotsiaalmajanduslikele, poliitilistele ja biofüüsilistele kontekstidele ning kohalikke prioriteete mõjutavad ka ühiskonna väärtused. Näiteks võivad metsamajandamise eesmärgid keskenduda rohkem kaitsmisele ja looduskaitsele või siis soodustada puidutootmist. Säästva metsamajandamise rakendamise eesmärk peaks olema püüda tasakaalustada mitut funktsiooni ja tagada, et need jäävad püsima ka tulevikus.

Tõstame esile asjaolu, et bioenergia säästlikkuse juhtimist iseloomustab ebamäärasus tagajärgede suhtes, mitmesugused ja arvukad kaasnevad huvid, vastukäivad teadmisväited ja kaalukad küsimused ning seega võib selle julgesti lahterdada lahendamatuks probleemiks. Teisisõnu peame teadlastena selgelt mõistma oma rolli selles debatis: võime poliitikavalikute ausate vahendajatena[1] koguda ja sünteesida tõendeid, tõstes esile probleeme ja võimalikke lahendusi, ent me ei saa teha kindlaks 'õiget' poliitikavahendit või 'õiget' poliitikapõhimõtet, mida järgida, sest need küsimused kuuluvad poliitilise areeni valdkonda ja teadusuuringud, ükskõik kui palju neid ka oleks, ei vaigista eetikavaidlusi.

Uuring algab puitbiomassi pakkumise ja kasutamise kvantitatiivse hindamisega. ELis bioenergiaks kasutatava puitbiomassi kohta kättesaadavaid andmeallikaid hinnatakse sellest aspektist, kuidas neid saab kasutada ühtlustatud ELi tasandil analüüsiks. Uurime arvukaid andmeallikaid, mis annavad teavet puidupõhise bioenergiasüsteemimosaiigi eri osade kohta, sest kahjuks ei hõlma ükski andmeallikas kogu süsteemi. Selle tulemusena loome sidusa andmestiku, mis on vajalik selle uurimuse jaoks, uurides süvitsi läbi, süstematiseerides ja tõlgendades mitut allikat, mille käsitlusala, teema katmise ulatus, ühikud jms erinevad.

Oma kvantitatiivses analüüsis vaatleme puidupõhist puitbioenergia osana laiemast metsa biomajandusest, seega metsa säästva majandamise ning toodete tootmiseks ja bioenergia tootmiseks kasutatava puidu järele kasvava nõudluse kontekstis, ehkki tuleks märkida, et turujõude ja majanduslikke või sotsiaalmajanduslikke tõukejõude analüüsis ei käsitleta. Rekonstrueerime puitbiomassi vood, tõstes esile puidukasutuse seoseid ja üldjuhul tsirkulaarset rolli ELi metsapõhises sektoris ning vastavat puidupõhise bioenergia suhtelist mahtu ja rolli. Meie töötlus andmetest, mis puudutavad teatatud raie tulemusena saadud puitu ja aastast netojuurdekasvu ELi metsades, näitab raiumise intensiivsuse kasvu 2009. kuni 2015. aastani. Meie hinnangute kohaselt oli ELi tasandil raiete ja juurdekasvu suhe 2015. aastal vahemikus 75%-85%. Käsitleme ka looduslikke häiringuid ja nendele järgnevaid päästeraieid, mis on 2014. aastast alates järsult suurenenud, peamiselt Kesk-Euroopas, tuues turule märkimisväärsel hulgal kahjustunud puitu. Lisaks tuletame maapealse biomassi hinnangulised mahud ja rekonstrueerime ELis bioenergiaks kasutatava puitbiomassi sisendi kombinatsiooni üksikasjaliku koostise.

Selle analüüsi tulemused näitavad, et üldine puitbiomassi kasutamine ELis on viimasel kahel aastakümnel kasvanud (2000. aastast alates ligikaudu 20%), välja arvatud pärast 2008. aasta finantskriisi märgatav madalseis. Samamoodi on konkreetselt energia tarbeks kasutatava puitbiomassi alamhulk püsivalt suurenenud kuni 2013. aastani (umbes 87% 2000. kuni 2013.

[1] Termin on võetud teosest Pielke, R. (2007) The Honest Broker: Making Sense of Science in Policy and Politics. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9780511818110

aastani), misjärel on kasv aeglustunud. Meie analüüsi kohaselt põhineb puidupõhise bioenergia tootmine suuresti teisesel puitbiomassil (metsapõhise tööstuse kõrvalsaadused ja pärast tarbimist ringlusse võetud puit), mis moodustab peaaegu poole teatatud puidukasutusest (49%). Esmane puitbiomass (metsadest saadud tüvepuit, puuladvad, oksad jms) moodustab vähemalt 37% energiatootmiseks kasutatavast ELi puidu sisendi kombinatsioonist. Ülejäänud 14% on teatatud statistikas kategoriseerimata, mis tähendab, et see ei ole liigitatud ei esmaseks ega teiseseks allikaks. Lähtudes meie puitbiomassi voogude analüüsist, on allikas tõenäolisemalt esmane puit. Puidugraanulite impordimahtudel on pärast Brexitit ELis väike roll.

Kasutatavat esmast puitbiomassi edasi iseloomustades hindame, et umbkaudu 20% kogu energiatootmiseks kastutatavast puidust koosneb tüvepuidust, samas kui 17% koosneb muudest puiduosadest (puuladvad, oksad jms). Kättesaadavatest teadmistest lähtudes pärineb vähemalt pool energiaks kasutatavast tüvepuidust oletatavasti madalmetsadest, mis on iseäranis olulised Vahemere maades. Madalmetsad osutavad enamjaolt arvukaid ökosüsteemiteenuseid ja sellel juhtimissüsteemil on paljudes maapiirkondades olulisi sotsiaalmajanduslikke funktsioone. Siiski, suurtel aladel madalmetsi enam ei majandata, mille tagajärjeks on vanad või ülekasvanud hääbuvad puistud; soovitatakse innustada aktiivset madalmetsade taastamist või kõrgmetsaks muutmist, olenevalt kohalikest tingimustest, et tõhustada nende ökosüsteemide võimekust süsinikku talletada ning pakkuda puitu ja muid teenuseid.

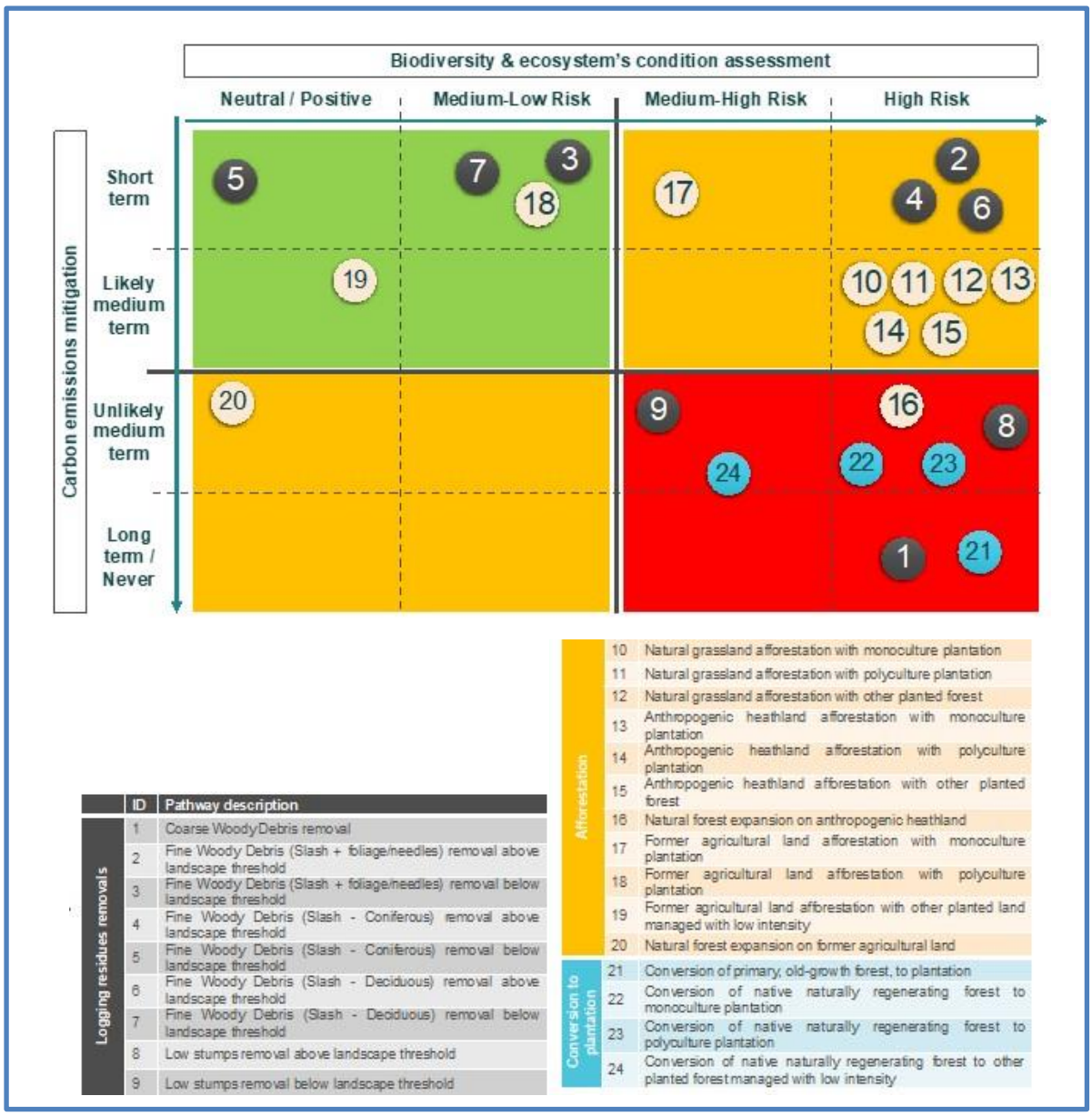
Meie kvantitatiivsest analüüsist ilmnevad märkimisväärsed vastuolud teatatud andmetes: kõigi analüüsitud aastate puhul (2009 kuni 2015) hinnatakse, et ELis ületab puidupõhiste toodete tootmisel ja energiatootmiseks *kasutatud* puitbiomassi hulk *allikatena* teatatud koguhulga rohkem kui 20% võrra, suurte erinevustega liikmesriigiti. Meie analüüs, mis põhineb puitbiomassi voogude jaotusel, annab mõista, et teatatud puitbiomassi kasutuse ja allikate vahelise lõhe põhjuseks võib olla energeetikasektor. Lisaks, usaldusväärsed teadmised energiatootmiseks kasutatava puidu päritolu kohta on määrava tähtsusega analüüsi jaoks, mis on vajalik säästliku ja vastupidava ressursikasutuse kindlustamiseks. Kahjuks täheldame, et kasvab suundumus teatada energiatootmiseks kasutatavast puidust kui teadmata päritoluga puidust. Järeldame, et ülimalt oluline on parandada andmete kättesaadavust ja kvaliteeti, mis puudutab metsapõhist sektorit ja eelkõige puidu kasutamist energiaks.

Ühtlustatud ja õigeaegsete hindamiste hõlbustamisel on üha enam kasu Maa kaugseirest. Satelliit- ja õhu kaudu kogutud andmeid kasutatakse üha enam Euroopa riikide metsaseiretes maapealsete ülevaadete täiendamiseks. Maa kaugseire tooteid kasutades oleme töötanud välja Euroopa metsabiomassi kaardi, mis on kooskõlas riikide metsaseiretest saadud metsaala ja biomassivaru ühtlustatud statistikaga. Niisugused usaldusväärsed biomassikaardid näitavad Maa kaugseire andmete arvukaid rakendamisvõimalusi, mis lõimivad mitmesuguseid georuumilisi metsa- ja keskkonnaomadusi. ELi Copernicuse programmi kaudu on vabalt kättesaadav suur hulk peeneraldusega satelliitkujutisi, samas kui biomassi kaardistamine kosmosest areneb kiiresti tänu uutele satelliitidele, millel on metsa biomassi suhtes kõrgendatud tundlikkus. Lähitulevikus võib oodata metsabiomassi ruumilise jaotuse ja dünaamika kohta kosmosest saadavate teadmiste märkimisväärset täienemist.

Selles uurimuses läbi viidud kvantitatiivne analüüs kinnitab põhilist eeldust, et see keerukas süsteem hõlmab mitut majandussektorit ja sotsiaalset osalejat, ning esitab arvukalt põhjuslikke seoseid ja tagasisideringe. Samuti näitab see, et metsapõhise sektori reaktsioone mõjutavad poliitikaeesmärgid, regulatsioonid ning mõjud, mida kliimamuutus ja inimsekkumine avaldavad tulevastele metsade kasvumääradele ja looduslike häiringute sagedusele ja võimsusele. Seetõttu pöördume uurimuse peamise, ehkki üldistatuma küsimuse juurde, mis on järgmine: kuidas saame tagada, et puitbiomassi pakkumise arengusuunad, mis järgivad suurenenud puidunõudlust, ei ole kahjulikud kliimale ja elurikkusele? Selles uurimuses hindame sekkumiste kolme kategooriat ja nende potentsiaalseid mõjusid: raiejääkide äravedu, metsastamine ja looduslike metsade muutmine

istandikeks. Need kolm sekkumist valiti sellepärast, et neid peetakse tavadeks, mille eesmärk on pakkuda 'täiendavat' biomassi, s.t. sellise biomassi kasvatamine, mida bioenergianõudluse puudumisel ei toodetakski, või sellise biomassi nagu näiteks jääkide ja jäätmete kasutamine, mis muidu laguneks või põletataks kohapeal. Tunnistame, et siiani ei ole paljud neist reaktsioonidest käivitunud bioenergia laienemise otsese tagajärjena, kuid nad on potentsiaalsetes kliimamuutuse leevendamise strateegiates prioriteetsel kohal ja võiksid ELis või väljaspool teoks saada otsese või kaudse mõjuna, mida avaldab ELi suurenenud nõudlus puittoodeteks ja bioenergiaks kasutatava metsabiomassi järele. Meie tulemused ei pretendeeri tervenisti hõlmama bioenergiaga seotud metsamajanduslike sekkumistega seonduvaid võimalikke riske ja tulusid.

Nende kolme sekkumise mõjusid elurikkusele ja mitmesugustele muudele ökosüsteemi seisukorda määratlevatele tunnustele hinnatakse ulatusliku kirjanduse ülevaate kaudu ja sünteesitakse siis kvalitatiivses hinnangus arengusuuna arhetüüpide määratlemise kaudu (kokku võetud alloleval joonisel). Nende arhetüüpide mõjusid iseloomustatakse ühega neljast riskikategooriast: kõrge risk, neutraalne-positiivne, keskmine-kõrge risk ja keskmine-madal risk. Nende arengusuundade arhetüüpide mõjud süsiniku heitkogustele võetakse välja ka olemasolevast olelusringi analüüsi (LCA) kirjandusest ja liigitatakse ühte neljast kategooriast, olenevalt võimalikust süsiniku tasuvusajast: lühiajaline, tõenäoliselt keskpikaajaline, ebatõenäoliselt keskpikaajaline ja pikaajaline/mitte kunagi. Seejärel võrdleme eri majandamistavade mõjusid nii elurikkusele kui ka kliimamuutusele ja pakume välja kõigile kasulikud majandamistavad, mis mõlemale positiivselt kaasa aitavad. Teeme kindlaks ka kõigile kahjulikud olukorrad, mille puhul arengusuund kahjustaks metsa ökosüsteeme, võimaldamata süsiniku heitkoguste vähendamist poliitikates seatud ajaraamides. Kõigile kasulikud majandamistavad, mis aitavad kaasa kliimamuutuse leevendamisele ja avaldavad elurikkusele kas neutraalset või positiivset mõju, hõlmavad raidmete (peenemõõtmelise kõdupuidu) äravedu väiksemaa mahus, kui on künnisena määratletud vastavalt kohalikele tingimustele, ja endise põllumaa metsastamist segametsa või looduslikult uuenevate metsadega. Kõigile kahjulikud arengusuunad hõlmavad jämeda kõdupuidu äravedu, madalate kändude äravedu ja ürg- või looduslike metsade muutmist istandusteks. Määratleme ka kompromissidega arengusuunad, mis võivad näiteks aidata leevendada süsiniku heitkoguseid, kuid olla kahjulikud kohalikule elurikkusele, või ka vastupidi. Esitame selle uurimuse poliitikamõjud sisendina säästva metsa bioenergeetika juhtimise edasisse arengusse.



Biodiversity & ecosystem's condition assessement – Elurikkus ja ökosüsteemi olukorra hinnang; Neutral / Positive – Neutraalne / Positiivne; Medium-Low Risk – Keskmine-madal risk; Medium-High Risk –Keskmine-kõrge risk; High Riske – Kõrge risk; Carbon emissions mitigation – Süsinikuheite leevendamine; Short term – Lühiajaline; Likely medium term – Tõenäoliselt keskpikk; Unlikely medium term – Mittetõenäoliselt keskpikk; Long term / Never – Pikaajaliselt / Mitte kunagi; Logging residues removal – Raiejääkide eemaldamine; Coarse Woody Debris removal – Jämeda kõdupuidu väljavedu; Fine Woody Debris (Slash+foliage/needles) removal above landscape threshold – Peene kõdupuidu (raiejäätmed+lehed/okkad) väljavedu ülaltpoolt mastikukünnist; Fine Woody Debris (Slash+foliage/needles) removal below landscape threshold – Peene kõdupuidu (raiejäätmed+lehed/okkad) väljavedu altpoolt mastikukünnist; Fine Woody Debris (Slash – Coniferous) removal above landscape threshold – Peene kõdupuidu (raiejäätmed – okaspuu) väljavedu ülaltpoolt mastikukünnist; Fine Woody Debris (Slash – Coniferous) removal below landscape threshold – Peene kõdupuidu (raiejäätmed – okaspuu) väljavedu altpoolt mastikukünnist; Fine Woody Debris (Slash – Deciduous) removal above landscape threshold – Peene kõdupuidu (raiejäätmed – lehtpuu) väljavedu ülaltpoolt mastikukünnist; Fine Woody Debris (Slash – Deciduous) removal below landscape threshold – Peene kõdupuidu (raiejäätmed – lehtpuu) väljavedu altpoolt mastikukünnist; Low stumps removal above landscape threshold – Madalate kändude väljavedu ülaltpoolt maastikukünnist; Low stumps removal below landscape threshold – Madalate kändude väljavedu altpoolt maatikukünnist; Afforestation – Metsastamine; Natural grassland afforestation with monoculture plantation – Loodusliku rohumaa metsastamine monokultuuri istandikuga; Natural grassland afforestation with polyculture plantation – Loodusliku rohumaa metsastamine polükultuuri istandikuga; Natural grassland afforestation with other planted forest – Loodusliku rohumaa metsastamine muu istutstud metsaga; Anthropogenic heathland afforestation with monoculture plantation – Inimtekkelise nõmmemaa metsastamine monokultuuri istandikuga; Anthropogenic heathland afforestation with polyculture plantation – Inimtekkelise nõmmemaa metsastamine polükultuuri istandikuga; Anthropogenic heathland

afforestation with other planted forest – Inimtekkelise nõmmemaa metsastamine muu istutatud metsaga; Natural forest expansion on anthropogenic heathland – Looduslik metsa laienemine inimtekkelisel nõmmemaal; Former agricultural land afforestation with monoculture plantation – Endise põllumajandusmaa metsastamine monokultuuri istandikuga; Former agricultural land afforestation with polyculture plantation – Endise põllumajandusmaa metsastamine polükultuuri istandikuga; Former agricultural land afforestation with other planted land managed with low intensity – Endise põllumajandusmaa metsastamine madala intensiivsusega majandatud muu täisistutatud maaga; Natural forst expansion on former agricultural land – Looduslik metsa laienemine endisel põllumajandusmaal; Conversion to plantation – Istandikuks muutmine; Conversion of primary, old-growth forest, to plantation – Ürgmetsa, põlismetsa muutmine istandikuks; Conversion of native naturally regenerating forest to monoculture plantation – Kohaliku looduslikult uueneva metsa muutmine monokultuuri istandikuks; Conversion of native naturally regenerating forest to polyculture plantation – Kohaliku looduslikult uueneva metsa muutmine polükultuuri istandikuks; Conversion of native naturally regenerating forest to other planted forest managed with low intensity – Kohaliku looduslikult uueneva metsa muutmine muuks madala intensiivsusega majandatud istutatud metsaks

Mis puudutab meie uurimistulemuste poliitikamõjusid, siis kõigepealt vaatleme kehtivaid kliima- ja energeetika-alaseid õigusakte ja nendevahelisi seoseid, sest teaduskirjanduses ja avalikus debatis on ikka veel vääritimõistmisi. Uuestisõnastatud taastuvenergiadirektiiv (REDII direktiiv 2018/2001) eeldab, et biomassi põletamisel on heitkoguste väärtus null [2] **. Bioenergiat ei võeta energiamajanduses arvesse, sest LULUCF sektoris (määrus 2018/841) arvestatakse neid heitkoguseid *juba* muutusena süsinikuvarus. Seetõttu on ebaõige öelda, et bioenergiat peetakse laiemas ELi kliima- ja energiaraamistikus „süsinikneutraalseks". Iga ajalooperioodiga seonduva muutuse puhul majandamises või puidukasutuses võetakse LULUCF sektoris selle süsinikumõju täielikult arvesse, võrrelduna metsa heitkoguse võrdlustasemetega. Selle lähenemisviisi tagajärg on see, et on olemas kompromissid: igasugune bioenergia tarbeks raiutud täiendav puit (või suurem puidu kasutamine energiaks) võib vähendada fossiilkütuste heitkoguseid heitkogustega kauplemise skeemi või jõupingutuste jagamise sektorite kohaselt, aga tekitab ka arvepidamisdeebeti LULUCF-is, kui see toob kaasa FRLi ületavad heitkogused, näiteks kui see lisaraiumine ületab FRL-s oodatava raie ja seda ei kompenseerita samaväärse täiendava metsakasvuga. Kuna igasugune LULUCF arvestusdeebet nõuaks täiendavaid heitkoguste vähendamisi teistes sektorites, et riigi kliimaeesmärki täita, siis tuleks hoolikalt hinnata igasuguse bioenergiaks kasutatava täiendava puidu üldist kasulikkust kliimale. Teeme kindlaks tegurid, mis võivad potentsiaalselt viia soovimatute tulemusteni, näiteks süsinikuheitmete suurenemiseni metsabioenergia ülemäärase kasutamise tõttu. Nende tegurite hulka kuulub ebakõla erinevatele sihtrühmadele suunatud poliitikastiimulite (REDII ergutab ettevõtjate bioenergianõudlust, samas kui LULUCF stimuleerib riike mitte koguma üle teatavate piirmäärade) ja osalejate hulgas tehtava vähese teavitamise vahel. Soovimatute tulemuste riski juhtimine nõuab eelkõige riikide suuremat teadlikkust REDII/ETS-LULUCF seostest ja nendega seonduvatest kompromissidest. See teadlikkus peaks siis kajastuma riikide asjakohastes kavades (riikide energeetika- ja kliimakavad) sidusate poliitikate ja finantsstiimulite kaudu riigi ja kohalikul tasandil, kombineerituna puidu energiatootmiseks kasutamise õigeaegse ja usaldusväärse seiramisega. Üldpõhimõttena jääb puidupõhise bioenergia positiivse kliimamõju võimalikul suurendamisel määravaks jääkide prioritiseerimine ja puidu ringkasutus. Kirjanduses on pakutud välja kvalitatiivseid kriteeriumeid, et teha kindlaks bioenergia arengusuundi, mille puhul süsinikuheitmete suurenemise riskid on madalad võrreldes fossiilkütustega, kooskõlas selles aruandes ära toodud arvukate kõigile kasulike arengusuundadega. Need kriteeriumid võivad aidata riikidel ja bioenergiaettevõtjatel energeetika- ja kliimaalaseid õigusakte rakendada.**

Märgime, et kuigi LULUCF määrus 2018/841 on oluline samm täieliku metsa kasvuhoonegaaside arvestamise raamistiku suunas, näeme Euroopa uue 2030 kliimaeesmärgi kontekstis (COM/2020/562) võimalust hakata kohtlema LULUCF sektorit nagu kõiki teisi sektoreid, s.t. teatatud LULUCF kasvuhoonegaaside vooge ei filtreeritaks või neid filtreeritaks piiratud määral läbi keeruka

[2] Sarnased kaalutlused kehtivad bioenergia heitkoguste arvestamisele ELi heitkogustega kauplemise skeemis (ETS), mida siin otseselt lähemalt ei analüüsita

arvestusreeglistiku. See aitaks lihtsustada LULUCFi kõnepruuki ja hõlbustada suhtlemist ning siis oleks ilmsem, et arvesse võetakse bioenergia kogu süsinikumõju. See võib tagada suurema läbipaistvuse ka metsa bioenergia heitkoguste arvestamises.

Neid mõtteid edasi arendades arvame, et mitut selles aruandes vaadeldavate arengusuundadega seostatavat negatiivset mõju saaks tõhusalt minimeerida REDII metsabiomassiga seotud säästlikkuskriteeriumite kiire ja jõulise rakendamisega, mis rakendatakse edasi töösse peatse ELi tegutsemisjuhise kaudu, mis käsitleb tõendeid vastavuse näitamiseks metsabiomassi kriteeriumitega. Siiski, REDII metsa säästva majandamine kriteeriumitele vastamine tugineb esmajoones sellele, kas on olemas riiklikud metsa-alased õigusaktid või juhtimissüsteemid hankimisala tasandil. Seetõttu, ehkki selle aruande fookus on ELi seadusandlik raamistik, sõltub tõhus rakendamine riigi õigusaktide ja suuniste asjakohasusest, samuti nende tõhusast rakendamisest. Soovitame, et riigid vaataksid oma riiklikud metsandusõigusaktid üle ka selle aruande tulemuste valguses, et kindlustada, et edendatakse kõigile kasulikke arengusuundi ja samas välditakse kõigile kahjulikke tavasid. Samal ajal peaksid nii ELi kui ka riikide õigusaktid püüdlema selle poole, et luua õigeid stiimuleid selles aruandes esile tõstetud kõigile kasulike arengusuundade ja heade tavade edendamiseks.

Siiski, REDII metsa säästva majandamine kriteeriumitele vastamine tugineb esmajoones sellele, kas on olemas riiklikud metsa-alased õigusaktid või juhtimissüsteemid hankimisala tasandil. Seetõttu, ehkki selle aruande fookus on ELi seadusandlik raamistik, sõltub tõhus rakendamine riigi õigusaktide ja suuniste asjakohasusest. Soovitame, et riigid vaataksid oma riiklikud metsandusõigusaktid üle ka selle aruande tulemuste valguses, et kindlustada, et edendatakse kõigile kasulikke arengusuundi ja samas välditakse kõigile kahjulikke tavasid.

Mis puudutab REDII kriteeriumite töösserakendamise võimalusi, siis tunnistame, et enamikus vabatahtlikes skeemides on sätted jämeda kõdupuidu säilitamistasemete kohta. Siiski, arvestades bioenergianõudluse loodud stiimulit suurendada nende materjalide kogumist ja äravedu, on hädavajalik, et riigid määratleksid ja jõustaksid kohased ja ennetavad maastiku säilitamise künnised kõigi jäägiliikide kohta bioenergia lähtematerjali tootvate hankimisalade lõikes ning et nad ei soodustaks kändude ja jämeda kõdupuidu kogumist. Veelgi enam, mõned sertifitseerimisstandardid, nagu näiteks metsahoolekogu omad, juba keelavadki looduslike metsade lageraie istandike rajamiseks. Seetõttu paneme ette, et hiljuti lagedaks raiutud looduslike metsade kohale rajatud istandikest toodetud biomass ei saa olla sobilik bioenergiaks kasutamiseks. See kõrvaldaks ka surve tulevasteks muutmisteks, vähendades nõudlust nendest istandikest pärineva puidu järele, vähemasti energiaks kasutamiseks.

REDII artiklis 29(7) sätestatud LULUCF kriteeriumid nõuavad metsabiomassi varu ja neeldajate arvestamist osana kogu majandust hõlmavatest riiklikult määratud panustest vastavalt Pariisi kokkuleppele. Riikide jaoks, kellel ei ole riiklikult määratud panust või kes ei hõlma LULUCFi oma riiklikult määratud panuses, on ülimalt oluline esitada tõendeid, et süsinikuvaru ja neeldajad säilitatakse või suurendatakse mis tahes imporditud biomassi puhul, nii riigi kui ka asjakohasel kohalikul tasandil.

Ehkki REDII on edusamm ELis tarbitava bioenergia säästlikkuse tagamisel, saaks siiski veel teha täiendusi kahjulike arengusuundade miinimumini viimiseks. Konkreetsemalt, REDII näitab ära konkreetsed keelualad põllumajandusliku biomassi puhul, mis tähendab, et bioenergiaks kasutatavat biomassi ei või otseselt toota maalt, mis mis tahes ajal pärast 2008. aastat liigitati suure bioloogilise mitmekesisusega rohumaaks, põlismetsaks, suure bioloogilise mitmekesisusega metsaks või kaitsealaks. Siiski, need kriteeriumid ei kehti metsabiomassile (välja arvatud kaitsealade kriteerium). Niisuguste maakriteeriumite laiendamine metsabiomassile võimaldaks veelgi kindlamalt tagada, et energiaks kasutatavat metsabiomassi ei seostata metsastamise arenguteedega, millel on kõige negatiivsemad mõjud, s.t. kõrge loodusliku väärtusega rohumaadel

või inimtekkelistel nõmmemaadel. Samuti keelaks see puidu hankimise energia lähteaineks istandikest, mis on rajatud ümberkujundatud põlisele ürgmetsale.

Praegune märkimisväärne andmelünk kujutab endast peamist takistust puidupõhise bioenergia poliitikate tõhusale riigi tasandil suunamisele. Pingutused teatamisprotseduuride ülevaatamiseks võivad viia parema vastavuseni kolme andmeallika vahel, mida selles uurimuses kõige laialdasemalt kasutatakse (JFSQ, JWEE ja NREAP vahearuanded), vähendades seega märkimisväärseid vastuolusid andmetes. Usaldusväärse teadmiseta, kui palju ja mis tüüpi metsabiomassi bioenergiaks kasutatakse, ei saa ellu viia ühtegi tõhusat poliitikat.

Nagu ELi biomajandusstrateegia (COM/2018/673) esile tõstab, peab terviklik juhtimine liikuma kestliku ringbiomajanduse poole. Mis tahes täiendav nõudlus energiaks kasutatava puidu järele lihtsalt suurendab veelgi üldist nõudlust muuks otstarbeks kasutatava puidu järele, mis tähendab, et isegi kui energiaks kasutatavale puidule kehtivad ranged säästlikkuse kriteeriumid, võidakse muuks otstarbeks kasutatavat puitu ikkagi toota kahjulike tavade ja toimimisviiside abil. Seetõttu oleks säästva metsamajandamise nõuete edasine väljatöötamine, töösserakendamine ja laiendamine kõigile Euroopas tarbitavatele metsatoodetele, sõltumata lõppkasutusest või geograafilisele päritolust, tõhus meede säästva metsapõhise sektori kui terviku edendamiseks.

Kõikjal selle aruande peatükkides esitame mitmesuguseid soovitusi tulevaseks uurimiseks. Nende hulka kuuluvad näiteks soovitused laiendada seda aruannet muud tüüpi metsamajanduslikele sekkumistele, mõista, mil määral võivad sekkumised olla ajendatud bioenergiasektorist ja suhtlemisest metsapõhise sektori teiste harudega; kvantifitseerida looduslikest häiringutest tingitud turumoonutusi, samuti mõista, miks need sagenevad, arendada edasi Maa kaugseire andmete rakendusi. Seda tuleks teha kooskõlastatult elurikkuse teadmuskeskuse ja Euroopa elurikkuse infosüsteemiga, nii et elurikkuse kohta andmete kogumine ja sellealane teadustöö seatakse esikohale, et täita olulisi lünki. Veelgi enam, väga soovitavad oleksid täiendavad modelleerimisharjutused, mille eesmärk on tabada mõjusid, mida avaldavad muutused metsamajandamise tavades, ja kvantifitseerida teisese puitbiomassi kättesaadavust, arvestades kõikumisi esmaste allikate turgudel kõigis sektorites.

Lõpetuseks, see aruanne ja osutatud tulevased uurimisliinid keskenduvad otsustajate käsutuses oleva tõendusbaasi laiendamisele. Erinevused inimeste ja looduse vahelist vastastikust toimimist puudutavates eetilistes väärtustes mängivad selgelt rolli selle määratlemises, mida 'säästlikkus' tähendab. Usume, et neid lahknevusi väärtustes tuleks tunnistada ja varjamatult arutada, ka teadlaskogukonnas, et puidupõhise bioenergia säästlikkust ümbritsevat debatti mürgist puhastada.

Poliitikakontekst

Elurikkuse strateegia (Biodiversity Strategy, BDS) aastani 2030 teatab lõigu 2.2.5 (Kõigile kasulikud energiatootmislahendused) kohaselt, et komisjon avaldab tulemused, mis saadakse tema biomassiuuringust (vt lõik "Teemaga seotud ja tulevane JRC töö") metsabiomassi energiatootmiseks kasutamise kohta. Strateegia kohaselt annab see aruanne panuse olulistesse poliitikatoimikutesse 2021. aastal, sealhulgas vajadusel taastuvenergiadirektiivi, heitkogustega kauplemise skeemi ning maakasutuse, maakasutuse muutuse ja metsanduse (LULUCF) määruse 2021. aastaks seatud püüdluste taseme ülevaatamisse ja ümbermuutmisse. See väljund esitatakse konkreetse tegevusena elurikkuse strateegia tegevuskavas (metsabiomassi energiatootmiseks kasutamise kestlikkuse uuring), laiem biomassiuuring esitatakse aga eraldi (käimasoleva) tegevusena.

Seonduv JRC töö

Biomassi hindamine

„ELi ja ülemaailmse biomassi pakkumise ja nõudluse ning sellega seonduva kestlikkuse hindamine“ (JRC biomassiuuring) on Teadusuuringute Ühiskeskuse pikaajaline institutsionaalne kohustus, mis algas 2015. aastal. See toimib mandaadi kohaselt, mille üksteist poliitika peadirektoraati (DG) on direktorite tasandil kokku leppinud ja mida koordineerib RTD.D1 juhitav spetsiaalne talitustevaheline rühm (“ISG Biomass”).

Biomassiuuring kajastab biomassihinnanguid kõigist esmase tootmise sektoritest (metsandus, põllumajandus, kalandus, vetikad) ja on saanud biomajandusstrateegia tegevuskava tegevuse keskseks osaks: tegevus 3.3.1, „Suurendada biomajanduse, sealhulgas elurikkuse ja ökosüsteemide alaseid teadmisi, et juurutada neid ohututes ökoloogilistes piirides, ja teha need biomajanduse teadmuskeskuse kaudu kättesaadavaks“ alates 2018. aasta kaasajastatud ELi biomajandusstrateegia avaldamisest.

Selle tegevuse tulemused koondatakse sisemisse iga-aastasesse vahearuandesse ja avalikult kättesaadavasse “Teadusnõustamise” aruandesse iga kahe aasta tagant. Viimane teadusnõustamise aruanne koostati 2018. aastal.

ELi metsa raadamise ja metsa kahjustumise jälgimiskeskus

Teatises ELi meetmete tõhustamise kohta, et kaitsta ja taastada maailma metsi (COM(2019) 352), seab teatis esikohale meetmed, mis käsitlevad 1) tarbimise jalajälgi ja tarneahelaid, 2) kahe- ja mitmepoolset koostööd tootvate riikidega, 3) rahvusvahelist koostööd, 4) finantsinvesteeringuid säästlikku maakasutusse, 5) teadusuuringuid ja innovatsiooni, et toota ligipääsetavat kvaliteetset teavet metsade ja toorme tarneahelate kohta. See teatis tõstab esile maailma metsade olulisust, hoiatades ohtude eest, mis metsi ähvardavad, aga ka metsade kadumise tagajärgede eest.

ELi metsa raadamise, metsa kahjustumise, maailma metsakatte muutuste ja seonduvate tegurite jälgimiskeskuse eesmärk, nagu teatises kirjeldatud, on “hõlbustada avalik-õiguslike üksuste, tarbijate ja ettevõtete jaoks ligipääsu tarneahelaid puudutavale teabele”.

Biomajanduse teadmuskeskus

Biomajanduse teadmuskeskus (Knowledge Centre for Bioeconomy, KCB) on Komisjoni keskne biomajanduse alane teadmuskeskus. KCB-s koordineeritakse biomajandusega seotud poliitikakujunduse jaoks teadmiste, teadusliku tõenduse ja kollektiivse intelligentsuse kogumist ja analüüsimist (sealhulgas tavade kogukonna kaudu) nii komisjonist kui ka väljastpoolt.

Kiirtutvustus

Aruande sissejuhatus, käsitlusala ja ülesehitus.

2. peatükk. See peatükk kirjeldab teabeallikaid, mis on olulised, et mõista, kuidas mitmesugused tegurid nagu puidu tööstuslik kasutamine ja metsa majandamine puiduenergia väärtusahelat juhivad, ja mõtestab teavet, mida neist eri allikatest koguda saab.

3. peatükk. See peatükk sisaldab puidupõhise bioenergia sektori, sealhulgas üldise metsapõhise sektori suhtelise mahu, biomassibilansside ja voogude ning puitbiomassi allikate netokaubanduse kvantitatiivset analüüsi. Teatatakse ka ajalised suundumused. Käsitletakse esmase ja teisese puidu varusid, vaadates lähtematerjalide koostist. Metsapõhise sektori seoste tõttu vaadeldakse hinnangus nii puitbiomassi materjali kui ka energiakasutusi. Analüüsitakse vastuolusid teatatud andmetes. Esitatakse unikaalseid andmeid päästeraiete kohta ELis, näidates ära looduslike häiringute kaasmõjud puidu pakkumisele.

4. peatükk. See peatükk annab ülevaate olemasolevast kasvavast biomassivarust Euroopa metsades ja kirjeldab jõupingutusi, mida JRC teeb koostöös riikide ekspertidega, et jõuda ühtlustatud hinnanguni metsa maapealse biomassi kättesaadavuse kohta ELis ja lõppkokkuvõttes 1-ha eraldusvõimega kaardini. Kirjeldatakse viiteandmebaasi metsabiomassivaru ja puidu varumiseks kasutatava varu kohta nii riigi kui ka kohalikul tasandil kõigi Euroopa riikide kohta, kasutades parimaid kättesaadavaid biomassiandmeid.

5. peatükk. Selle peatüki keskne teema on vaadata läbi praegused teadmised säästlikkushinnangute kohta ELis, mis ühendavad ökoloogia valdkonna kirjanduse ja eksperdid bioenergia-alase kirjanduse ja ekspertteadmistega, keskendudes kliimamuutustele ja elurikkusele, samuti nende kahe vahelistele omavahelistele seostele. Tehakse kindlaks kõigile kasulikud (ja kõigile kahjulikud) valikud kliimamuutuse leevendamise jaoks, samuti ökosüsteemi tervise ja elurikkuse säilitamise või parandamise jaoks, misjärel käsitletakse valikuid, kuidas biomassi väärtusahelate elurikkusesõbralikkust metsast täiendada.

Poliitikamõjud ja tulevane töö

1 Sissejuhatus ja käsitlusala

Nõudlus biomassi järele kasvab kogu maailmas, samas kui kliimamuutus, suurenevad surved keskkonnale ning looma- ja linnuliikide ulatuslik kadumine ohustavad biomassi kättesaadavust. Seega seisame silmitsi ülesandega ühildada see suurenenud biomassinõudlus, teades kõiki selle eeliseid fossiilipõhiste materjalide ja kütuste asendamisel, säästva majandamisega, sealhulgas seda tootvate metsaökosüsteemide kaitsmise ja taastamisega.

See, kui edukalt suudame saavutada Euroopa rohelise kokkuleppe püüdlused, asuda rohelise taastumise teele, et muuta Euroopa esimeseks kliimaneutraalseks mandriks ja taastada elurikkus, sõltub suurel määral viisidest, kuidas me oma maa ja mere loodusvarasid toidu, materjalide ja energia tootmiseks kasutame. Selle uurimuse eesmärk on aidata meil paremini mõista, kas energiaks kasutatavat puitbiomassi saab toota, töödelda ja kasutada säästlikul ja tõhusal viisil, et optimeerida kasvuhoonegaaside kokkuhoidu ja säilitada ökosüsteemi teenused, põhjustama kõige selle juures metsa hävimist, elupaikade halvenemist või elurikkuse kadumist.

Metsapõhist valdkonda peetakse paljude ülemaailmsete probleemide lahenduse osaks ja üheks olulisimaks panustajaks ELi eesmärkidesse. Metsa majandamist, metsapõhist valdkonda ja metsade ökosüsteeme mõjutavad paljud ELi poliitikad: kliimamuutus (maakasutus, maakasutuse muutus ja metsandus), elurikkus, ringmajandus, biomajandus, maaelu areng, taastuvenergia, tööstus (kui nimetada mõned). Kõik need ei täienda alati üksteist ega ole üksteisega sünergias eri poliitikates ega kõigil osalejate tasanditel: metsas ja metsapõhises sektoris töötavatest praktikutest kuni ELi tasandil poliitikakujundajateni. Esmatähtis on leida õige tasakaal.

Selle uurimuse puhul on piirid käsitletavate küsimuste koguulatuse suhtes paratamatult kitsendatud. Selles aruandes inventeeritakse kättesaadavaid andmeid, mis on seotud puitbiomassi kasutamisega bioenergiaks; hinnatakse puitbiomassi kasutusi ELis, keskendudes bioenergiale; antakse soovitusi, kuidas ühtlasel viisil parandada teadmusbaasi metsade kohta; laiendatakse tõendusalust, tõstes esile metsamajandamise tavasid, mis vähendavad kliimamuutuste leevendamise ja elurikkuse säilitamise vahelisi kompromisse; esitletakse sellest tõendusest tuletatud poliitikamõjusid; ja viimaks antakse mõned avatud soovitused tulevaseks uurimiseks. Selle aruande fookus on puitbiomassi kasutamisel energiatootmiseks EL-is. Bioenergia teema esitatakse metsa säästva majandamise ja metsapõhise sektori laiemas raamistikus. Selle aruande mõned lõigud käsitlevad neid, esitades ülevaatlikke arve, et asetada metsa bioenergeetika perspektiivi ja mõista erinevaid suhtlusi. Toome üksikasjalikult välja ja kvantifitseerime niipalju kui võimalik nii esmastest kui ka teisestest allikatest pärinevate sortimentide osakaalu, mis energiaallikate kombinatsiooni kaasatakse.

Ehkki selle aruande eesmärk ei ole anda terviklikku ülevaadet ELi metsade praegusest olukorrast, kirjeldatakse metsabiomassi raiumise arve, nii üksikasjalikult kui kättesaadav statistika võimaldab, ja modelleerimistehnikate abil isegi täpsemalt (s.t. kasutades allomeetrilisi võrrandeid, biomassi laiendustegureid ja biomassi ühtlustamise lähenemisviise, mis on välja töötatud koos riiklike metsaseiretega). Avalikult kättesaadava statistika kriitilise analüüsi põhjal esitatakse metsapõhise sektori turgude lühike üldkirjeldus. Selles vallas keskendume eelkõige üldistele suundumustele ja peatume päästeraie lühiajalistel mõjudel. Aruanne on mõeldud põhinema faktidel, tehes võimalikult vähe kvantitatiivseid oletusi ja vältides spekulatsioone niipalju kui võimalik.

Säästlikkuse teemade käsitlemises on see aruanne piiratud. Selle eesmärk ei ole anda absoluutseid vastuseid selle kohta, millised arengusuunad on säästlikud ja millised mitte, vaid see pigem laiendab tõendusbaasi poliitikaotsuste jaoks kirjanduse ülevaate ja kvalitatiivse teadmiste sünteesi kaudu. Keskendume kõigi metsa bioenergeetika jätkusuutlikkuse tahkude hulgast kahele probleemile: kliimamuutus ja ökosüsteemide tervis. Seega välistame paljud teised aspektid, mis iseloomustavad laiemat bioenergeetika jätkusuutlikkust, nagu näiteks bioenergeetika roll elektrivõrgu

stabiliseerimisele; energiajulgeolek; maapiirkondade areng, sissetulek ja tööhõive; teised keskkonnamõjud, nagu õhusaaste; teised kliimamõjutajad, mis pole kasvuhoonegaasid, jms.

Selles töös ei hinnata ümber metsa bioenergeetika süsiniku/kliimamõju. Seda analüüsiti süvitsi REDII mõjuhinnangus (vt IA lisa 9[3]) ja see jääb siinkohal käsitlusalast välja.

Aruanne käsitleb majandamistavasid, mis valdavalt seonduvad bioenergia kasutustega, tunnistades, et need ei ole peaaegu kunagi ainsad kasutused. Konkreetselt oleme teinud ettepaneku tegeleda kolme sekkumisega, mis võiksid potentsiaalselt olla osaliselt või täielikult ajendatud bioenergianõudlusest: raiejääkide suurenenud väljavedu, metsastamine/taasmetsastamine ja looduslike metsade muutmine istandikeks (kolmas neist on teise alamhulk). Uurime nende sekkumiste mõjusid ökosüsteemidele, sõltumatult sellest, kas need on ajendatud bioenergeetikast või mitte. Kui on leitud, et need on ajendatud bioenergiast, siis võib nende mõjude põhjuseks olla bioenergia, aga seda selles aruandes ei hinnata.

Energeetikasektoris ringleva puitbiomassi kvantifitseerimine nõuab teema kohta kättesaadava statistika süvitsi analüüsimist. Selle aruande 2. peatükk on pühendatud mitmesuguste kättesaadavate andmeallikate, nende käsitlusala ja rakenduste kirjeldamisele. Erilist tähelepanu pööratakse andmestikele, mida kasutatakse edasi teises peatükis esitatud analüüsiks.

3. peatükk on pühendatud metsapõhise sektori analüüsile, keskendudes bioenergeetikale. Selles peatükis anname ülevaate ELis bioenergiaks kasutatava puitbiomassi jaotusest ja analüüsime suundumusi. Analüüsitakse süvitsi puitbiomassi allikaid, sealhulgas kõiki puitkiude kõigist allikatest, kaasa arvatud päästeraiest. Metsasektorit iseloomustavat ringlust kirjeldatakse ka ELi puitbiomassi voogude analüüsi kaudu. See peatükk põhineb statistikaanalüüsil ja ekspertteadmistel.

4. peatükis kirjeldatakse, kuidas Maa kaugseiret ja statistikat saab kombineerida meie metsades leiduva looduskapitali kvantifitseerimiseks. Selles tutvustatakse tehnikaid, mida kasutatakse ELi üleselt koostöös riikide metsaseire ekspertidega ja kaugseire teel saadud andmete ühtlustamiseks. Metsa maapealse biomassi ja puidu varumiseks kasutatava metsa alade kaardistamine ühtlasteks peeneraldusega ruumiliselt selgeteks kaartideks on väärtuslik toode, eriti kui saab rekonstrueerida aegrea.

5. peatükk keskendub metsa bioenergeetika süsiniku- ja elurikkuse mõjudele. Et hinnata uuritavate eri bioenergia arenguteede mõju süsinikule ja elurikkusele, rakendatakse kirjandusepõhist lähenemisviisi. Selles viimases peatükis puudutatakse metsa säästva majandamise mõistet, sillutades teed kolme konkreetse sekkumise käsitlemisele, mida tavaliselt, kuid mitte eranditult, seostatakse bioenergianõudlusega. Neid võrreldakse metsamajandamise vaatenurgast maatriksi kaudu, mis tõstab esile kõigile kasulikke ja kõigile kahjulikke olusid.

Lõpetuseks kirjeldame vajadusi ja seame prioriteete tulevaseks tööks sellel teemal.

[3] https://ec.europa.eu/jrc/en/jec/renewable-energy-recast-2030-red-ii

2 Metsadest ja väljastpoolt metsi saadud energiaks kasutatava puitbiomassi andmete allikad

Puitbiomassi energiaks kasutamiste, selle voogude ja mõjude analüüsimiseks on vaja süvitsi analüüsida asjakohaseid väärtusahelaid, mis seovad esmase tootmise lõppkasutusega. Kuigi ükski avaliku statistika täisandmestik ei kirjelda konkreetselt energiaks kasutatava puitbiomassi vooge, annavad mitu ülevaadet ja statistikakogumikku teavet väärtusahela eri osade kohta. Puitbiomassi voogude kirjeldamisel seisneb oluline osa tööst nende erinevate statistikate analüüsimises, et mõista, kuidas neid saab kokku panna, isegi kui nad erinevad metoodika, mõistete ja eesmärkide poolest. Pärast viitemõistete määratlemist esitatakse selles peatükis kõige asjakohasem statistika, mis annab teavet ELi metsapõhise sektori kohta, mida saab kasutada puidu varu, ümbertöötlemise ning energiaks ja materjaliks kasutamise hindamiseks, keskendudes andmeallikatele, mida kasutatakse 3. peatükis analüüsitavate puiduressursibilansside väljatöötamiseks.

2.1 Mõisted

See uurimus puitbiomass energiaks kasutamisest ja selle seostest mitmeotstarbelise metsamajandamisega tugineb mitmele andmeallikale ja arvukate väljaannete sõelumisele, milles samu termineid võidakse kasutada eri tähendustega. Vääritimõistmiste ärahoidmiseks määratletakse seetõttu alljärgnevalt kõige olulisemad ja keerukamad terminid, millele lisandub aruande lõpus olev sõnastik.

2.1.1 Metsade ja sellega seotud näitajatega seotud mõisted

Puitbiomass võib pärineda erinevatest maakasutustest: metsad, muu metsamaa ja muu puudega kaetud maa. 3. peatükis hinnatakse puitbiomassi vooge kõigilt puudega maa tüüpidelt, välja arvatud juhul, kui tüüp on täpsustatud. Aruandes kasutatakse läbivalt FAO metsamaade mõisteid. Need mõisted on järgmised (lähemaid üksikasju vt FAO, 2018).

Metsi määratletakse kui maad, mis ei ole klassifitseeritud metsaks ja mis katab rohkem kui 0,5 hektarit, kus kasvavad üle 5 m kõrgused puud ja kus võrade liitus on rohkem kui 10 protsenti või kus puud suudavad saavutada need tasemed kohapeal. See ei hõlma maad, mis on valdavalt kasutuses põllumajandusliku või linnamaana.

Kuna vaid osa metsa saab üles töötada, defineeritakse metsa alamhulk kui puidu varumiseks kasutatav mets (Forest Europe, 2015): Metsad, kus mis tahes keskkonnaalastel, sotsiaalsetel või majanduslikel piirangutel ei ole märkimisväärset mõju praegusele või tulevasele puiduvarumisele. Neid piiranguid võidakse kehtestada õiguslike eeskirjadega, haldaja/omaniku otsustega või muudel põhjustel.

Muu metsamaa (other wooded land, OWL) defineeritakse kui maa, mis ei ole klassifitseeritud metsaks ja mis katab rohkem kui 0,5 hektarit, kus kasvavad üle 5 m kõrgused puud ja kus võrade liitus on 5–10 protsenti või kus puud suudavad saavutada need tasemed kohapeal, või mida katavad üle 10 protsendi ulatuses võsa, põõsad ja puud segamini. See ei hõlma maad, mis on valdavalt kasutuses põllumajandusliku või linnamaana.

Muu puudega kaetud maa defineeritakse kui kogu maa, mis ei ole klassifitseeritud „metsaks“ või „muuks metsamaaks“, aga on kaetud mõnede puudega. Nende hulka kuuluvad viljapuuaiad, agrometsandus, puud linnakeskkonnas ja palmipuud.

Mõned võimalikud lahendused, kuidas rohkem energiaks kasutatavat puitbiomassi toota, on seotud metsastamise ja taasmetsastamisega (vt ptk 5). FAO mõistete järgi vastab taasmetsastamine metsa taasrajamisele istutamise ja/või tahtliku külvamise teel metsaks liigitatud maale. Sellega ei kaasne

maakasutuse muutust. Vastupidi, metsastamine, mis on metsa rajamine istutamise ja/või tahtliku külvamise teel maale, mis senini oli teistsuguse maakasutuse all, toob kaasa maakasutuse muutumise mitte-metsast metsaks.

Puiduvaru metsades ja muul metsamaal koosneb elusbiomassist ja lagupuidust. Elusbiomassis defineeritakse maapealne biomass kui kogu elustaimede, nii puit- kui ka rohttaimede, biomass ülalpool mullapinda, sealhulgas varred, kännud, oksad, koor, seemned ja lehed. Maa-alune biomass vastab aga kogu elusjuurte biomassile, välja arvatud väiksema kui 2 mm läbimõõduga peened juured. Lagupuiduks nimetatakse kogu mitte-elus puidust biomassi, mis ei ole metsavarise osa, kas seisev, maapinnal lebav või pinnase sees. Lagupuidu hulka kuuluvad maapinnal lebav puit, surnud juured ja kännud, mille läbimõõt on suurem kui 10 cm või sellega võrdne või mis tahes muu riigis kasutatav läbimõõt. Kõiki neid kolme tüüpi puitbiomassi saab kasutada energiaks.

Enamasti teatatakse statistikas kasvava metsa varu, mis on kõigi rinnakõrguselt (või tugijuurte kohalt, kui need on kõrgemad) vähemalt 10 cm läbimõõduga elavate puude koore pealt mõõdetud maht. See hõlmab tüve maapinnast kuni lõpuläbimõõduni 0 cm, oksad välja arvatud. See määratlus hõlmab vähem, kui maapealse biomassi mõiste, aga vastab puude põhiosale, mis üles töötatakse ja turustatakse. Lisaks sellele hinnatakse enamikes metsaseiretes seda täpsemalt kui biomassi, kuigi riiklikud metsaseired võivad kohaldada veidi erinevaid rinnakõrguselt mõõdetava miinimumläbimõõdu ja ladva läbimõõdu künniste väärtusi; see muudab väärtuste võrdlemise keerulisemaks.

Peale biomassi ja kasvava metsa varu on vaja lisanäitajaid, et mõista, kui palju biomassi on ressursse ammendamata pikaajaliselt kättesaadav. Aastane netojuurdekasv (NAI; Forest Europe, 2015) on keskmine aastase kogujuurdekasvu maht antud võrdlusperioodi jooksul, millest on maha arvatud kõiki puid puudutav looduslik kadu, mõõdetuna samade miinimumläbimõõtudena, nagu kasutatakse kasvava metsa varu defineerimiseks. NAId kasutatakse tavaliselt mõõdikuna raietega võrdlemisel (vt allpool ja 3. peatükki). Aastane kogujuurdekasv (gross annual increment, GAI; Forest Europe, 2015) on keskmine kõigi puude aastase juurdekasvu maht võrdlusperioodil, mõõdetuna samade miinimumläbimõõtudena, nagu on defineeritud kasvava metsa varu jaoks. See hõlmab ka võrdlusperioodi jooksul raiutud või surnud puude juurdekasvu.

Raie defineeritakse kui keskmine kõigi mingil kindlal võrdlusperioodil langetatavate elus või surnud seisvate puude maht mõõdetuna kasvava metsa varu jaoks määratletud koorega miinimumläbimõõduna. See hõlmab puude või puude osade mahtu, mida metsast, muult metsamaalt või muult raiealalt ära ei veeta (Forest Europe, 2015). Mõiste hõlmab metsanduslikku ja kommertskasutuse eelset harvendamist ja valgustusraiet, mis jäetakse metsa, samuti taastatavat (ülestöötatavat) looduslikku kadu. Kuna ülestöötatud looduslikku kadu võetakse arvesse, tuleks raiete võrdlemisel NAIga seda arvesse võtta, et hinnata metsa majandamise säästlikkust. Looduslike kadude äravedu teatatakse ka Forest Europe'ile (näitaja 3.1), et võimaldada võrdlust.

Pangem tähele, et aastast kogujuurdekasvu, aastast netojuurdekasvu ja raiet hinnatakse kõiki koore pealt mõõdetud kasvava metsa varuna, mis seetõttu võimaldab otseseid võrdlusi. See erineb allpool toodud puidutootemõistetest ja eelkõige ülestöötatud ümarpuidust, mis tavaliselt teatatakse koore alt mõõdetuna (s.t. välja arvatud koor) ning hõlmab okstest ja kändudest tehtud tooteid. Nende arvude võrdlemise võimaldamiseks on vaja ümberarvestuskoefitsiente.

2.1.2 Puidutoodetega seotud mõisted

Energiaks kasutatava puitbiomassi pakkumine on lahutamatult seotud puidu pakkumise ja ümbertöötamisega materjalikasutuseks. Seetõttu peab energiaks kasutatava puitbiomassi analüüs arvestama kõigiks otstarveteks, kaasa arvatud puidutoodeteks kasutatavat puitbiomassi. Enamik selles aruandes kasutatud puidutoodete mõistetest lahknevad ühises metsasektori küsitluses (Eurostat et al., 2017) kasutatud terminoloogiast. Vajaminev töö hõlmab eri andmeallikate

kokkupanemist, mõnede tootekategooriate koondamist ja mõnede toodete kohta (nt mustleelise kohta) hinnangute esitamist. Seetõttu võib selles aruandes kasutatav terminoloogia erineda algsetes andmeallikates kasutatud mõistetest. Allpool toodud mõisted on kasutusel selles aruandes.

Äraveod võtavad arvesse kõikide raiutud ja metsast, muult metsamaalt või muudest raiumiskohtadest ära veetud elavate või surnud puude mahtu. Need hõlmavad taastatavaid (s.t. ülestöötatavaid) looduslikke kadusid, varasema perioodi jooksul langetatud puidu äravedusid aasta jooksul, mittetüvepuidu nagu kännud ja oksad (kui neid kogutakse) äravedusid ning looduslikel põhjustel, nt põlengu, tuule mõjul kõveraks kasvamise, putukate ja haiguste tõttu hukkunud või kahjustunud puude (s.t. looduslikud kadude) äravedu. Oluline on märkida, et see hõlmab äravedusid kõigist allikatest riigis, kaasa arvatud avalikud, era- ja mitteametlikud allikad. Selle hulka ei kuulu muu mittepuitbiomass ja mis tahes puit, mida ära ei veeta, nt. kännud, oksad ja puuladvad (kui neid ei koguta) ja raiejäägid. Koor jäetakse tavaliselt äraveostatistikast välja.

Päästeraied on mis tahes ülestöötamised, mille sisuks on koguda veel (vähemalt osaliselt) kasutukõlblikku puitu maa-aladelt, mida on mõjutanud looduslikud häiringud (allikas: EL 2013.); looduslikeks häiringuteks nimetatakse metsa elujõudu ja tootlikkust kahjulikult mõjutava mis tahes teguri (biootilise või abiootilise) tekitatud kahjustusi, mis ei ole inimtegevuse otsene tulemus (FAO 2018). Päästeraie on äravedude osa. See hõlmab nii surnud puude (mis kuuluvad looduslike kadudena teatatava teabe hulka) kui ka eluspuude (kasvava metsa varu osa) äravedu, et vältida haiguste või kahjurite levikut.

Ümarpuidu hulka kuulub kogu koorega või kooreta äraveetud puit, sealhulgas puit, mis on ära veetud ümaral kujul või lõhestatult või jämedalt tükeldatult või muul kujul (nt okste, juurte, kändude ja pahkadena (kui neid kogutakse)), ja jämedalt töödeldud või teravaotsaliseks tehtud puit. See on üldtermin, mis viitab puitkütusele, kaasa arvatud söe tootmiseks kasutatav puit ja tööstuslik ümarpuit. Kogu ümarpuidule viidatakse ka kui esmasele puidule või esmasele puitbiomassile.

Küttepuit on ümarpuit, mida kasutatakse kütusena energia otstarbel näiteks toidu valmistamisel, kütmisel või elektri tootmisel. See hõlmab põhitüvedest, okstest ja muudest puu osadest saadud puitu (kui need on raiutud kütuse saamiseks), ümar või lõhestatud, ning puitu, mida kasutatakse söe (nt põletusahjudes ja kaasaskantavates ahjudes), puidugraanulite ja muude pressitud toodete tootmiseks. Samuti hõlmab see kütuseks kasutatavat hakkpuitu, mis valmistatakse otse (s.t. metsas) ümarpuidust. Selle hulka ei kuulu puusüsi, graanulid ja muid pressitud tooteid.

Tööstuslik ümarpuit vastab kogu ümarpuidule, välja arvatud küttepuit. See hõlmab saepalke ja vineeripakkusid; puidumassi, ümar ja lõhestatud; ja muud tööstuslikku ümarpuitu. Nagu 3. peatükis kirjeldatud, võib tööstuslik ümarpuit, ehkki see on tavaliselt mõeldud puidupõhiste toodete tootmiseks kasutamiseks, mõnikord lõpuks kütuseks saada.

Teisene puitbiomass hõlmab kogu puitbiomassi, mis on saadud eelnevast töötlemisest vähemalt ühes tööstuses. See hõlmab tahkeid kõrvalsaadusi nagu hakkpuit ja laastud, muid kõrvalsaadusi nagu mustleelis, koor ja pärast tarbimist ringlusse võetud puit.

Puitbiomassi üks iseärasus on see, et enamikku raiumis- ja töötlemisprotsesside kõrvalsaadusi saab kasutada mitmeks eri otstarbeks, mis suurendab langetatud biomassi kasutamise tõhusust. Lisaks saab paljusid puidupõhiseid tooteid nende olelusringi lõpus ringlusse võtta või korduskasutada. Nende iseärasuste väärtustamiseks nimetame ja hindame puitbiomassi kaskaadkasutust. Selles aruandes tähistab kaskaadkasutus ressursside tõhusat ärakasutamist kõrvalsaaduste ja ringlussevõetud materjalide materjalikasutuseks tarvitamise teel, et laiendada biomassi koguhulga kättesaadavust konkreetse süsteemi sees (kohandatud Vis el al. 2016).

Need ja teised puidutoodetega seotud terminid on toodud selle aruande lõpus olevas sõnastikus.

2.1.3 Energiatoodetega seotud mõisted

Tahked biokütused hõlmavad bioloogilise päritoluga orgaanilist mittefossiilset materjali, mida saab kasutada kütusena soojuse ja elektri tootmiseks. Pangem tähele, et biokütuste toormete puhul kaasatakse energiastatistikasse üksnes konkreetselt energia otstarbel kasutatavad kogused. Seetõttu biokütuste kasutamist muuks kui energiaks arvesse ei võeta ja kogused on olemuselt null.

Esmased tahked biokütused on defineeritud kui mis tahes taimne materjal, mida kasutatakse otse kütusena või viiakse enne põletamist üle muule kujule. See katab suurt hulka puitmaterjale, mis toodetakse tööstusprotsessides või saadakse otse metsandusest ja põllumajandusest (küttepuit, hakkpuit, koor, saepuru, peenlaastud, laastud, sulfitleelis, tuntud ka kui mustleelis, loomsed materjalid/jäätmed ja muud tahked biokütused). Süsi sellesse kategooriasse ei kuulu.

Puidugraanulid on pressitud tooted, mis on valmistatud otseselt kokkusurumise teel või siduva aine lisamisega vahekorras, mis ei ületa 3% massist. Graanulid on silindrikujulised, nende läbimõõt on kuni 25 mm ja pikkus kuni 100 mm.

Termin 'm**uud pressitud tooted**' **on termin, mida kasutatakse pressitud toodete kohta, mis ei ole graanulid, nagu näiteks brikett või ümarbrikett. Puidugraanulid ja muud pressitud tooted teatatakse sageli koos, kusjuures muud pressitud tooted on tavaliselt väiksem osa.**

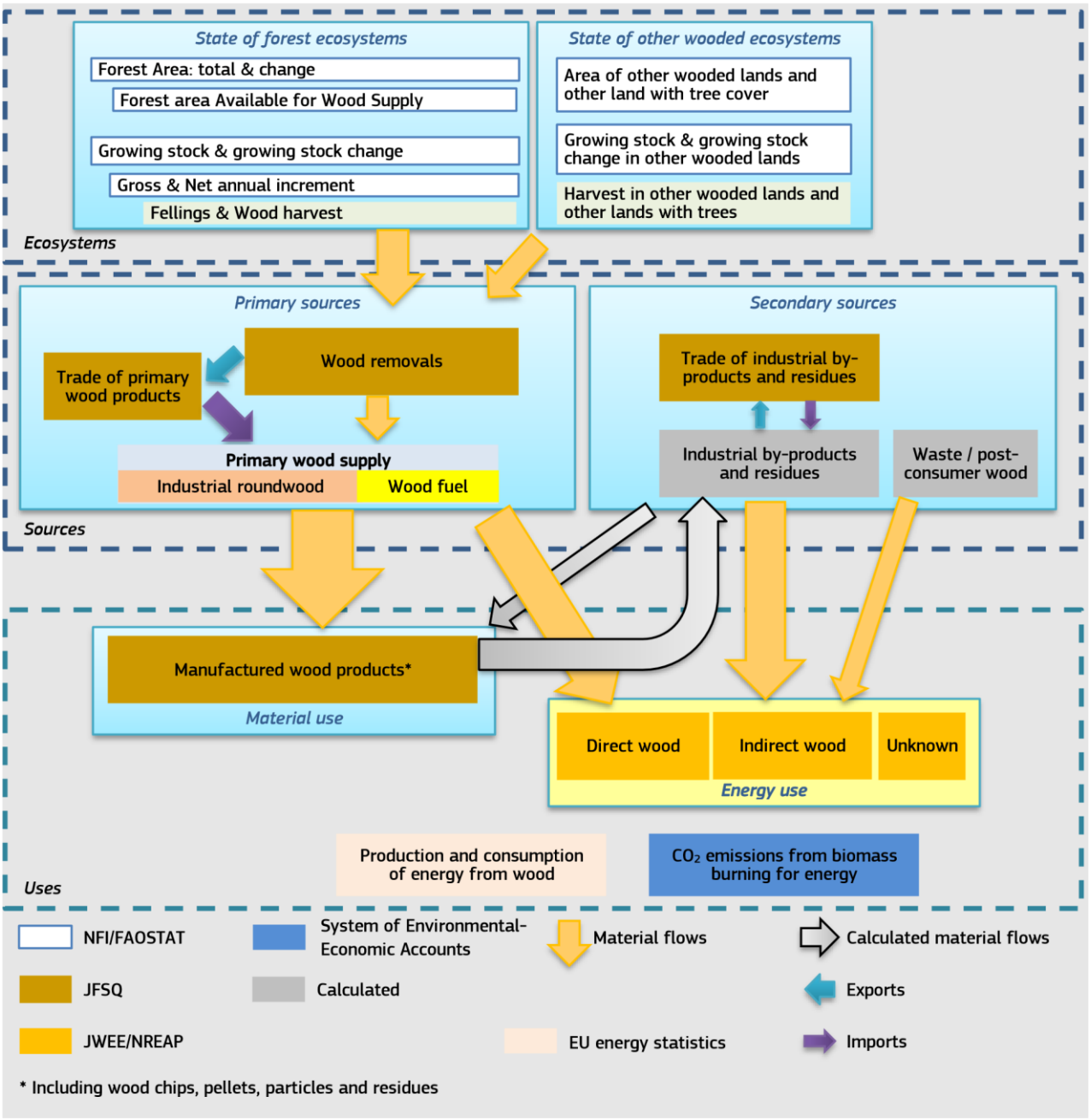
Mustleelis on keemilise ja poolkeemilise tselluloositootmise kõrvalsaadus.

Need ja teised energiatoodetele viitavad terminid on toodud selle aruande lõpus olevas sõnastikus.

2.2 Andmestikud puitbiomassi ja selle energiaks kasutamise kohta

Puitbiomassi kasutamine energiaks toimub keerukas raamistikus, kus metsapõhine sektor ja selle üldine dünaamika on osaliselt energia pakkuja poliitikakontekstis, mille eesmärk on vähendada mittetaastuva energia kasutamist ja kasvuhoonegaasi heitkoguseid. Nende erinevate aspektide analüüsimiseks tuleb kasutada mitmesugused andmestikke.

Joonis 1 kujutab süsteemi keerukust ja peamisi andmeallikaid, mida selles lõigus analüüsitakse. Energiaks kasutatav puitbiomass on üks kasutuste kategooria. Üldine energeetikastatistika annab teavet üleüldisest energiaallikate kombinatsioonist, sealhulgas biomassi energiaks kasutamisest. Mõningal määral saab puidu põletamisest pärinevaid kasvuhoonegaasi heitkoguseid tuvastada keskkonnaarvestustest. Need annavad pildi kasutuse poole pealt, aga ei võimalda hästi mõista, kuidas need kasutused ning metsade ja teiste puitu andvate ökosüsteemide majandamine omavahel suhestuvad. Ühine puiduenergia küsitlus (JWEE) ja riikliku taastuvenergia tegevuskava (NREAP) vahearuanded esitavad üksikasjalikult puitbiomassi päritolu, kas otse metsast või metsapõhistest tööstustest. JWEE teatab ka puidu bioenergiaks kasutamistest ja ühildab need biomassi allikatega. Ühine metsasektori küsitlus (Joint Forest Sector Questionnaire, JFSQ) võimaldab siduda energiaks kasutatava puitbiomassi hinnangud puitbiomassi allikatega, võttes arvesse sünergiaid ning energiaks ja materjaliks kasutamise vahelist konkurentsi. Viimasena, Forest Europe'is, FAOSTATis ja riiklikes metsaseiretes avaldatavad andmed aitavad hinnata survet metsa ökosüsteemidele, mis tuleneb puitbiomassi esmaste allikate pakkumisest. Siiski, neid seoseid ülevaadete vahel ei saa luua otsejoones, kuna ülevaadetel on erinevad algeesmärgid ja seetõttu kasutavad nad mitmesuguseid mõisteid ja teatamisühikuid. Selgitame siin, kuidas andmeid ühtlustati, et anda ammendavat teavet.



Joonis 1. Teabeallikad puitbiomassi puidu väärtusahelas energia tootmiseks kasutamise analüüsimiseks

State of forest ecosystems – Metsa ökosüsteemide seisund; Forest Area: total&change – Metsa pindala: kokku&muutus; Forest area Available for Wood Supply – Puidu varumiseks kasutatav mets; Growing Stock & growing stock change – Kasvav mets & kasvava metsa muutus; Gross&Net annual increment – Aastane kogu- & netojuurdekasv; Fellings & Wood harvest – Raie & metsa ülestöötamine; State of other wooded ecosystems – Muude metsastunud ökosüsteemide seisund; Area of other wooded lands and other land with tree cover – Muude metsastunud maade ja muude puude ja põõsastega kaetud maade pindala; Growing stock & growing stock change in other wooded lands – Kasvav mets ja kasvava metsa muutus muudel metsastunud maadel; Harvest in other wooded lands and other lands with trees – Ülestöötamine muudel metsastunud maadel ja muudel puudega maadel; Ecosystems – Ökosüsteemid; Primary sources – Esmased allikad; Trade of primary wood products – Esmaste puittoodetega kauplemine; Wood removals – Puidu väljavedu; Primary wood supply – Esmane puiduvaru; Industrial roundwood – Tööstuslik ümarpuit; Wood fuel – Küttepuit; Secondary sources – Teisesed allikad; Trade of industrial by-products and residues – Tööstuslike kõrvalsaaduste ja jääkidega kauplemine; Industrial by-products and residues – Tööstuslikud kõrvalsaadused ja jäägid; Waste / post-consumer wood – Jäätmed / tarbimisjärgne puit; Manufactures wood products – Valmistatud puittooted; Material use – Materjalikasutus; Direct wood – Otsene puit; Indirect wood – Kaudne puit; Unknown – Teadmata; Energy use – Energiakasutus; Uses – Kasutusalad; Production and consumption of energy from wood – Puidust saadud energia tootmine ja tarbimine; CO_2 emissions from biomass burning for energy – CO_2 heited biomassi energia saamiseks põletamisest; System of Environmental-Economic Accounts – Keskkonnamajandusliku

arvepidamise süsteem; Calculated – Arvutatud; Material flows – Materjalivood; EU energy statistics – ELi energeetikastatistika; Calculated material flows – Arvutatud materjalivood; Exports – Eksport; Imports – Import; Including wood chips, pellets, particles and residues – Sealhulgas puitlaastud, graanulid, tükikesed ja jäägid

2.2.1 Teave metsa ökosüsteemide ja nende säästva majandamise kohta

Euroopa metsi vaadatakse perioodiliselt üle Forest Europe'i raames, mis on Euroopa metsade kaitset käsitlev ministrite konverentsi (MCPFE) nimetus alates 1990. aastast. Liaison unit toetab suurt rühma riikide ja rahvusvahelisi eksperte, kes arvutavad välja ja analüüsivad 35 kvantitatiivsest ja 12 kvalitatiivsest näitajast koosnevat komplekti. 35 kvantitatiivsest näitajast tulevad 7 ühisest metsaressursside küsitlusest (Collaborative Forest Resources Questionnaire, CFRQ), mida juhib FAO ja mida kasutatakse ülemaailmse metsaressursside hindamise (Global Forest Resource assessment, FRA) ettevalmistamiseks, 21 tulevad ühisest FOREST EUROPE/UNECE/FAO üle-euroopaliste metsa säästva majandamise kvantitatiivsete näitajate küsimustikust (Questionnaire on Pan-European Quantitative Indicators for Sustainable Forest Management) ja 7 rahvusvahelistelt andmeesitajatelt (kes teatavad algteavet või teavet muudest küsitlustest nagu JWEE). Küsimustikud, millele osalevad riigid vastavad, sisaldavad näitajaid ja selgitusi nende hindamise kohta. Kõige viimased praegu kättesaadavad andmebaasid on MCPFE 2015-st (Forest Europe 2015), välja arvatud CFRQ, mille kohta avaldatakse 2020. aasta tulemused (FAO 2020). Ettevalmistusena järgmiseks Forest Europe'i ministrite konverentsiks 2021. aastal Bratislavas on välja antud uus Euroopa metsade seisukord 2020, mis näitab viimase aja suundumusi (Forest Europe, 2020). Forest Europe'is teatatud kvantitatiivsed näitajad on kättesaadavad Forest Europe'i andmebaasis [4] (praegused andmed pärinevad the State of Europe's Forests 2015). Teabe alamhulgad on kättesaadavad ka UNECEst[5], FAOst[6] ja Eurostatist[7].

Forest Europe annab ligipääsu ainulaadsele andmestikule, mis kajastab säästlikkuse keskkondlikku, majanduslikku ja sotsiaalset sammast, samuti puidu väärtusahelat esmasest tootmisest kuni esimese ümbertöötlemiseni. Küsimustikes riikide ekspertide teatatud andmed tulevad riiklikest metsainventeerimistest, statistikaametitest, metsamajandajatelt ja ametitelt, samuti rahvusvahelistest organisatsioonidest. Neid andmeid on kohandatud, et ühildada erinevusi mõistetes, nt mets ja kasvava metsa varu (Vidal et al. 2008), ja aruandeaastates.

Euroopa metsade seisukorras (Forest Europe 2020) esitatud joonised annavad ülevaate metsade säästvast majandamisest Euroopas vastavalt 6 kriteeriumile, lühidalt: metsaressursside seisukord, ökosüsteemi tervis ja elujõulisus, puidu tootmine, mittepuidutooted ja turustatavad teenused, bioloogiline mitmekesisus, kaitsefunktsioon, samuti muud sotsiaalmajanduslikud funktsioonid. Aruanne esitleb selliseid näitajaid nagu metsaala, süsinikuvaru, kasvav mets liikide kaupa, aastased kogu- ja netojuurdekasvud ning raied, samuti paljud metsa elurikkuse tunnused, nende terviseseisund, nende suutlikkus ökosüsteemi teenuseid pakkuda, kaasa arvatud puit, mittepuidust metsatooted, turustatavad ja mõned mitteturustatavad teenused. Säästlikkuse majanduslikku ja sotsiaalset mõõdet uuritakse mitte ainult metsades, vaid ka esmase ümbertöötlemise sektorites.

Euroopa metsade seisukord 2020 näitab näiteks, et ümarpuidu kasutamine suurenes kogustes ja väärtustes 1990. kuni 2015. aastani, kusjuures 2010. aasta paiku kogused veidi muutusid (näitaja 3.2). Seda suurenemist täheldati siiski piiratud arvu riikide puhul, kes selle näitaja jaoks aegrida

[4] Forest Europe andmebaas: https://foresteurope.org/state-europes-forests-2015-report/#1476295991324493cec85-134b (accessed 4.1.2021)

[5] UNECE metsaandmebaas https://w3.unece.org/PXWeb2015/pxweb/en/STAT/STAT__26-TMSTAT1/ (accessed 1.12.2020)

[6] FRA andmebaas https://fra-data.fao.org/ (accessed 1.12.2020)

[7] https://ec.europa.eu/eurostat/web/forestry/data/database (accessed 1.12.2020)

pakkusid. 2009. ja 2013. aasta vahel teatati puitkütuse kasutamise suurenemisest (näitaja 6.9: energia puiduressurssidest) kui peamisest stiimulist ümarpuidu kasutuste suurenemisel aruandeid esitavates riikides. ELi kaetus selle näitaja kohta ei ületa 51% kogu ELi populatsioonist.

Andmete täielikkus on peamine piirav tegur puidu kasutuste üksikasjalikul analüüsimisel ELis. Näiteks raiemäära puhul (raiete ja aastase netojuurdekasvu suhe, mida peetakse üheks raie säästlikkuse hindamise kriteeriumiks[8]) on 2010. aasta kohta kättesaadavad 24 ELi riigi andmed ja ajavahemiku 2000–2010 kohta kõigest 18 ELi riigi andmed. Pealegi võivad isegi 2020. aasta aruandes mõned andmed juba aegunud olla. Näiteks näitaja 6.9 (energia puiduressurssidest) arvutati ühise puiduenergia küsitluse väljaande põhjal, mis sisaldas andmeid kuni 2015. aastani ja millele vastasid 19 ELi riiki. Euroopa metsade seisukorra **arve kasutatakse selles aruandes kontekstteabe andmiseks, aga mitte üksikasjalike arvutuste tegemiseks.**

Euroopas on esmased teabeallikad metsade, nende ulatuse, nende elurikkuse ja nende suutlikkuse kohta puitu pakkuda riiklikud metsaseired (NFI), mida iga ELi liikmesriik läbi viib (Tomppo et al. 2010). Igas NFI-s kohandatakse tunnuste nimekirja, mõisteid ja metoodikat iga riigi ja selle metsatüüpide kontekstile. Seetõttu ei pruugi andmed olla võrreldavad. Euroopas on viimasel ajal tehtud mitu jõupingutust andmeid ühtlustada (vt 4. peatükk, Gschwantner et al. 2009; Alberdi et al. 2016; Gschwantner et al. 2019) ja osa neist jõupingutustest on saanud toetust JRC-lt ja on lõimitud sellesse aruandesse. Kahjuks on ühtlustatud andmed siiani kättesaadavad vaid piiratud arvu muutujate kohta. Metsade ja puidu varumiseks kasutatavate metsade pindala, mida kasutati metsast saadava biomassi, samuti aastase netojuurdekasvu (NAI) hindamiseks lõigus 3.2, on tuletatud Euroopa metsade seisukorrast 2015 (Forest Europe. 2015). Teisalt, maapealset puitbiomassi hinnati sõltumatult JRC ja NFI vahelise kauaaegse koostöö kontekstis, ühtlustades üksikasjalikke riikide andmeid. Lähemad üksikasjad koostöö kohta NFI-ga on toodud 4. peatükis. Täielike andmeridade rekonstrueerimiseks ja puitbiomassi kategooriate üksikasjaliku jaotuse tuletamiseks kasutasime ka modelleerimistehnikaid nagu need, mis on esitatud uurimuses Pilli et al. 2017.

Euroopa metsateabesüsteemi (Forest Information System for Europe, FISE), mida küll selle aruande puhul seda otseselt ei kasutata, mainitakse siinkohal, kuna sellest on saamas oluline teabeallikas metsaga seotud andmete kohta Euroopas. FISE-t arendatakse Euroopa Komisjoni talituste ja Euroopa Keskkonnaagentuuri (EEA) vahelises partnerluses. See on ainulaadne teabearhiiv Euroopa metsade[9] kohta. FISE platvorm annab praegu ligipääsu ja lingid riigi tasandil teabele, ja eelkõige Euroopa metsaseire andmetele, mida riigid annavad. Samuti on see ühendatud rahvusvaheliste protsessidega, mis koguvad või panevad kokku andmeid metsade kohta, nagu FAO ülemaailmsed metsaressursside hindamised (Global Forest Resources Assessments), Forest Europe, Euroopa metsade geneetiliste ressursside programm (European Forest Genetic Resources Programme), metsadele õhusaastest tingitud mõju hindamise ja seire rahvusvaheline koostööprogramm (International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests, ICP-Forests), Global Forest Watch ja Euroopa Metsainstituut (European Forest Institute, EFI). FISE esitab andmeid nii, nagu nad on, paljude üksikasjadega, nii et teavet saab kasutada teadusuuringu eesmärgil ja selleks, et anda poliitikatele hea arusaamine teadmiste hetkeseisust ja lünkadest. Selle aruande puhul ei saanud aga seda allikat kasutada, kuna praeguses seisus ei ole andmestikud piisavalt ühtlustatud sellisel üksikasjade tasandil, nagu on vajalik, et analüüsida energiaks kasutatava puitbiomassi pakkumist ELi tasandil.

[8] See arv on tavaliselt alla 100%. 100% ületavat raiemäära ei peeta mittesäästlikuks, kui see tuleneb erakordsetest raietest, mille põhjuseks on katastroofilised sündmused nagu torm.

[9] https://forest.eea.europa.eu/

2.2.2 Energiastatistika ja keskkonnaarvestused: kontekstandmed

Euroopa Liidus kogutakse energia pakkumise ja kasutamise statistikat standardküsimustikega vastavalt Euroopa Parlamendi ja nõukogu määruse (EÜ) nr 1099/2008, 22. oktoober 2008, energiastatistika kohta lisale B. Enamus hinnanguid teatatakse energiakogustes (nagu teradžauli, TJ või naftaekvivalendi tonni (tons of oil equivalent, toe)). Tahkete biokütusete puhul hinnatakse koguseid, kasutades netoküttevääртust.

Eurostati välja antud tabel „Taastuvenergiaallikate ja jäätmete varu, ümbertöötlemine ja tarbimine“[10] esitab andmeid kohaliku energiatootmise kohta vastavalt kategooriatest „Küttepuit, puidujäägid ja kõrvalsaadused“ ja „Puidugraanulid“. Lisaks teatatakse energiavood[11] koondtasandil kategooria all „Esmased tahked biokütused“, mis hõlmab puitu ja mustleelist, samuti suhkruroo pressimisjäätmeid, loomseid jäätmeid, muud taimset materjali ja jääkmaterjali ning tööstusjäätmeid. Piiratud üksikasjalikkuse tõttu saab seda statistikat kasutada uurimuse konteksti asetamiseks, aga see ei sobi aruandes tehtava biomassi kasutuste üksikasjaliku analüüsi toetamiseks.

Keskkonnaarvestused (ÜRO 2014) seostavad omavahel majanduse toimimise, energiatarbimise, kaasa arvatud bioenergia, ja kasvuhoonegaaside heitkogused.

Füüsiliste energiavoogude aruannetes (physical energy flow accounts, PEFA) kirjeldatakse energiavoogusid (kaasa arvatud energeetikatoodete tootmiseks kasutatavad looduslikud sisendid ja energeetika jääkmaterjalid) keskkonnast majandusse, majanduse sees ja majandusest keskkonda. Need arvestused koostatakse liikmesriikides ja teatatakse Eurostatile, kes arvutavad arvestused ELi kohta alates 2014. aastast.

Õhuheitmete arvepidamine (air emissions accounts, AEA) dokumenteerib kuue kasvuhoonegaasi, sealhulgas CO_2 ja kütusena kasutatavast biomassist pärineva süsinikdioksiidi (CO_2_Bio), ja seitsme õhusaasteaine atmosfääri paisatavaid heitkoguseid. AEA pakub jaotusi 64 heitmeid tekitava tööstuse kaupa, lisaks majapidamised ja riikide arvepidamiste residentsuse põhimõttega kooskõlas olev kajastus. Neid arvestusi annavad ka liikmesriigid Eurostatile.

Arvestused võimaldavad tõsta esile peamisi kasutajaid, kes puitu, kõrvalsaadusi ja puidujääke kasutavad. Siiski, need andmestikud ei võimalda tuvastada energiaks kasutatava puitbiomassi algpäritolu ega seost metsapõhise sektori ja metsa säästva majandamisega. Energiaks kasutatavate puidu tüüpide ja puidutoodete ning koguste kohta lähemate üksikasjade saamiseks on vaja lisateavet.

2.2.3 Energiaks kasutatava puitbiomassi kogused ja allikad

Ühine puiduenergia küsitlus (JWEE) ja riikliku taastuvenergia tegevuskava (NREAP) vahearuanded annavad teavet puitbiomassi energiaks pakkumise ja kasutamise hinnanguliste koguste (kaalu maht) kohta.

JWEE on rahvusvaheline ülevaade, mis kogub riikide statistikat puiduenergia allikate ja kasutuste kohta UNECE riikides. UNECE/FAO metsandus- ja puidusektsioon kogub ja analüüsib teavet koostöös Rahvusvahelise Energiaagentuuri (IEA), Toidu- ja Põllumajandusorganisatsiooni (FAO) ja Euroopa Komisjoniga (EC). Andmeid on kogutud iga kahe aasta järel alates 2007. aastast. Kõige viimased avalikult kättesaadavad andmestikud pärinevad JWEE 2015-st. See hõlmab vastuseid 32 riigist, sealhulgas 20 ELi liikmesriigist ja Ühendkuningriigist. 2019. aasta märtsi seisuga oli JWEE 2017-le vastanud 29 riiki, sealhulgas 14 ELi liikmesriiki. Andmete kogumine ja kontrollimine veel kestab ja seetõttu ei ole andmed selle aruande jaoks kättesaadavad.

[10] Tabel *nrg_cb_rw*: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/nrg_cb_rw/default/table?lang=en

[11] Table nrg_bal_sd: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/nrg_bal_sd/default/table?lang=en

JWEE-s teatatakse puitbiomassi kasutamine energiaks majandusvaldkodade ja biomassi tüüpide kaupa. Arvud teatatakse tavaliselt kuivaine tonnides, välja arvatud vedelkütuste puhul (tonnides). Need teisendatakse vajadusel kuupmeetriteks ja energiasisalduseks, kasutades riikide ekspertide täidetavasse JWEE vormi integreeritud koefitsiente. JWEE hõlmab ka mõningast teavet puitbiomassi allikate kohta, mis võetakse ühisest metsasektori küsitlusest (JFSQ, vt lõik 2.2.4). Kuna kõik liikmesriigid ei vasta JWEE-le, on vaja täiendavaid teabeallikaid puiduenergia kohta.

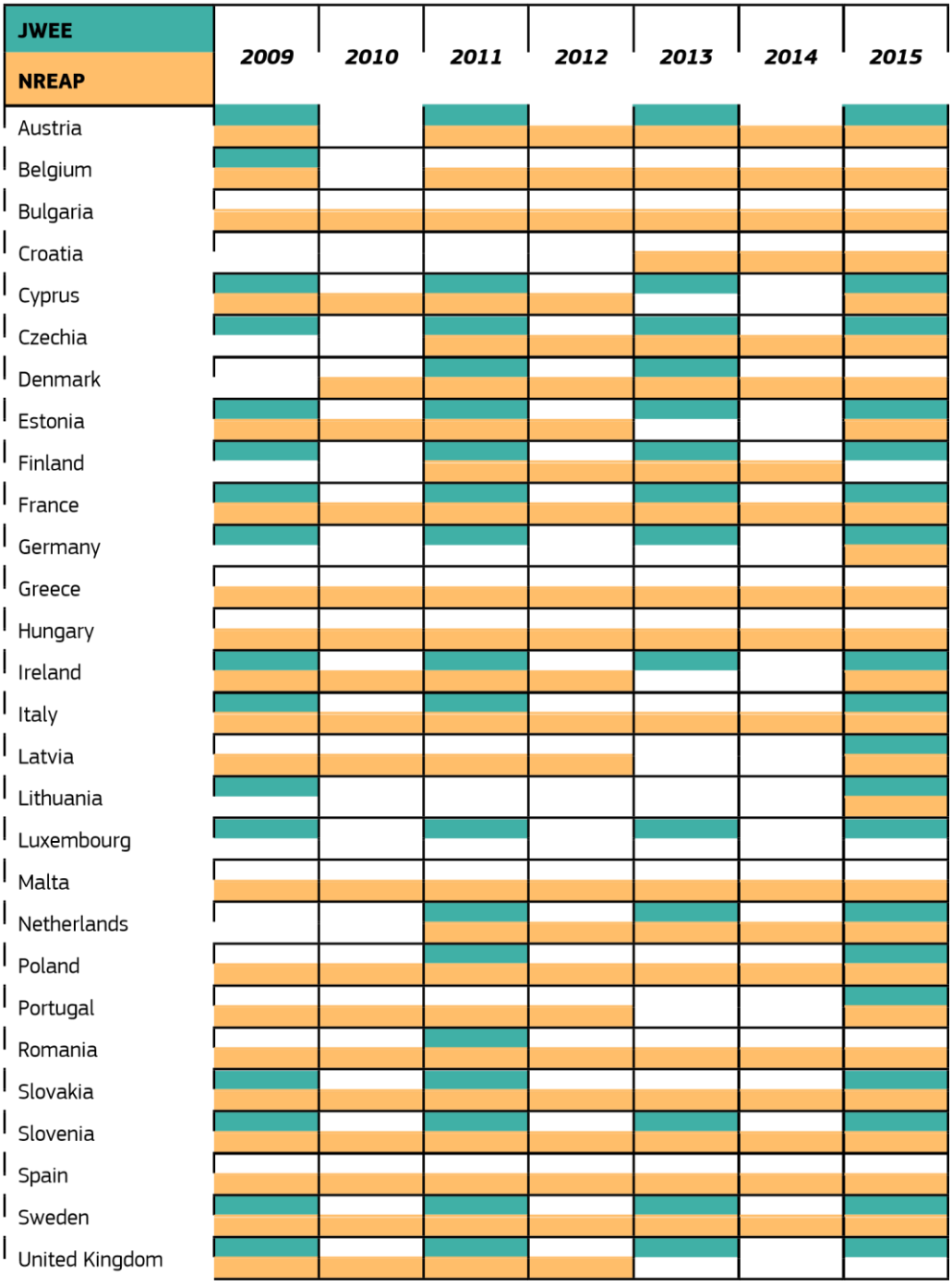
JWEE küsimustikus nõutava suure üksikasjalikkuse tõttu toetuvad riigid sellele vastamiseks mitmesugustele allikatele, mis viib erinevate ühikute kasutamiseni. Vastajate esitatud riigipõhiseid ümberarvestustegureid kasutatakse algsetest teatatud ühikutest üldisesse meetermõõdustikku ümber arvestamiseks. Neid ümberarvestustegureid 2015. aasta väljaandes ei avalikustatud. Siiski, tulemused esitatakse ka kokkuvõetud vormis (niinimetatud „riigiprofiilid"), mis teatab statistika, kuupmeetrites täispuidu mahus, mis on summeeritud nelja allikakategooria (otsene, kaudne, taaskasutatud, täpsustamata) ja nelja kasutuskategooria (elekter ja soojus, tööstuslik, elamu, muu) kaupa kõigi aastata kohta, mille kohta teave on kättesaadav. Seda andmestikku on kasutatud puiduressursibilansside hindamiseks, mida kirjeldatakse lähemalt 3. peatükis. Vabatahtliku harjutusena ei saa JWEE anda täielikku pilti UNECE piirkonnast ega EList (vt tabel 1). Täiendava andmeallikana puiduenergia kohta vaatasime vahearuandeid, mida kõik ELi liikmesriigid on kohustatud riiklike taastuvenergia tegevuskavade (NREAP) kohta esitama.

Kõik ELi liikmesriigid (MS) esitavad NREAP vahearuande, nagu nõuab taastuvenergiadirektiivi 2009/28/EÜ, 23. aprill 2009, taastuvate energiaallikate kohta artikkel 4. Iga vahearuanne esitab üksikasjaliku tegevuskava, kuidas liikmesriik kavatseb saavutada oma õiguslikult siduva 2020. aasta eesmärgi taastuvenergia osakaalu kohta tema energia kogutarbimises. Igal teisel aastal esitavad nad üksikasjad taastuvatest allikatest saadud energia tegeliku hulga kohta kõigi aastate kohta. Eelkõige palutakse liikmesriikidel anda hinnang energiaks kasutatud puitbiomassi pakkumise kohta kategooriate kaupa (otsene, kaudne, riigisisene, imporditud) kuupmeetrites.

Need NREAP vahearuanded kajastavad kõiki ELi liikmesriike ja kõiki aastaid, samas kui JWEE sisaldab teavet vähemate riikide ja üksnes paaritute aastate kohta (tabel 1). Siiski, NREAP vahearuanded ei anna piisavalt teavet, et analüüsida puitbiomassi kasutamist energiaks EL-is üksikasjalikult. Pealegi ei järgi liikmesriigid alati rangelt etteantud malli, nii et kasutatakse erisuguseid mõisteid ja sageli tekib probleeme ühikute teisendamistega. Seal kus see oli teostatav, oleme püüdnud ära näidata lühikese raieringiga madalmetsad, mis teatatakse eraldi üksusena.

Väärib märkimist, et JWEE and NREAP andmed, kui need on üheaegselt kättesaadavad, näitavad arvestatavaid erinevusi, kuni mõne miljoni m^3-ni riigi tasandil.

Tabel 1. JWEE (roheline) ja NREAP (oranž) andmete kättesaadavus puitbiomassist saadava energia analüüsimiseks EL-27 liikmesriikides ja ÜKs.



Austria; Belgia; Bulgaaria; Horvaatia, Küpros; Tšehhi; Taani; Eesti; Soome; Prantsusmaa; Saksamaa, Kreeka; Ungari; Iirimaa; Itaalia; Läti; Leedu; Luksemburg; Malta; Holland; Poola; Portugal; Rumeenia; Slovakkia; Sloveenia; Hispaania; Rootsi; Ühendkuningriik

Otsus, millist andmestikku iga liikmesriigi puhul kasutada (vt tabel 2), põhines järgmistel otsustamisreeglitel:

— **kasutada ainult üht energiaandmete allikat sama riigi kohta erinevatel aastatel;**

— **selgelt eelistatakse JWEE-d, kui võimalik, ühtlustatud ühikute, samuti suurema üksikasjalikkuse tõttu;**

— **võimalus interpoleerida aegridasid, eelistades lühikesi andmelünki;**

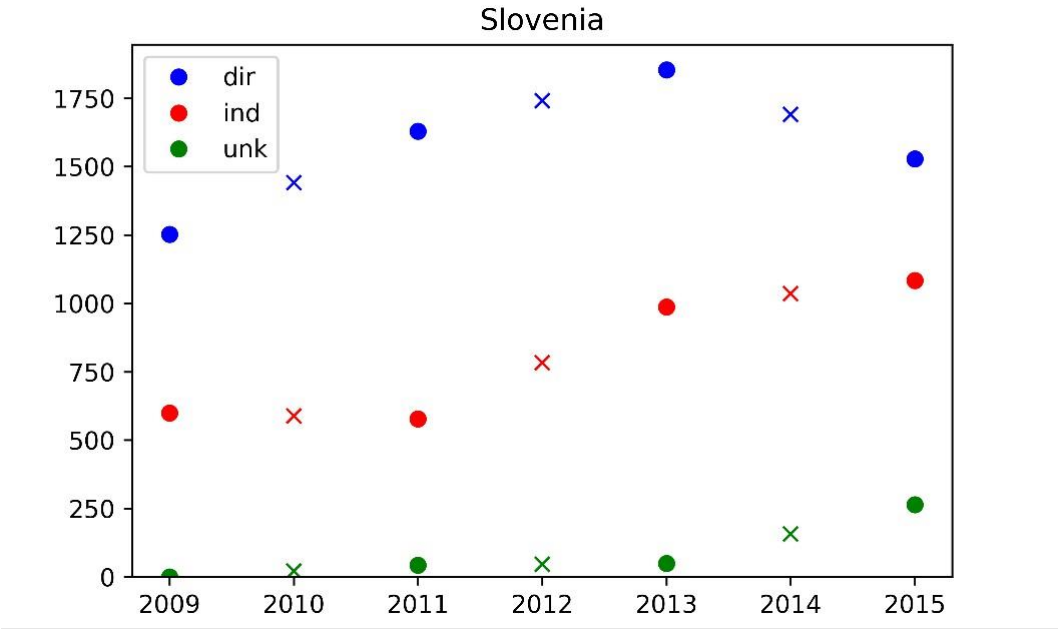
— **ümberarvestustegurite kättesaadavus, et ühtlustada NREAP vahearuande andmeid;**

— **tulemused, mis viivad madalaima tasakaaluvaheni puiduressursibilanssides (WRB).**

Tabel 2. Puiduressursibilansside energiaandmete allikad (tumeroheline: JWEE; heleroheline: JWEE väärtuste vaheline interpolatsioon, oranž: NREAP andmed, heleoranž: NREAP andmete interpolatsioon).

WRB	*2009*	*2010*	*2011*	*2012*	*2013*	*2014*	*2015*
Belgia							
Bulgaaria							
Tšehhi							
Taani							
Saksamaa							
Eesti							
Iirimaa							
Kreeka							
Hispaania							
Prantsusmaa							
Horvaatia							
Itaalia							
Küpros							
Läti							
Leedu							
Luksemburg							
Ungari							
Malta							
Holland							
Austria							
Poola							
Portugal							
Rumeenia							
Sloveenia							
Slovakkia							
Soome							
Rootsi							
Ühendkuningriik							

Kuna JWEE korraldatakse iga kahe aasta tagant, hinnati paarisaastate väärtust lineaarinterpoleerimist kasutades (vt näidet Sloveenia kohta joonisel 2). Seda tehnikat kasutati ka, kui mõne aasta kohta andmed puudusid (nt Lätis, Leedus või Itaalias, vt tabel 2).



Joonis 2. Andmete interpoleerimise näide Sloveenia kohta. Punktid vastavad ühise puiduenergia küsitluse numbritele, ristid tähistavad välja arvutatud numbreid. Ühik: tuhat m³ täispuidu mahtu (dir: otsene/esmane puit, ind: kaudne/teisene puitbiomass, unk: tundmatut liiki puitbiomass).

Ülal esitatu põhjal on selge, et kättesaadavad andmed ei ole kaugeltki täielikud. Vigadel on mitmesuguseid põhjuseid, eelkõige ebajärjekindel ja ebatäielik andmete teatamine. ELi tasandil analüüsimisele liikudes on mõni neist vigadest kumulatiivne, eelkõige alateavitamisega seonduvad vead. 3. peatükis kirjeldatud puiduressursibilansi (WRB) analüüsi käigus ei ole seda efekti alati tuvastatud, kuna alateavitamisel allikates võib olla analoog alateavitatud kasutustes. See ilmneb riigi tasandil puiduressursibilanssidest, kus mõned riigid teatavad kasutuste koguseid, mis on väiksemad, kui allikate kogused.

2.2.4 Ümarpuidu ja puittoodete tootmine ja kaubandus

Kõige üksikasjalikum Euroopa tasandil allikas, mis kirjeldab puidu esmast varu ja selle esmast ümbertöötlemist, on ühine metsasektori küsitlus (Joint Forest Sector Questionnaire, JFSQ). Seda küsitlust määratlevad, koguvad ja analüüsivad neli partnerorganisatsiooni: ÜRO Euroopa Majanduskomisjon (United Nations Economic Commission for Europe, UNECE), ÜRO Toidu- ja Põllumajandusorganisatsioon (Food and Agriculture Organisation of the United Nations, FAO), Eurostat ja Rahvusvaheline Troopilise Puidu Organisatsioon (International Tropical Timber Organization, ITTO) metsasektori statistika sekretariaatidevahelise töörühma koordineerimisel. JFSQ on iga-aastane detailne ülevaade ümarpuidu raietest ja kaubandusest, samuti puittoodete ja kõrvalsaaduste tootmisest ja kaubandusest.

Enamik teavet saadakse valitsustelt küsimustikele vastamise vormis. Teatud juhtudel erinevad liikmesriikide kasutatavad mõõtühikud JFSQ omadest. Koefitsiendid, mida kasutatakse mahtude ja massi (kaalu) konverteerimiseks, et olla JFSQ-ga vastavuses, näidatakse ära küsimustikus. Kõigis JFSQ avaldatud materjalides hõlmab andmestik ka andmeid, mis on saadud muudest allikatest kui ametlikud vastused küsimustikele ja FAO hinnangud. Kuna need hinnangud põhinevad muudel andmetel, mudelitel ja eeldustel, võivad avaldatud arvud eri materjalides muutuda. Üks valdkondi, kus riigid statistikat väga sageli ei teata, on küttepuit. Nii on paljude riikide puhul JFSQ antud küttepuidutoodang hinnanguline, lähtudes küttepuidu tarbimise mudelist. See hinnang muutus üsna märgatavalt puiduressursibilansside arvutamiseks kasutatud 2017. aasta väljaande ja praegu kättesaadava 2020. aasta väljaande vahel.

Enamikku toodetest ei teatata massina, vaid eri ühikutes, mis varieeruvad, näiteks ümarpuidu puhul koore alt mõõdetud täispuidu maht kuupmeetrites ja tselluloosi puhul õhukuivkaal meetrilistes tonnides. Arvude võrreldavaks tegemiseks kasutatakse ümberarvestustegureid. Puidugraanulitoodangu hinnangud ei olnud 2012. aastast varasemate aastate kohta JFSQ-st kättesaadavad. 3. peatükis kirjeldatud puiduressursibilansse arvutades võeti need kogused Eurostati andmetest (tabel FOR_BASIC[12]) nende puuduolevate aastate kohta.

Peale selle, puittooteid valmistavad tööstused teatavad tavaliselt oma toodangu kogused, milles jäetakse välja töötlemisjäägid ja hõlmatakse mõned mittepuitmaterjalid (nagu näiteks liim). Seetõttu kohaldatakse esmaste toodete sisendi/väljundi koefitsiente (EC-JRC 2010). 3. peatükis teatatakse kõik puiduressursibilansi analüüsiga seotud arvud täispuidu ekvivalendis (SWE). See ühik, mis vastab sektorite vahel ülekantava puidu efektiivsele mahule (kuupmeetrites), on kõige kohasem, et arvutada puiduressursibilanssi, milles varu kogused on võrreldavad kasutuskogustega. Võrreldes teiste traditsiooniliste ühikutega, nagu näiteks ümarpuidu ekvivalent (ühe tooteühiku tootmiseks vajalik ümarpuidu kogus), on täispuidu ekvivalent kasutatav kaskadeeruvate väärtusahelate analüüsimiseks, kus sektori kõrvalsaadused on sisendid teistele sektoritele.

Nagu käsitletud uurimuses Jonsson et al. (2020), toob kolme peamise andmeallika (JFSQ, JWEE ja NREAP vahearuanded) analüüs välja märkimisväärseid vastuolusid andmetes. Sellest tuleneva ebamäärasuse tõttu on vaja esitada hulk võimalikke väärtusi.

2.3 Järeldused ja põhisõnumid

See analüüs näitab, et paljusid andmeallikaid saab kasutada, et analüüsida energiaks kasutatava puidu varu ja kasutust, samuti nende suhet metsa majandamisse keskkonnamõjus. Siiski, enamik andmestikke on lünklikud või ei ole piisavalt üksikasjalikud. Kuna on palju erinevaid andmeesitajaid, uurimuste käsitlusalasid ja kasutatavaid ühikuid, ei näe tulemused alati sidusad välja ja seega on enne kasutamist vaja põhjalikku statistika ristkontrolli.

Teatamisel kasutatavad ühikud erinevad toodete ja teatamisküsimustike lõikes. Seetõttu tuleb kasutada hulganisti ümberarvestustegureid. Ümberarvestamine tekitab ebamäärasust tulemustes. Veelgi enam, puiduenergia varu ja kasutuse statistikas on suured andmelüngad. Need lüngad tuleb täita ristarvutuste ja oletustega. Kogu ebamäärasust ei saa statistiliselt hinnata, sest hindamisraamistik on keerukas ja sisendandmete ebamäärasuse kohta ei ole piisavalt teavet. Vaatamata sellele pingutati spetsiaalselt, et 3. peatükis anda võimalike väärtuste vahemikud.

2020. aasta detsembris anti välja JWEE andmestiku ajakohastatud versioon. See esitab värsket teavet (hiliseim aasta: 2017) puitbiomassi energiaks kasutamise kohta. Kahjuks ilmus see väljaanne liiga hilja, et seda oleks saanud selles aruandes kasutada. Veelgi enam, mis puudutab teisi väljaandeid, siis kajastab see üksnes osa ELi ja on vaja mitut ristkontrolli, et tagada andmeallikate vaheline usaldusväärsus ja võrreldavus. Andmete täielikkuse ja sidususe vallas peaks olulist edasiminekut tooma määrus (EL) 2018/1999, milles käsitletakse energialiidu ja kliimameetmete juhtimist[13]. See määrus määratleb, kuidas kõik ELi liikmesriigid alates 2023. aasta märtsist iga kahe aasta tagant komisjonile oma lõimitud riikliku energia- ja kliimakava rakendamise seisu kohta aru annavad. Need aruanded hõlmavad peamisi energeetikaaspekte, sealhulgas kasvuhoonegaaside heitkoguseid ja taastuvenergiaid ja kauplemist. Lisaks integreeritud ülevaatele soodustab teatamisüksuste ja -ühikute defineerimine selle määruse lisas IX struktureeritud ja järjepidevat teatamist ühtlustatud ja täielike andmetega, ehkki mõned väljad jäävad valikulisteks. Täielik, õigeaegne ja kontrollitud kvaliteediga aruandlus aitaks kindlasti bioenergiasektorit ja biomajandust

[12] https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/bookmark/11803c63-10c8-488c-8391-75df9ad8af0d?lang=en
[13] http://data.europa.eu/eli/reg/2018/1999/oj/eng

üldiselt nõuetekohaselt seirata (Robert et al. 2020) ning toetaks edasisi analüüse, näiteks selliseid, nagu selles aruandes kirjeldatud.

Kesksed sõnumid:

- **Energiaks kasutatava puitbiomassi allikate ja kasutuste statistikat leidub arvukates teatamisskeemides erineva ulatuse, kaetuse, koondatuse taseme, täielikkuse ja teatamisühikutega.**
- **Energiaks kasutatava puidu varu ja kasutuse ammendavaks kajastamiseks ELis saab (ja tuleb) kasutada arvukaid andmeallikaid, sest ükski allikas ei anna täit pilti.**
- **Vajadus lõimida erinevaid andmeallikaid kätkeb endas kaalutlusi, mis puudutavad andmestike omavahelist järjepidevust, andmete ümberarvestamist ja ühtlustamist ning andmete terviklust, mis suurendab hinnangute ebamäärasust.**
- **Erinevate andmeallikate süstematiseerimiseks ja tõlgendamiseks on vaja ekspertteadmisi.**
- **Kättesaadavate andmestike rohkusele vaatamata esineb suuri andmelünki.**
- **Energialiidu juhtimise määruse kohaselt alates 2023. aastast esitatud andmed parandavad andmete kvaliteeti ja võivad positiivselt mõjutada bioenergiaks kasutatava puitbiomassi kvantifitseerimiseks kasutatava kolme peamise andmeallika (JFSQ, JWEE ja NREAP vahearuanded) vahelist sidusust.**

3 Puitbiomass energiaks

3.1 Puitbiomass metsapõhises biomajanduses

Puitbiomassil põhineva majanduse, iseäranis energiatootmise analüüsimine on üsna keerukas ülesanne. Metsapõhised tööstused ja energiatootmissektor on omavahel tihedalt läbi põimunud, näha on nii sünergiaid kui ka konkurentsi (vt Cazzaniga et al. 2019a). Saeveskitööstuse kõrvalsaadusi kasutatakse tselluloosi (nii paberi kui ka tekstiilkiu) ja puidupõhiste plaatide valmistamiseks, samuti energia tootmiseks (vt nt Jonsson & Rinaldi 2017), samas kui keemilise puidumassi tootmise kõrvalaineid kasutatakse keemiatööstuses, aga ka energia tootmiseks (vt Hurmekoski et al. 2018). Nõudlus saepalkide järele (ja seega nende hind) on üks määravamaid tegureid esmase puitbiomassi, sealhulgas energiaks kasutatava puitbiomassi, varu jaoks (vt nt Camia et al. 2018). Esmase puitbiomassi varu võivad mõjutada ka looduslikud häiringud. Energia- ja materjalikasutus (peamiselt puidupõhiste plaatide, aga ka tselluloosi tootmine, enamikel juhtudel mitte saeveskitööstus, kuna saepalgi hind on liiga kõrge) konkureerivad ka puitbiomassi esmaste allikate (raiemahud) pärast (vt nt Jonsson & Rinaldi 2017). See tähendab, et suundumused puidupõhiste toodete turgudel on energia otstarbel kasutatava puitbiomassi varu jaoks määrava tähtsusega ja seega peab puitbiomassi allikate ja energiaks kastutamiste hindamine arvestama ka metsapõhiseid tööstusi.

Mõned peamised ELi metsapõhiseid tööstusi mõjutavad suundumused on trükimeedia asendumine elektroonilise info- ja kommunikatsioonitehnoloogiaga (IKT), mille tagajärjel nõudlus tarbepaberi järele väheneb, samas kui kasvav kaubandus ja e-kaubandus on hoopis suurendanud nõudlust pakendipaberi järele. Tulemuslikkusel põhinevad ühised ehitusstandardid Euroopa jaoks (EL 2011), insenerpuidutoodete (engineered wood products, EWP) kasutuselevõtmine, ja eelvalmistamine on tõhustanud puidu konkurentsivõimet suuremahulistes ehitusprojektides (Hurmekoski et al. 2015). Olulised suundumused, mis praegu ELi metsapõhiseid tööstusi mõjutavad, hõlmavad looduslikke häiringuid ja nendele järgnevat päästeraiet, mis viib esmase puitbiomassi ajutise ülepakkumiseni (vt lõik 3.3), ja COVID-19 pandeemiat, mille täielikku mõju puidupõhiste toodete nõudlusele on veel raske tajuda.

3.2 ELi[14] metsaressursid ja metsamajandamine

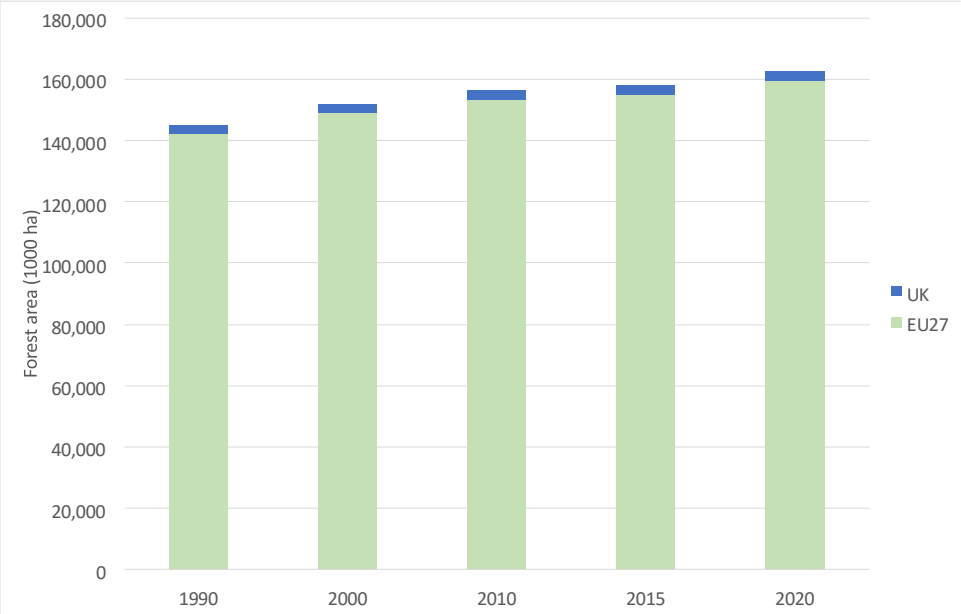
Metsad osutavad väga mitmesuguseid ökosüsteemi teenuseid, nagu näiteks CO_2 ladustamine ja sidumine, elupaikade pakkumine, vee reguleerimine (kvaliteet, hulk, voog), õhukvaliteedi reguleerimine, mulla erosiooni kontrollimine, rekreatsioon, puit- ja mittepuittooted. EL koos Euroopa metsade kaitset käsitleva ministrite konverentsi (Forest Europe)[15] riikidega on kinnitanud metsa säästva majandamise põhimõtted, nagu need on sätestatud Forest Europe'i deklaratsioonides. Veelgi enam, sätted on kehtestatud kõigis ELi liikmesriikides, eesmärgiga tagada metsamajandamise säästlikkus.

ELi metsa kogupindala on 1990. aastast alates püsivalt laienenud (joonis 3). 2020. aastal ulatus see EL27-s 159 miljoni hektarini (Mha) ehk 39,8%-ni kogu maismaast (arvutatud FAO 2020 andmestikust)[16].

[14] Hinnatavad aastad eelnesid Brexitile. 'EL' vastab EL-27 + Ühendkuningriik, kui ei ole märgitud teisiti

[15] https://foresteurope.org/

[16] Forest Europe'i Euroopa metsa seisukord 2020 (SoEF2020) avaldati ajal, mil selle aruande koostamine oli lõppjärgus. Sel põhjusel on selle andmetele viitamine piiratud.



Joonis 3. Metsa pindala muutumine ELis. Allikas: FRA 2020 (FAO 2020)

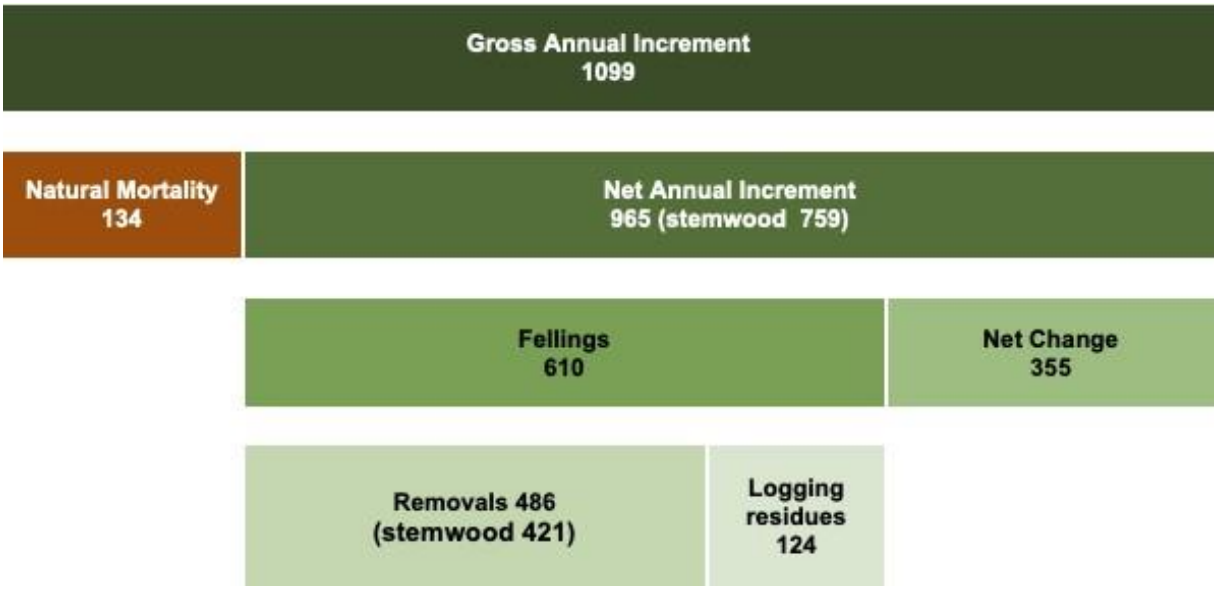
Forest area – Metsa pindala; UK – ÜK, EU – EL

ELi metsades on märkimisväärseid varieeruvusi kasvutingimustes, puuliikide koosseisus ja mitmekesisuses, samuti majandamise tavades ja intensiivsuses. Majandamistava on iseäranis oluline bioenergia jaoks, eriti Lõuna-Euroopas on madalmetsasüsteem üks vanimaid metsa majandamise vorme, mida arendatakse maakogukondade ja varajase tööstuse varustamiseks puiduga, peamiselt energiaks (Unrau et al. 2018). COST Action EuroCoppice (FP1301)[17] tulemuste järgi katavad madalmetsad ELis rohkem kui 19 Mha, mis vastab umbes 12%-le kogu metsaalast 2015. aastal. Suur enamik (17 Mha) neist on ELi Vahemere maades, kus umbes 32% metsaalast teatatakse madalmetsana (Unrau et al. 2018).

Alljärgnevalt esitame ülevaate juurdekasvu ja raiete kohta ELi metsades, lähtudes uurimuses Camia et al. (2018) teatatud andmetest. Tüvepuidu (igal aastal metsas toodetud tüvepuit, millest on lahutatud puude loomulikust suremusest tingitud kaod) keskmine aastane netojuurdekasv (NAI) ELis ajavahemikus 2004–2013 oli ligikaudu 759 miljonit m^3 (Mm^3). Kogu maapealse biomassi keskmine NAI FAWS-s, mis tähendab muude puiduosade (OWC) nagu näiteks puuladvad, oksad jms, aastase netojuurdekasvu liitmist, oli ligikaudu 965 Mm^3. NAI näitab kasvava metsa varule aastas lisanduva puitbiomassi hulka. Kui raiutud elus puitbiomass ületab NAI, mille tulemusena raiumise ja juurdekasvu suhtarv on suurem kui üks, siis elus puitbiomassi varu kahaneb.

Aastase kogujuurdekasvu (Gross Annual Increment, GAI) hindamiseks hindasime loomulikku suremust, kasutades modelleerimist, nagu on kirjeldatud uurimuses Pilli et al. (2017). Suremus viitab metsapuude surmale loodusliku käibe tõttu, seega jäetakse välja häiringud nagu metsapõlengud või tormid. GAI-d hinnati, liites loomuliku suremuse ja NAI.

[17] https://www.eurocoppice.uni-freiburg.de/



Joonis 4. Juurdekasv, raied ja raiemaht ELi majandataval metsaalal; keskmised väärtused näidatuna Mm^3/aastas ajavahemiku 2004–2013 kohta. Allikas: Camia et al. 2018

Gross Annual Incrment – Aastane kogujuurdekasv; Natural Mortality – Loomulik suremus; Net Annual Increment – Aastane netojuurdekasv; stemwood – tüvepuit; Fellings – Raied; Net Cange – Netomuutus; Removals – Raiemaht; Logging rsidues - Raiejäägid

Üksnes osa langetatud puudest saadud biomassist veetakse raieoperatsioonide ajal metsadest ära, keskmiselt umbes 80 protsenti ELi kohta tervikuna ajavahemikus 2004. kuni 2013. aastani (hinnang põhineb ka uurimusel Pilli et al. 2017). Ülejäänu jäetakse raie (esmasteks) jääkideks. Osa biomassi jätmine maapinnale jäägiks pärast raiumist võib olla kasulik, kuna see moodustab mulla orgaanilist ainest ja toitaineid, mõjutab võistlevat taimkatet ja mulla mikrokliimat ning see mõjutab omakorda mulla füüsikalisi omadusi, mulla süsinikusisaldust ja tulevast metsa tootlikkust. Kui veetakse ära oksakuhjad, mis võivad olla kasvukohtadeks, võib see bioloogilisele mitmekesisusele kahjulikult mõjuda. Siiski, mõjud on väga varieeruvad ja olenevad paigast, piirates seega võimalust teha potentsiaalsete mõjude kohta üldistatud järeldusi. Näiteks tuleohtlikel aladel võib intensiivsem jääkide äravedu mõnikord kujutada endast positiivset majandamistava, kuna see vähendab kütusekoormust, vähendades seega tuleohtu. Jääkide äraveo võimalikke mõjusid käsitletakse lähemalt 5. peatükis.

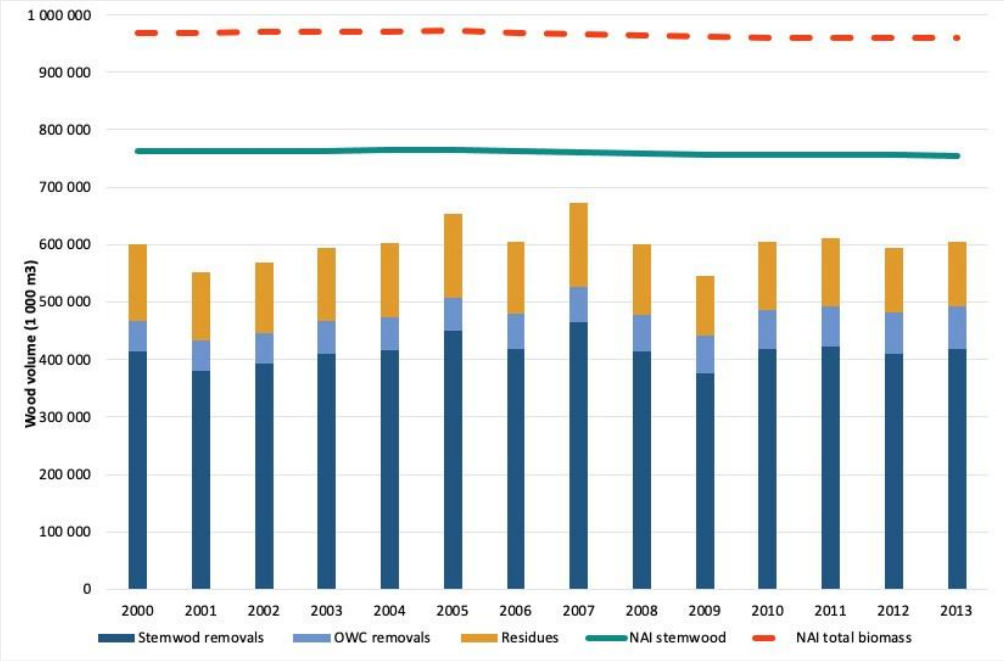
Täiendades Eurostati teatatud puiduraieid allomeetriliste mudelite ja kirjandusest võetud tulemustega (nt. Pilli et al. 2017), hindame, et 10 arvessevõetud aasta jooksul langetati igal aastal keskmiselt 610 Mm^3, millest 486 Mm^3 veeti ära, samas kui 124 Mm^3, s.t., 20%, jäeti raiejääkidena metsa. Äraveod hõlmavad 421 Mm^3 tüvepuitu (87%) ja 65 Mm^3 OWC (13%).

NAI, mida ei langetata, vastab elus biomassi aastasele netomuutusele ELi metsades ja võrdub 355 Mm^3. Väike osa äravedudest koosneb ka lagupuidust (mõjutades seega loomuliku suremuse plokki), aga meil ei ole piisavalt andmeid hinnangu andmiseks.

Joonis 5 kirjeldab hinnanguid aastase netojuurdekasvu, raiemahu ja raie kohta EL FAWS-s. Punase punktiirjoone (kogu puitbiomassi aastane netojuurdekasv) võrdlus täisjoontega (raied või ülestöötamine) annab ettekujutuse biomassivaru bilansist, mis tuleneb metsamajandamisest. Ilmneb, et raied ELi keskmisena on kõnealusel ajavahemikul olnud püsivalt madalamad kui NAI.

NAI hektari kohta ELis on 2000. aastast saadik veidi kahanenud (Camia et al. 2017), nagu ka eri autorid on täheldanud (Nabuurs et al. 2013; Pilli at al. 2017). Niisuguse suundumuse põhjuseks on

peetud kombinatsiooni, mille moodustavad vananevad ELi metsad ja suured varude mahud hektari kohta.



Joonis 5. Aastane netojuurdekasv, raiemaht ja raied ELi majandatavas metsas. Allikas: Camia et al. 2018

Wood volume – Puidumaht; Stemwood removals – Tüvepuidu raiemaht; OWC removals – Muude puiduosade raiemaht; Residues – Jäägid; NAI stemwood – Tüvepuidu aastane netojuurdekasv; NAI total biomass – Kogu biomassi aastane netojuurdekasv

Nagu eespool mainitud, põhineb see ülevaade avaldatud allikatel. Siiski on oluline meenutada, et raiemahtude ja raiete statistikas võib olla suuri ebamäärasusi (vt nt Pilli et al. 2015, Jochem et al. 2015). Seetõttu oleme üksikasjalikult analüüsinud puitbiomassi voogusid ja hinnanud võimalike korrigeeritud arvude vahemikke ELi kohta. Analüüs ja vastavad tulemused esitatakse lõigus 3.5.

Looduslikud häiringud etendavad olulist rolli ka NAI ja raiemahtude (päästeraiete) mõjutamises, nagu käsitletud lõigus 3.3.

3.3 Looduslikud häiringud ja puiduvaru

Nagu selles peatükis hiljem kirjeldatakse, on materjaliks ja ka energiaks kasutatava esmase puidu varu viimastel aastatel kasvanud. Puiduressursibilanss (lõik 3.5, tabel 4) osutab, et riigisisene esmase puidu varu kasvas 2015. aastal 18%, 442 Mm^3-lt 2009. aastal 522 Mm^3-le 2015. aastal. Siiski tuleks märkida, et nõudlus materjaliks kasutatava puidu järele oli 2009. aastal perioodilises madalseisus pärast 2007.-2008. aasta finantskriisi ja järgnenud majanduskriisi. Seega, taastumise algusega on puidunõudlus ja -pakkumine suurenenud. Osa sellest suurenemisest võib olla tingitud ka intensiivistuvatest ja sagenevatest looduslikest häiringutest. See lõik on seetõttu pühendatud sellele, et mõista, kuidas looduslikud häiringud, millele ELis järgnevad päästeraied, võivad mõjutada esmase puidu varu metsapõhises sektoris.

Euroopa metsi ohustavad looduslikud häiringud, mida põhjustavad abiootilised ja biootilised tegurid, nagu marutuuled, põuad, põlengud, putukapuhangud ja nende tegurite kombinatsioonid, ja mõned neist ägenevad kliimamuutuste tõttu. Looduslikud häiringud mõjutavad metsa ökosüsteemi teenuseid erinevatel viisidel (Thom ja Seidl, 2016). Näiteks saab registreerida positiivseid mõjusid elurikkusele, nagu näiteks kriitilise tähtsusega kasvukohtade loomine metsaga kaetud maastikel,

samas kui süsinikdioksiidi ladustamise kohta võib registreerida negatiivseid mõjusid. Metsahäiringud on metsadünaamika loomulik protsess. On tõendeid, et metsahäiringud leidsid Euroopa metsades aset sadu aastaid tagasi (Schurman et al., 2018). Siiski, nende häiringute intensiivistumine ja sagenemine on peamiselt tingitud muutuvast kliimast ja pikka aega kestnud inimtegevusest metsades. Tuleks märkida, et, nagu uurimuses Forzieri et al. 2020 välja toodud, määravad metsa kaitsetuse looduslike häiringute ees metsa struktuuriomadused, kliima- ja maastikutegurid, loodusliku häiringu toimepõhjus jms.

Hinnatakse, et ajavahemikus 1950-2000 kahjustus Euroopas aastas keskmiselt 35 miljonit m³ puitu, mis on 8,1% kogu raiemahust, peamiselt marutuulte ja kooreüraskite tõttu, suure varieeruvusega aastate (Schelhaas et al., 2003) ja riikide lõikes. 2018. aastal on see arv rohkem kui 100 miljonit m³ 17 liikmesriigis (joonis 6). Seega on looduslikud häiringud Euroopas viimasel neljakümnel aastal järsult suurenenud, eriti kahekümne esimese sajandi esimesel kümnendil (putukapuhangud +602%, metsapõlengud +231% ja tuulised tormid +140% võrreldes 1971.–1980. aastatega) (Seidl et al., 2014) ja eeldatakse, et kliimamuutuse tõttu tulevikus looduslikud häiringud sagenevad ja intesiivistuvad (Seidl et al., 2017). Kliimamuutused muudavad metsa struktuuri ja dünaamikat otseste (sademed, temperatuur, põuad) ja kaudsete (häiringud) mõjude kaudu, mis mõjutavad puidutootmist, süsinikdioksiidi ladustamist ja teisi ökosüsteemi teenuseid (Lindner et al. 2014; Senf et al., 2020).

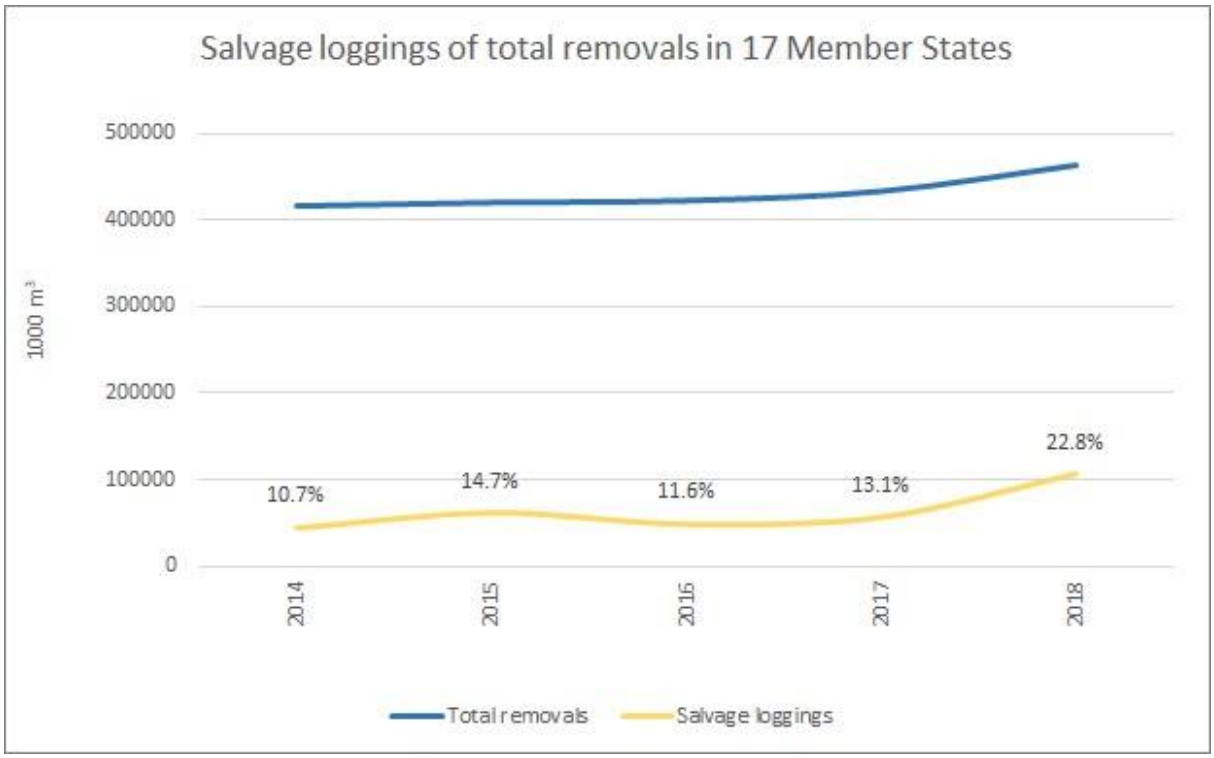
Päästeraie on üldine tava ja paljudes ELi riikides on kohustuslik tava kahjustunud puit pärast häiringut ära vedada, et kadusid minimeerida ja, kus see on asjakohane, vältida kahjurite ja haiguste levikut ülejäänud metsale (nt kooreürask). Pärast marutuult või lumetormi hakkavad kahjustunud palgid putukate ja muude patogeenide mõjul kiiresti lagunema, seetõttu tehakse päästeraie sageli häiringule järgnevatel nädalatel, kuigi suurte juhtumite puhul võib selle lõpuleviimine võtta aastaid aega. Laiaulatusliku häiringu puhul tekitab päästeraie turule väga lühikese aja jooksul suurel hulgal mitmesuguse kvaliteediga (kahjustunud, nakatunud, mädanenud, murdunud, lõhenenud) puitu. Kahjustunud puitu kasutatakse tavaliselt energia tootmiseks, tselluloosiks ja puidupõhiste plaatide valmistamiseks. Saeveskitööstuses kasutatakse üksnes kahjustamata ümarpuitu. Suurenenud puitbiomassi pakkumine lühikese aja jooksul võib moonutada turgu, alandades puiduhindu ja mõjutades energiaks kasutatava puitbiomassi vooge (raiejääkidest tükeldatud palkideni). Kui turud puiduga üle ujutatakse, langevad hinnad järsult (Holmes, 1991). Näiteks Tšehhis langesid puiduhinnad reaktsioonina kooreüraski masspuhangule 2018. aastal ühele neljandikule võrreldes keskmise puiduhinnaga aastail 2011– 2017 (Hlásny et al., 2019). Looduslike häiringute mõju puiduturule varieerub kohalikest kuni globaalsete ulatusteni (kaasa arvatud rahvusvaheline kaubandus) ja lühiajalistest kuni pikaajaliste mõjudeni (Hlásny et al., 2019). Näiteks kooreüraskipuhang Valgevenes 2018. aastal suurendas teiseste puidutoodete (nt hakkpuit ja puitlaastud) eksporti kolm korda võrreldes 2015. aasta ekspordimahtudega (FAOSTAT, 2020). Eksporditi peamiselt Balti riikidesse, mille tagajärg oli energiapuidu ülepakkumine ja hindade langemine tootmiskuludest madalamale. Samal ajal täheldatakse olulist kasvu ELi ümarpuidu eksportimises Hiinasse. ÜRO kaubandusstatistika kohaselt kasvas ELi ümarpuidu eksport Hiinasse 2019. aastal kümme korda võrreldes 2015. aasta ekspordimahtudega, vastavalt 2,1 miljonilt m³-lt 21 miljoni m³-ni, peamiselt Belgiast, Tšehhist ja Saksamaalt (ÜRO, 2020). See võib olla põhjustatud ülepakkumisest, langenud puiduhindadest ja puidutööstuse piiratud võimekusest ELis.

Looduslike häiringute mõjude hindamiseks ja järelduste tegemiseks on vaja andmeid päästeraiete kohta, aga praegu ei ole ühist andmestikku metsa päästeraiete kohta ELis. Euroopa Komisjon[18] on seetõttu algatanud andmekogumise protsessi ajavahemiku 2004-2019 kohta. Raiumise, päästeraiete ja päästeraiete põhjuste kohta koguti andmeid 17 liikmesriigis, otsides avalikult kättesaadavaid riiklikke andmestikke, aruandeid, Eurostatist ja/või riikide ekspertidega konsulteerides.

[18] Euroopa Komisjoni põllumajanduse peadirektoraat

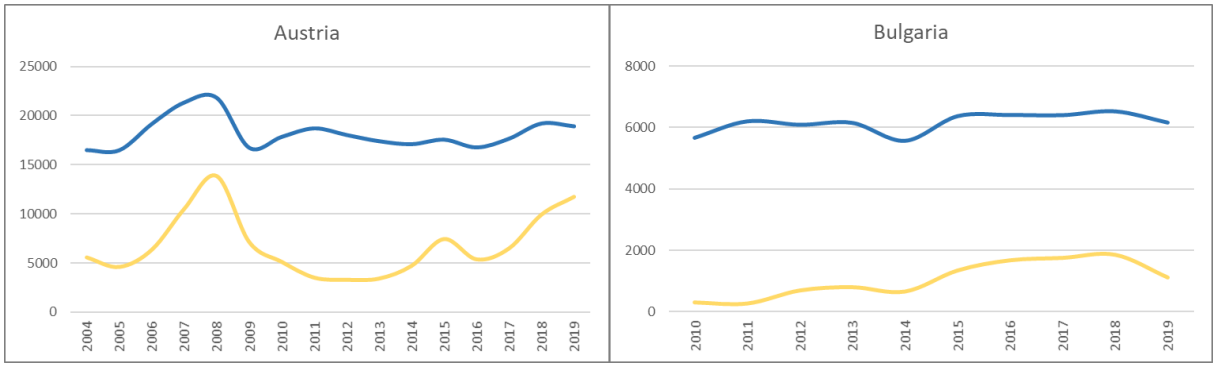
Päästeraiete andmeid leiti järgmistes liikmesriikides: Austria, Bulgaaria, Horvaatia, Küpros, Tsehhi, Eesti, Prantsusmaa, Soome, Saksamaa, Ungari, Läti, Leedu, Rumeenia, Poola, Slovakkia, Sloveenia ja Rootsi. Need liikmesriigid esindavad 76% EL27 kogu metsaalast. Ülejäänud liikmesriikides ei ole päästeraiete andmed kättesaadavad. Enamus riike teatavad päästeraied koore alt mõõdetuna, mõned riigid aga teatavad koore pealt mõõdetuna. Võrdlemiseks arvestati andmed ümber koore alt mõõdetuks, kasutades metsatoodete ümberarvestustegureid (FAO 2020b). Poolas kogutakse päästeraiete andmeid ainult riigimetsades, mis esindavad 80% riigi metsaalast, seetõttu kohandati päästeraiete andmed riigi tasandile.

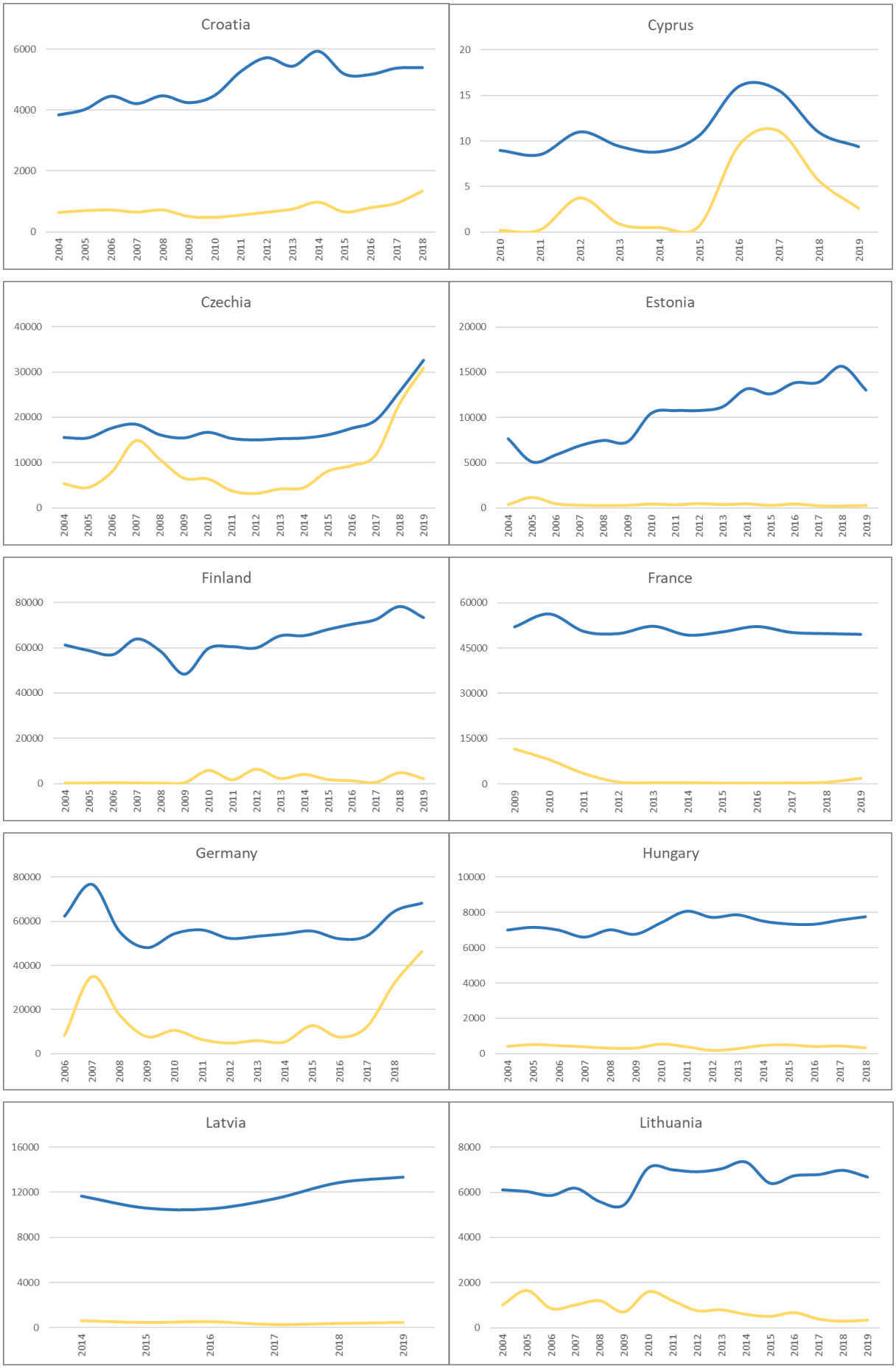
Oluline on märkida, et aegrida, millel iga-aastased andmed päästeraiete kohta kättesaadavad on, erineb liikmesriigiti. Mõnes riigis on andmed kättesaadavad kogu nõutava ajavahemiku 2004–2019 kohta, aga teistes on andmed kättesaadavad lühema aja kohta. Ajavahemiku 2014–2018 kohta on andmed kättesaadavad kõigis 17 liikmesriigis, kust andmeid koguti. Joonis 6 näitab päästeraiete aegrida kattuvalt kogu raiemahu graafiga seitsmeteistkümnes liikmesriigis ajavahemikul 2014-2018. Kogu raiemahtude ja päästeraiete aegread ajavahemiku kohta, kus aastased andmed päästeraiete kohta on kättesaadavad, on näidatud joonisel 7 kõigi 17 liikmesriigi kohta.



Joonis 6. Päästeraied kogu raiemahust (1000 m³, koore alt mõõdetuna) 17 liikmesriigis; ajavahemikus 2014–2018.

Total removals – Kogu raiemaht; Salvage loggings – Päästeraie




Croatia
6000
4000
2000
0
2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018
Cyprus
20
15
10
5
0
2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019
Czechia
40000
30000
20000
10000
0
2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019
Estonia
20000
15000
10000
5000
0
2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019
Finland
80000
60000
40000
20000
0
2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019
France
60000
45000
30000
15000
0
2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019
Germany
80000
60000
40000
20000
0
2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018
Hungary
10000
8000
6000
4000
2000
0
2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018
Latvia
16000
12000
8000
4000
0
2014 2015 2016 2017 2018 2019
Lithuania
8000
6000
4000
2000
0
2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019



Joonis 7. Päästeraiete ja kogu raiemahu aegread (1000 m^3, koore alt mõõdetuna) 17 liikmesriigis, kus iga-aastased andmed päästeraiete kohta on kättesaadavad. Sinised jooned näitavad kogu raiemahtu, kollased jooned näitavad päästeraiet.

Kümnes riigis (Austria, Küpros, Tšehhi, Soome, Saksamaa, Leedu, Poola, Slovakkia, Sloveenia ja Rootsi) on andmed päästeraiete põhjuste kohta kättesaadavad nende vastavate ajavahemike kohta. Tabel 3 näitab märgatavat iga-aastast varieerumist põhjustes. Ka erinevate põhjustega seostamine on liikmesriigiti erinev. Näiteks putukakahjustusest tingitud päästeraie Poolas seostatakse 'muude põhjustega', samas kui Küprosel viitab 'muud põhjused' metsapõlengutele.

Tabel 3. Päästeraiete osakaal põhjuste kaupa aruandeperioodil.

Liikmesriik	Aruandeperiood	Päästeraiete põhjused aruandeperioodil		
		tuul (%)	putukad (%)	muu (%)
Austria	2004-2019	43	37	20
Küpros	2010-2019	0	0	100

Tšehhi	2004-2019	47	41	12
Soome	2004-2019	74	8	18
Saksamaa	2006-2019	49	38	13
Leedu	2004-2019	60	28	12
Poola	2009-2019	59	0	41
Slovakkia	2004-2019	44	49	7
Sloveenia	2004-2019	21	40	39
Rootsi	2004-2018	94	3	3

See andmeanalüüs keskendub aru saamisele, kuidas looduslikud häiringud ELis võivad mõjutada esmase puidu pakkumist metsapõhisele tööstusele. Meie andmed näitavad, et looduslikud häiringud, mis on peamiselt põhjustatud tuulest ja putukatest ning millele järgneb päästeraie, on käsitletaval ajavahemikul suurenenud, eriti Kesk-Euroopas, mis annab kinnitust kirjanduses teatatavale looduslike häiringute kasvavale suundumusele (Seidl et al., 2014; Gregow et al., 2017; Kulakowski et al., 2017). 17 liikmesriigis, mille andmeid analüüsiti, kasvasid päästeraied 2018. aastal 138 % võrreldes 2014. aastaga, vastavalt 44,5 miljonilt m³ 106 miljoni m³-ni, tuues turule märkimisväärsel hulgal puitbiomassi. Siinkohal on oluline selgitada, et päästeraiete ulatuse hiljutine suurenemine on riigiti väga erinev, kusjuures Kesk-Euroopas võib täheldada laialdasi üraskikahjustusi. Näiteks 2018. aastal moodustasid päästeraied Tšehhis 90% kogu raiemahust, samas kui Rootsis moodustasid need ainult 3%. 2015. aastast alates on Tšehhi kogenud laastavaimat kooreüraskipuhangut, mis on dokumenteeritud. Seetõttu kahekordistus 2019. aastal kogu raiemaht võrreldes 2014. aasta raiemääraga (CSO, 2019). Päästeraiete suurenemine võib osaliselt olla ELis viimastel aastatel täheldatud suurenenud raiemäärade põhjuseks. See näitlikustab, et looduslikud häiringud suunavad turule väga lühikese ajaga märkimisväärsel hulgal puitbiomassi. Puitbiomassi edasine voog on andmete piiratud kättesaadavuse tõttu ebakindel. Kahjustunud puitu võidakse tavaliselt kasutada madalamakvaliteedilisteks puidutoodeteks ja bioenergiaks. Päästeraiete järgsete puitbiomassi voogude kohta teabe saamiseks on vaja edasist uurimist.

3.4 ELis bioenergiaks kasutatav puitbiomass[19]: kokkuvõte

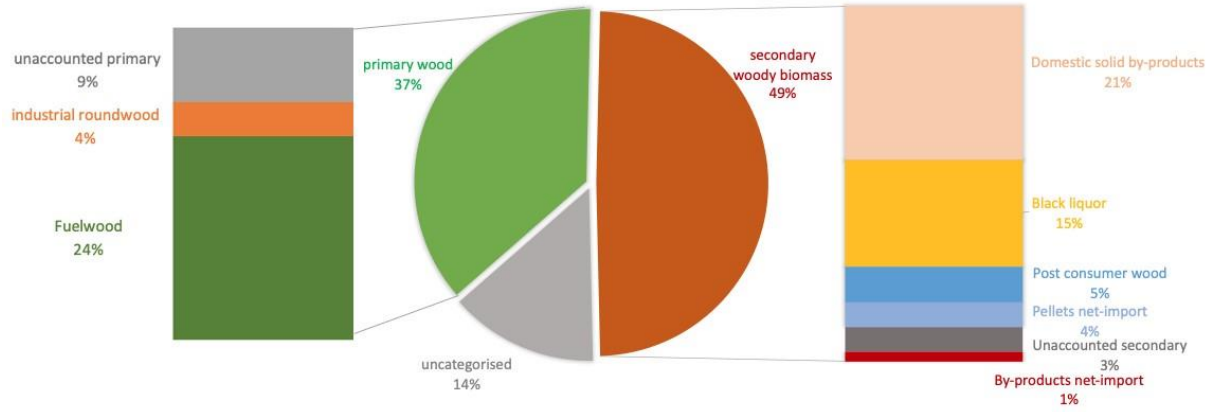
Taastuvenergia moodustas 17% ELi kogu energia lõpptarbimisest. Bioenergia moodustas 59,2% kõigist taastuvatest allikatest ja rohkem kui 60% ELi-sisesest energia otstarbel varutud biomassist oli puidupõhine (Eurostat [20] , NREAP vahearuanne). Nagu 2. peatükis näitlikustatud, tugineme bioenergiaks kasutatud puitbiomassi üksikasjalikul hindamisel kahele peamisele andmeallikale: riiklike taastuvenergia tegevuskavade (NREAP) vahearuanded ja ühine puiduenergia küsitlus (JWEE), mida täiendavad andmed ühisest metsasektori küsitlusest (JFSQ) kogu ELi metsapõhise sektori kohta.

Siin esitatud tulemused tulenevad Sankey puitbiomassi voogude diagrammi edasiarendusest (Cazzaniga et al. 2019a) ja puiduressursibilansside (WRB) (Cazzaniga et al. 2019b) süvaanalüüsist eelpoolmainitud andmeallikate põhjal. Selles lõigus 3.4 esitame tulemuste esmase ülevaate; üksikasjalikum analüüs järgneb lõigus 3.5. ELis kasutatud puidu koguhulgast (nii esmastest kui ka teisestest allikatest, kas riigisisesest allikast või imporditud) kasutati 2015. aastal bioenergia tootmiseks 451 Mm³, mis vastab 63%-le. Esmane puit moodustas vähemalt 37% (166 Mm³) kogu

[19] Hinnatavad aastad eelnesid Brexitile. 'EL' vastab EL-27 + Ühendkuningriik, kui ei ole märgitud teisiti
[20] Eurostat nrg_ind_ren: ahttps://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=nrg_ind_ren&lang=en

energiatootmiseks kasutatud puidust. Teisene puitbiomass, mille hulka kuuluvad puidutöötlemistööstuse kõrvalsaadused, nii tahked (saepuru, laastud jms) kui ka vedelad tselluloositööstusest (mustleelis või tallõli), töödeldud puidust kütused, pärast tarbimist ringlusse võetud taaskasutatud puit (ehitusest, renoveerimisest ja lammutusest, pakenditest, samuti vanamööblist), moodustas 2015. aastal vähemalt 49% (222 Mm³) kogu energiaks kasutatud puidust. Statistika teatab ka teatud hulgast energiaks kasutatud puitbiomassist, mille päritolu, ei esmane ega teisene, pole teada. See energiaks kasutatud „kategoriseerimata" puitbiomass moodustab 14% kogu energeetikas kasutamisest 2015. aastal (63 Mm³). Selle biomassi tegelikul päritolul on kaasmõjud metsamajandamise intensiivsusele, nagu lõigus 3.5 välja tuuakse.

ELis bioenergiaks kasutatava puitbiomassi sisendi kombinatsiooni üksikasjalik koostis on näidatud joonisel 8.



Joonis 8. ELis bioenergeetikaks kasutatava puitkiu päritolu (2015)

unaccounted primary – registreerimata esmane; industrial roundwood – tööstuslik ümarpuit; Fuelwood – Küttepuit; primary wood – esmane puit; secondary woody biomass – teisene puitbiomass; uncategorised – kategoriseerimata; Domestic solid by-products – Riigisisesed tahked kõrvalsaadused; Black liquor – Mustleelis; Post consumer wood – Tarbimisjärgne puit; Pellets net import – Graanulite netoimport; Unaccounted secondary – Registreerimata teisene; By-products net import – Kõrvalsaaduste netoimport

Meie hinnangute kohaselt oli 2015. aastal energiaks kasutatav esmane puit osalt küttepuit (65% esmasest puidust), osalt tööstuslik ümarpuit (11% esmasest puidust) ja osalt teatamata raiemahud (24% esmasest puidust). Üksikasjad selle kohta, kuidas need hinnangud tuletati, esitatakse lõigus 3.5.

Küttepuit, mis koosneb põhitüvedest, mis on tavaliselt madalama kvaliteediga kui tööstuslikul otstarbel kasutatav ümarpuit, oksad ja muud puu osad, raiutakse otseselt kütusena kasutamiseks või töödeldud puidust kütuste, nagu puidugraanulid ja brikett, tootmiseks. Modelleerimistulemused ja eelmised hinnangud (Camia et al. 2018) näitavad, et ligikaudu 40% küttepuidust koosneb põhitüvedest ja ülejäänu on muud puiduosad (OWC), s.t. puuladvad, oksad jms. Tegelikult, osas 3.2 esitatud käsitluse kohaselt, hinnatakse aastastest teatatud koguraiemahtudest keskmiselt ligikaudu 65 Mm³ muudeks puiduosadeks (OWC) (joonis 4), mis saab peaaegu täielikult kütuseks. Eeldades IPCC vaikimisi määratud biomassi laiendustegurite (IPCC, 2003) põhjal, et bioenergiaks mõeldud arvessevõtmata esmase puidu raiemahtudes on tüvepuidu ja muude puiduosade osakaal vastavalt 70% ja 30%, oleks bioenergia tootmiseks kasutatava esmase puidu koostis suuresti umbkaudselt hinnates 53% (ehk 88 Mm³) tüvepuitu (tööstuslik ümarpuit + tüvepuidu komponent küttepuit ja arvessevõtmata allikad) ja 47% (st 78 Mm³) muid puiduosasid. See vastab vastavalt 20% ja 17% kogu bioenergia tootmiseks kasutatud puidust. Edasi, EuroCoppice COST Action (Unrau et al. 2018)

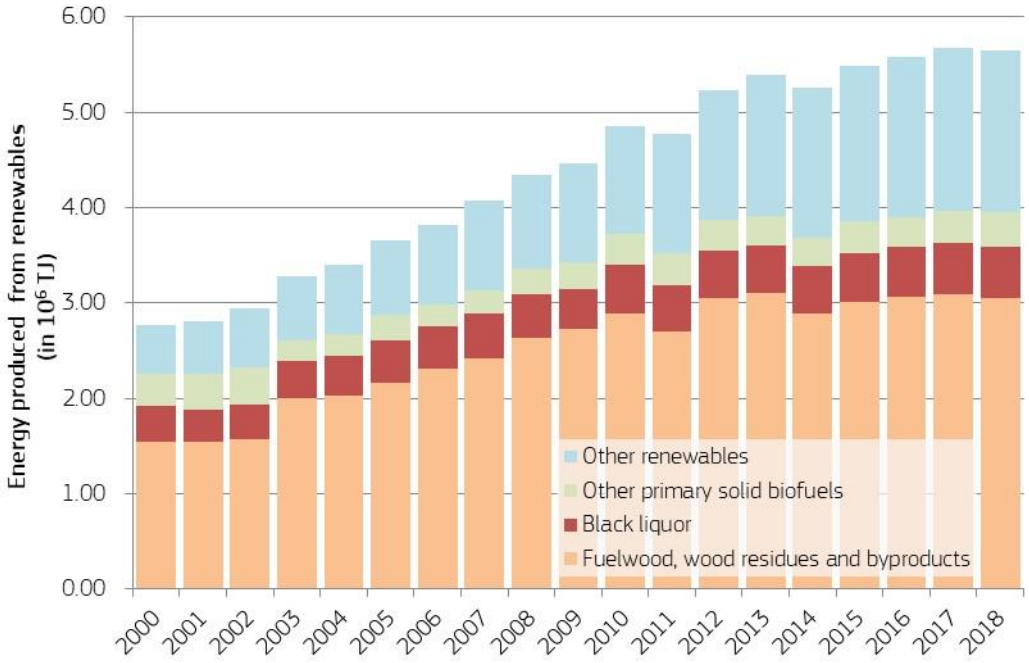
teadmiste ja andmete põhjal võime oletada, et vähemalt pool ELis bioenergia tootmiseks määratud esmase puiduna kasutatud tüvepuidust pärines madalmetsadest. Osa energiaks kasutatavast puidust imporditakse, kuigi puidugraanulid on ainus kaup, millega olulisel määral kaubeldakse. 2015. aastal ulatusid puidugraanulite netoimpordi mahud (s.t. impordimahud miinus ekspordimahud) 3%-ni kogu energiaks kasutatava puidu allikate kombinatsioonist (ligikaudu 16 Mm^3). Ühendkuningriigi arvele langes 97% ELi puidugraanulite netoimpordi mahtudest (JFSQ). Ameerika Ühendriigid olid kaugelt kõige olulisem ELi puidugraanulite impordimahtude allikas, 77%-lise osakaaluga (ÜRO, 2020).

Puidugraanuleid toodetakse ka riigisiseselt nii esmastest kui ka teisestest puiduallikatest. 2018. aastal võrdus ELis kasutatud puidugraanulite - nii imporditud kui ka riigisiseselt toodetud - koguhulk umbes 61 Mm^3. Ühendkuningriigi arvele langes kolmandik sellest hulgast (FAOSTAT). Pärast Brexitit on puidugraanulite EL-27-sse importimise mahtudel väike roll (netoimport 1,09 miljonit tonni puidugraanuleid EL-27-sse 2018. aastal).

Puidugraanulite netoimpordi mahud joonisel 8 on rühmitatud teiseste allikatega. See on vajalik lihtsustus, kuna me ei tea imporditud puidugraanulite tootmiseks kasutatud esmaste ja teiseste allikate täpset osakaalu. Siiski, arvestades puidugraanulite netoimpordi mahtude suhteliselt väikest panust EL-27 bioenergia kombinatsiooni, peame seda ligikaudset arvutust vastuvõetavaks.

Mis puudutab andmeid riigisiseselt toodetud puidugraanulite kohta, siis liikmesriikide teatatud andmed ei võimalda meil esmaste ja teiseste puiduallikate osakaalu kvantifitseerida. Siiski tasub märkida, et see ei mõjuta esmaste ja teiseste allikate hindamist, mis on näidatud joonisel 8, kus me otseselt ei kvantifitseeri riigisiseselt toodetud puidugraanulite hulka, vaid pigem nende tootmiseks kasutatud puiduallikaid.

Suundumuste kohta esitab suhteliselt pika aegrea Eurostat dataset nrg_cb_rw, "Supply, transformation and consumption of renewables and wastes" („Taastuvenergiaallikate ja jäätmete varu, ümbertöötlemine ja tarbimine", mida kirjeldatakse lõigus 2.2.2. Selles andmekogumis on sisenditepõhine jaotus üsna üldine, seega ei ole sisendikategooriad vastavuses meie üksikasjaliku analüüsiga. Pealegi on andmed esitatud energiaühikutes ja mitte biomassihulkades; see hõlbustab küll muu statistikaga võrdlemist, aga takistab veel enam selle andmekogumi otsest kasutamist meie aruande jaoks. Siiski võib see anda esmase viite üldisest suundumusest 2000. kuni 2018. aastani. Selle järgi suurenes puidupõhise energia kohalik kogutoodang ELis 2000. ja 2012. aasta vahel kiiresti 2lt eksadžaulilt 3,5le, s.t. ligi 75% (joonis 9), ja järgmistel aastatel aeglaselt. Pärast seda on muude taastuvenergiaallikate osakaal suurenenud kiiremas tempos, mis on viinud puidupõhise energia osakaalu vähenemiseni taastuvenergia tootmises 76%-lt 1990. aastal 64%-le 2015. aastal.



Joonis 9. Kohalik taastuvenergia tootmine ELis ja puidupõhise energia osakaal (allikas: Eurostat nrg_cb_rw)

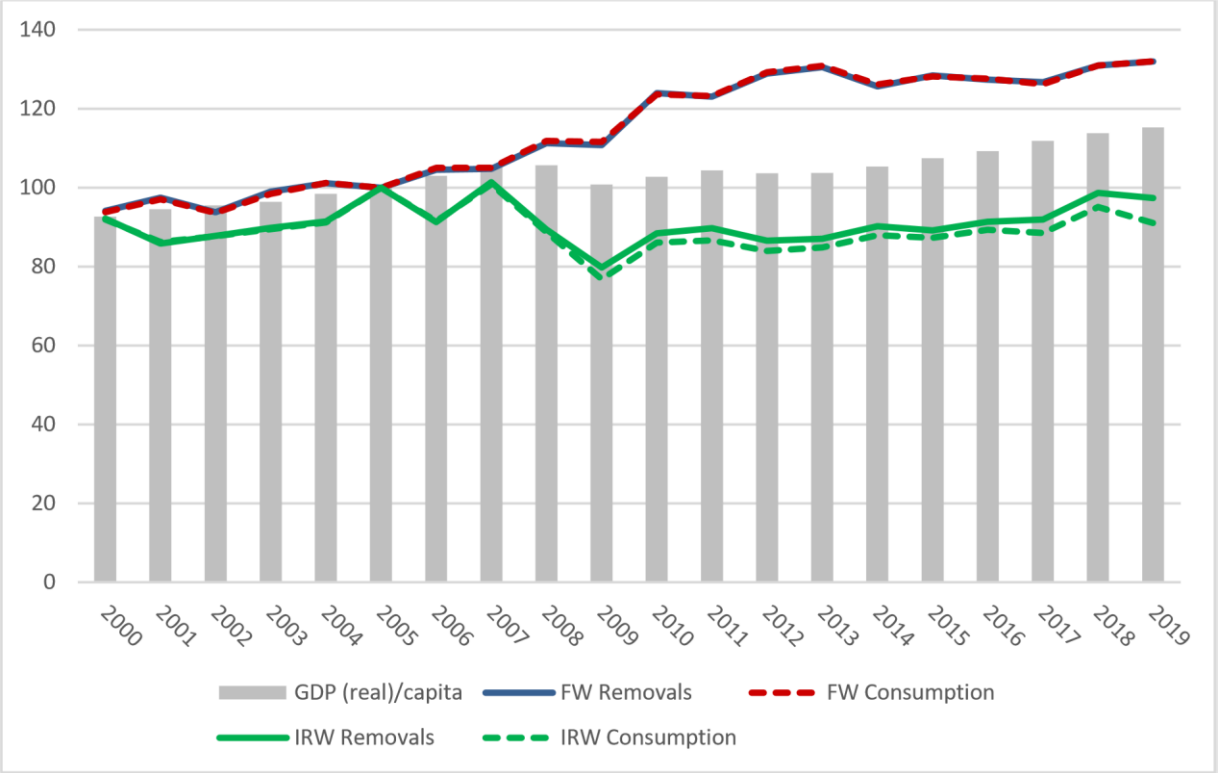
Energy produced from renewables – Taastuvallikatest toodetud energia; Other renewables – Muud taastuvallikad; Other primary solid fuels – Muud esmased tahked kütused; Black liquor – Mustleelis; Fuelwood, wood residues and byproducts – Küttepuit, puidujäägid ja kõrvalsaadused

Vaadates esmase puidu pakkumise ja tarbimise [21] kasvu [22] elaniku kohta võrdluses üldise majandusarenguga (SKT), ilmneb, et küttepuidu (FW) raiemahud ja tarbimine on 2007. aastast alates kasvanud suuremaks kui tööstusliku ümarpuidu (IRW) raiemahud ja tarbimine ning SKT (joonis 10). Siiski, küttepuidu raiemahtude ja tarbimise kasv on 2013. aastast alates näiliselt aeglustunud, selle andmeallika kohaselt [23]. Tuleks siiski märkida, et üksikasjalik analüüs näitab, et küttepuidu raiemahtusid alahinnatakse ELi tasandil. EL on küttepuidu osas enam-vähem isemajandav ja väga piiratud kauplemisega. Tööstusliku ümarpuidu raiemahud ja ka tarbimine ei ole veel kriisieelseid tasemeid saavutanud. EL on traditsiooniliselt olnud tööstusliku ümarpuidu netoimportija. Enne finantskriisi ulatusid impordimahud 20 miljonist 26 miljoni m³-ni. Pärast seda ei ole nad kunagi ületanud 16,5 miljonit m³. 2019. aastal jäädvustati isegi ligi 320 tuhande m³ suurune ekspordimaht. Need olid peamiselt kuusepalgid üraskikahjustuste tõttu tehtud päästeraiest.

[21] Nähtav tarbimine, s.t., tootmine + impordimahud - ekspordimahud

[22] Graaf näitlikustab kasvumäärasid, mitte absoluutväärtusi. Võrrelda saab üksnes kasvumäärasid. Seega oli EL tegelikult tööstusliku ümarpuidu netoimportija (tarbimine suurem kui raiemahud) kõigi aastate puhul, välja arvatud 2019. aasta.

[23] Eurostat Table *nrg_cb_rw*: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/nrg_cb_rw/default/table?lang=en

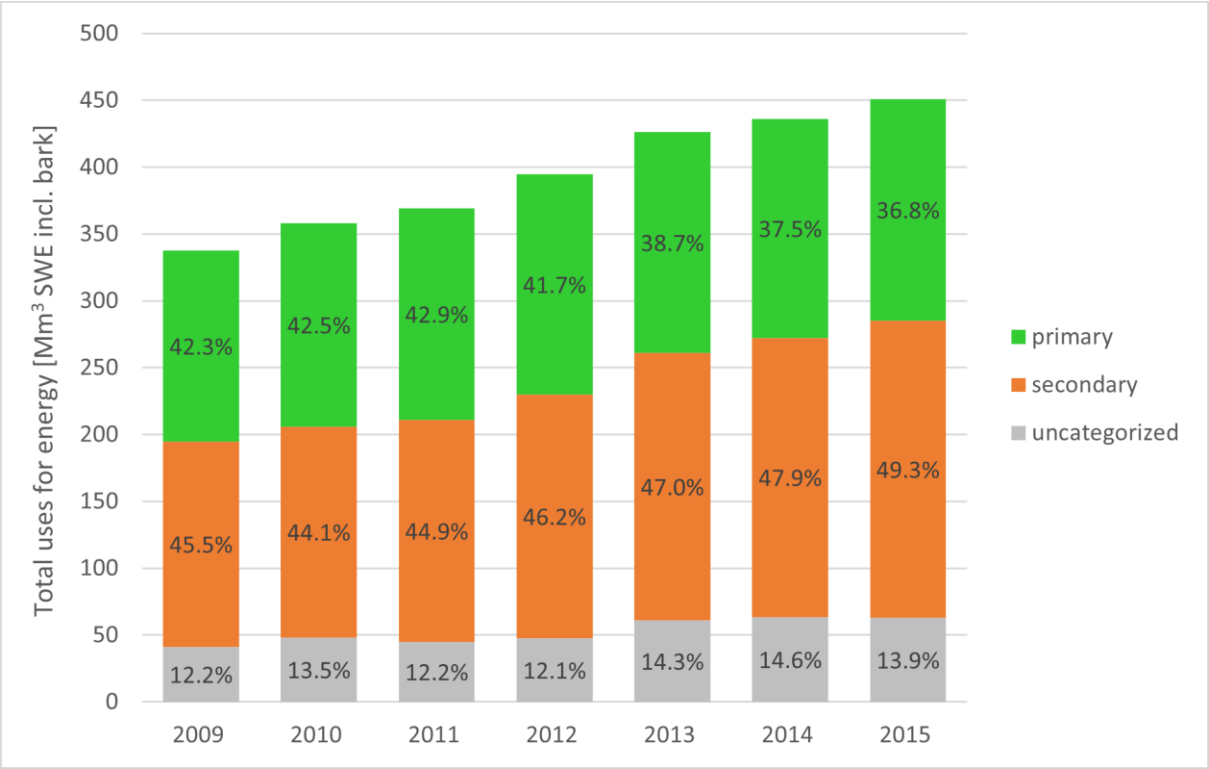


Joonis 10. ELi tööstusliku ümarpuidu ja küttepuidu raiemahud ja tarbimine elaniku kohta ja SKT elaniku kohta. Indeks 2005 = 100 (allikad: FAOSTAT ja Eurostat (SKT ja rahvastik))

GDP (real)/capita – SKT (tegelik)/inimese kohta; FW removals – Küttepuidu raiemaht; FW Consumption – Küttepuidu tarbimine; IRW Removals – Tööstusliku ümarpuidu raiemaht; IRW Consumption – Tööstusliku ümarpuidu tarbimine

Puiduressursibilansi aegrida, mis katab ajavahemiku 2009. kuni 2015. aastani, on liiga lühike, et saaks suundumustest järeldusi teha. Lisaks mõjutasid selle aegrea alguses kõiki turge ikka veel väga tugevasti 2008. aastal alanud finantskriisid, nii et sellele ajavahemikule ei saa võrdlusalusena tugineda. Seega tuleks kättesaadavatest puiduressursibilansside aedridadest ilmnevaid üldiseid suundumusmärguandeid tõlgendada üsna ettevaatlikult. Siiski pakuvad sisendi kombinatsiooni üksikasjad ja selle muutused ajas huvitavaid tähelepanekuid.

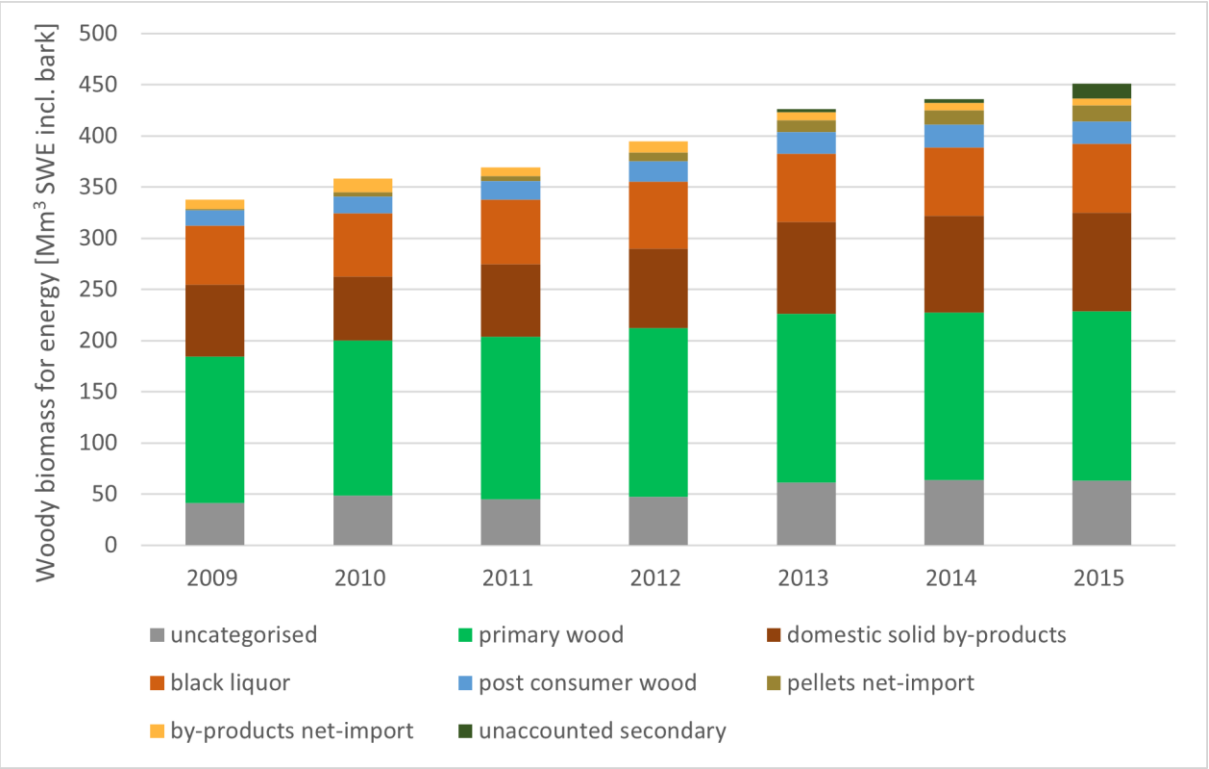
Üldine puitbiomassi kasutamine energiaks kasvas 2009. ja 2015. aasta vahel ligi 34%. Ehkki soojuse ja elektri tootmiseks kasutatava esmase puidu maht kasvas 2009. ja 2015. aasta vahel 16%, vähenes esmase puidu osakaal puidupõhise bioenergia kasutamiste koguhulgas samal ajavahemikul ligi 5,5% (joonis 11). Energiaks kasutatava kategoriseerimata puitbiomassi hulk kasvas uuritaval ajavahemikul rohkem kui 52% võrra (aastatel 2009-2015 varieerus koguhulga osakaal 12% kuni 14%). Teisene puitbiomass on suurim teatatav puidupõhise bioenergia allikas. Teisese puidu alamhulk suurenes 2009. ja 2015. aasta vahel 20%. See osutab madalamale kasvumäärale võrreldes üldise puidupõhise bioenergiaga.



Joonis 11. Teatatud puitbiomassi kasutamised energiatootmiseks EL-is kokku puitbiomassi liikide kaupa (miljonit m³ täispuitu, k.a. koor).

Total uses for energy – Kogutarbimine energia tootmiseks; primary – esmane; secondary – teisene; uncategorised - katergoriseerimata

Kõrvalsaaduste kättesaadavus energia jaoks oleneb ilmselgelt nii (i) materjalikasutusteks töödeldud puidu hulgast, mis 2009. ja 2015. aasta vahel kasvas kõigest 12,5%, ja (ii) puittoodete tootmise konkureerivatest nõudlustest. Muude puiduosade, nagu oksad, ladvad jms kättesaadavus sõltub üldisest raiemahust. Pärast tarbimist ringlusse võetud puit moodustas ajavahemiku 2009-2015 jooksul umbes 10% teisesest puitbiomassist ja pärast tarbimist ringlusse võetud puidu energiaks kasutamiste suurenemine järgib lähedalt teatatud teisese puitbiomassi suundumust. Suhtelises arvestuses on kõige rohkem kasvavad kategooriad puidugraanulite netoimpordi mahud (kümme korda suurem 2015. aastal, võrreldes 2009. aastaga); ja tööstuslik ümarpuit (2015. aastal kolm korda rohkem kui 2009. aastal). Nagu mainitud, langes ülekaalukas enamus puidugraanulite impordimahtudest Ühendkuningriigi arvele.

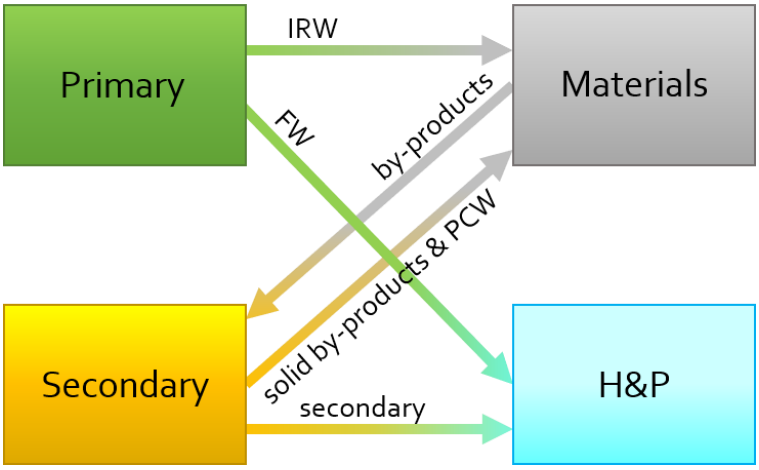


Joonis 12. ELis energiaks kasutatud puitbiomass allikate kaupa (miljonit m^3 täispuitu, k.a. koor).

Woody biomass for energy – Energia tootmiseks kasutatud puitbiomass; uncategorised – kategoriseerimata; black liquor – mustleelis; by-products net import – kõrvalsaaduste netoimport; primary wood – esmane puit; post consumer wood – tarbimisjärgne puit; unaccounted secondary – registreerimata teisene; domestic solid by-products – kodumaised tahked kõrvalsaadused; pellets net-import – graanulite netoimport

3.5 Esmane ja teisene puitbiomass energiaks

Puiduressursibilanss on kasulik vahend puitbiomassi allikatest ja kasutustest ülevaate andmiseks ja, mis peamine, andmelünkade ja vastuolude esiletõstmiseks. Nagu iga bilansi puhul, peaksid kaks poolt (allikad ja kasutused) tasakaalus olema, kui kõik andmed on täielikult ja õigesti teatatud. Bilansi vasak pool näitab puitbiomassi allikaid: esmased (metsadest ja väljaspool metsi kasvanud puudest) ja teisesed (tööstuslikud kõrvalsaadused ja pärast tarbimist ringlusse võetud puit). Parem pool näitab, millistes sektorites (materjalitööstused või soojus ja elekter, H&P) puitbiomassi kasutatakse. Kõik andmed konverteeritakse mõnesse põhimõõtühikusse. Puiduressursibilanss näitab ära ka asjaolu, et puit on väga mitmekülgne materjal, mida kasutatakse ja korduskasutatakse paljudes eri protsessides, nn. kaskaadimine. Siiski tasub märkida, et kõik esmased puidu allikad ei ole omavahel asendatavad, mis puudutab nende võimalikke lõppkasutusi. See kehtib ka teiseste allikate kohta, ehkki vähemal määral. Sellele vaatamata saab esmast ja teisest puitu selle kõikides vormides bioenergiaks põletada. Joonis 13 näitlikustab ja võtab kokku puitbiomassi eri allikate ja kasutuste vahelised teekonnad, nii nagu need on esitatud puiduressursibilansis.



Joonis 13. Puitbiomassi vood puiduressursibilansside eri sektorite hulgas.
IRW= tööstuslik ümarpuit, FW= küttepuit, H&P= soojus ja elekter, PCW= pärast tarbimist ringlusse võetud puit.

Primary –Esmane; Secondary – Teisene; Materials – Materjalid; solid by-products & PCW – tahked kõrvalsaadused ja tarbimisjärgne puit; by-products - kõrvalsaadused

Kasutades ametlikke andmeid mitmesugustest allikatest (JFSQ, Eurostat, JWEE ja NREAP vahearuanded, nagu esitatud 2. peatükis) ja toetudes professor Mantau teedrajavale tööle (2015), on Teadusuuringute Ühiskeskus töötanud välja puiduressursibilansid, mis hõlmavad 2009. kuni 2015. aastat. Andmed on teisendatud m³ täispuidu ekvivalentideks (solid wood equivalents, SWE), kasutades ümberarvestustegureid, ning sisendite ja kõrvalsaaduste kogused on arvutatud, kasutades sisendi/väljundi koefitsiente (EC-JRC, 2010). Järgmised vaatlused ja analüüsid viitavad nendele tulemustele, mis on kokku võetud tabelis 4. Nende tuletamisel kasutatud meetodeid kirjeldatakse uuringus Cazzaniga et al. (2019b).

Kõigi analüüsitud aastate kohta (2009 kuni 2015) ületab puidupõhiste toodete tootmisel ning soojuse ja elektri tootmiseks kasutatud puitbiomassi koguhulk teatatud allikate koguhulka (vt viimast tulpa "Bilanss" **tabelis 4). See lõhe on järjest kasvanud ja 2015. aastal ulatus see üldisel ELi tasandil ligi 120 miljoni m³-ni, suurte erinevustega liikmesriigiti. See suurenemine võiks mõningal määral kajastada liikmesriikide täielikumat teatamist. Liikmesriikide puiduressursibilansi jaotus tuuakse ära uuringus Cazzaniga et al. (2019b) ja võetakse kokku uuringu Camia et al (2018) tabelis 3.1.**

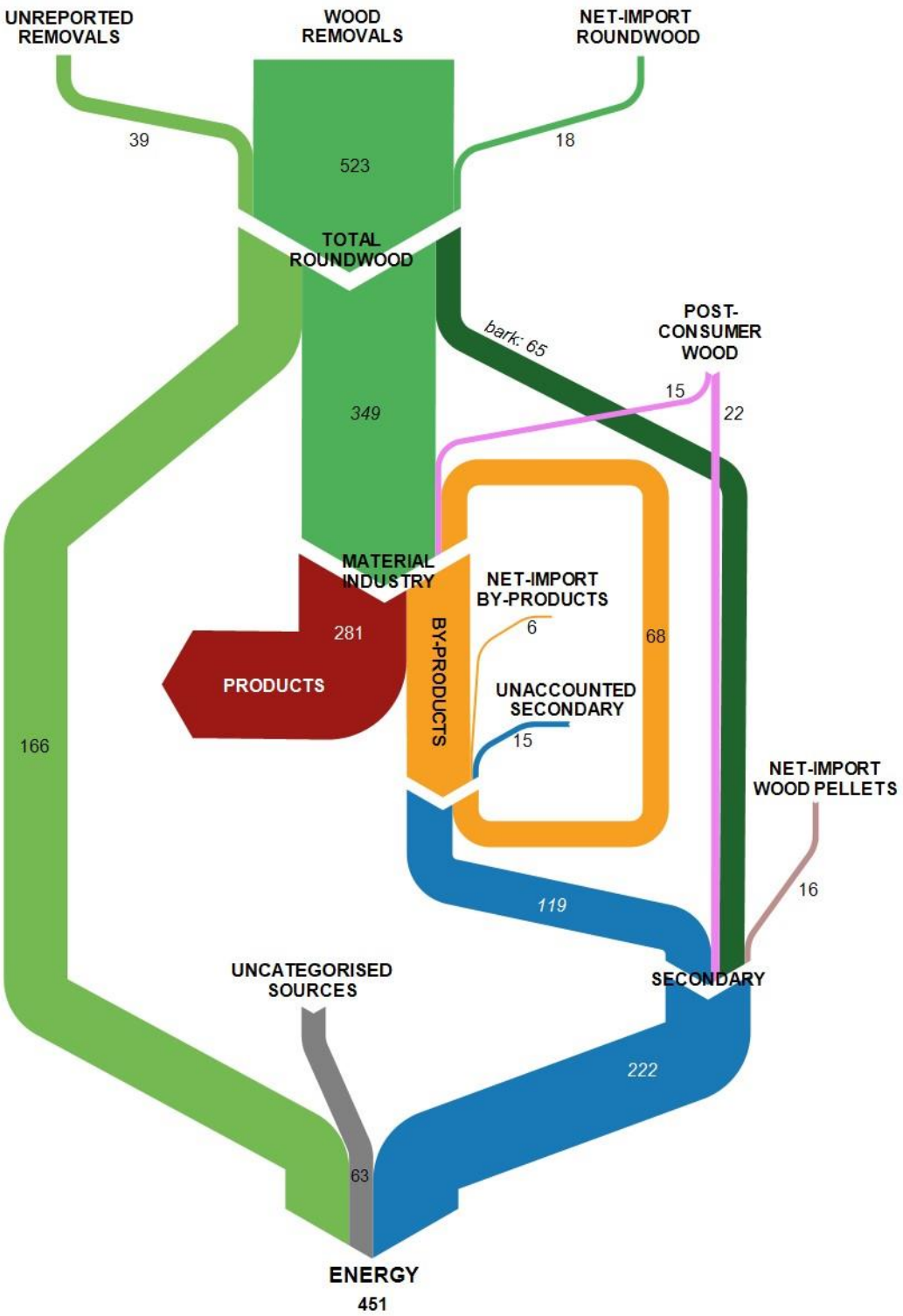
Tabel 4. ELi puiduressursibilansside kokkuvõte (tuhat m³ täispuiduekvivalenti, koore pealt). Positiivne netokaubandus tähendab netoimpordimahtusid.

	Allikad					Kasutamine		Bilanss
	Esmased		Teisesed		Pärast tarbimist ringlusse võetud puit	Materjal	Energia	Kasutused - Allikad
aastad	riigisisene	netokaubandus	riigisisene	netokaubandus				
2009	441,936	10,784	157,445	10,281	29,766	399,650	337,568	87,007
2010	487,200	14,932	172,966	17,118	31,920	431,617	358,035	65,516
2011	494,024	12,678	180,207	13,505	33,353	440,723	369,408	76,364
2012	492,745	14,077	186,887	19,156	34,210	441,819	394,549	89,292
2013	499,778	16,459	193,496	19,075	35,618	450,360	426,128	112,061

2014	516,374	16,723	200,313	21,054	36,480	462,411	435,936	107,402
2015	522,855	17,829	203,746	21,899	36,714	469,744	451,082	117,782

JFSQ ja JWEE andmete analüüs näitab bioenergia tootmise kasvavat osakaalu kogukasutustes (tabel 4). Siiski, kogukasutused hõlmavad ka korduskasutust, kuna osa energiaks kasutatavast teisesest biomassist võetakse arvesse sisendina mõne materjalitööstuse jaoks (nt osa saeveskisse sisenenud ümarpuitu saab lõpuks kõrvalsaadusteks, mis seejärel võetakse arvesse energiatootmiseks kasutatava hakkpuiduna). Üksikasju vt. Jonsson et al. (2020), kus andmelünki analüüsitakse sügavamalt.

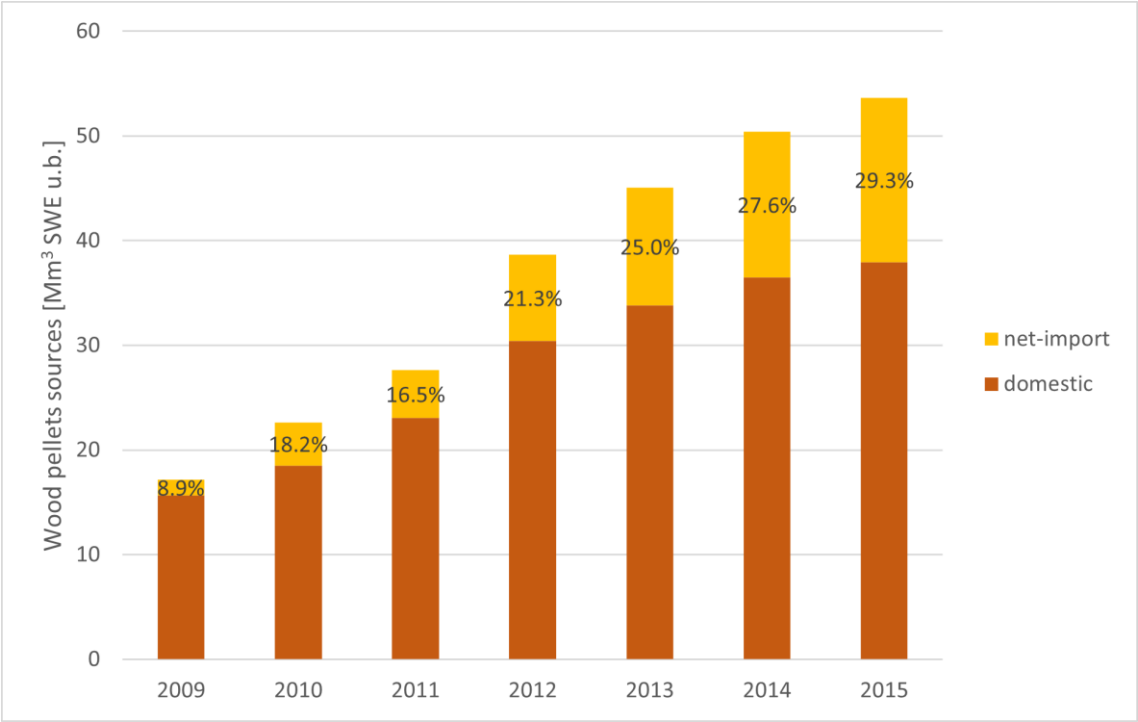
Et näitlikustada puitbiomassi voogusid materjali- ja energiasektorites ELis, töötasime välja Sankey diagrammi 2015. aasta kohta (joonis 14), mis põhineb uuringul Cazzaniga et al. (2019b). Eri sektorites kasutatav esmane puitbiomass põhineb peamiselt riigisisestel raiemahtudel, imporditakse üksnes väike kogus. Deklareeritud kasutustele vastamiseks tuleb lisada mõned teatamata raiemahud. Ümarpuidu koguhulka kasutatakse peamiselt materjalisektoris, kus toodetakse mitte üksnes põhitooteid, vaid ka märkimisväärsel hulgal kõrvalsaadusi. Puidupõhine tööstus kasutab mõnesid neist kõrvalsaadustest ja väiksel hulgal pärast tarbimist ringlusse võetud puitu puitplaatideks. Kõrvalsaadused, mis diagrammis on kujutatud sinisega, kuuluvad teisese puitbiomassi laiemasse kategooriasse. Väiksem hulk arvestamata teisest puitbiomassi moodustab allikate ja kasutuste vahelise erinevuse. Teisese biomassi liiki, mida ei arvestata, ei ole võimalik üksikasjalikult eristada. Märkimisväärset hulka koort kasutatakse puidupõhises tööstuses, aga seda ei saa kujutada. Energiaks kasutatav esmane puitbiomass võib olla madalama kvaliteediga kui energiaks kasutatav teisene biomass, aga see ei ole kaugeltki tähtsusetu. Energiaks kasutatav teisene puitbiomass hõlmab kõrvalsaadusi nii riigisisestest kui ka imporditud allikatest, pärast tarbimist ringlusse võetud puitu, koort ja mõnesid imporditavaid puidugraanuleid. Nii esmane kui ka teisene energiaks kasutatav biomass põhinevad peaaegu täielikult riigisisestel allikatel. Andmeallikates on ka märkimisväärne hulk kategoriseerimata puitbiomassi, mis nõuab mõningaid täiendavaid arvestamata esmaseid ja teiseseid energiaallikaid, mille osakaalu ei saa kättesaadavate andmetega tuletada. Siiski, diagrammist nähtub väga hea sisemine järjepidevus materjalisektoris, nii et kõrvalsaaduste pakkumine on teada ja on ebatõenäoline, et oluliselt suurem kõrvalsaaduste pakkumine oleks kättesaadav. Nii et tuleb püstitada hüpotees, kas teisese puidu import ELi-välistest riikidest on suuresti alateavitatud või raiemahud on suuresti alateavitatud. Teine hüpotees on tõenäolisem, nagu selles osas hiljem välja toome. Sankey näitab puidupõhise majanduse tsirkulaarset olemust seoses nii kõrvalsaaduste kasutamise kui ka ringlussevõetud puiduga. Teisene puit moodustab peaaegu poole (49%) kogu teatatud bioenergiaks kasutatavast puidust, samas kui esmane puit moodustab minimaalselt ligi 37% ja ülejäänud 14% on teadmata päritoluga puit (kategoriseerimata). Sankey diagrammis näidatud teatamata raiemahtude ja arvestamata teiseste allikate hinnangulisi koguseid selgitatakse selle osa järgmistes lõikudes.



Joonis 14. Sankey diagramm puitbiomassi voogude kohta ELis (andmed 2015 Mm^3 täispuitu)

UNREPORTED REMOVALS – TEATAMATA RAIEMAHT; WOOD REMOVALS – PUIDU RAIED; NET-IMPORT ROUNWOOD – NETOIMPORT ÜMARPUIT; TOTAL ROUNDWOOD – KOGU ÜMARPUIT; bark – koor; POST-CONSUMER WOOD – TARBIMISJÄRGNE PUIT;MATERIAL INDUSTRY – MATERJALITÖÖSTUS; NET-IMPORT BY-PRODUCTS NETOIMPORT KÕRVALSAADUSED; BY-PRODUCTS – KÕRVALSAADUSED; PRODUCTS – TOOTED; UNACCOUNTED SECONDARY – REGISTREERIMATA TEISENE; NET-IMPORT WOOD PELLETS – NETOIMPORT PUIDUGRAANULID; UNCATEGORISED SOURCES – KATEGORISEERIMATA ALLIKAD; SECONDARY – TEISENE; ENERGY - ENERGIA

Kuigi EL on mitme puidupõhise vahesaaduse ja valmistoote netoimportija, on ta olnud tööstusliku ümarpuidu, metsatööstuse kõrvalsaaduste ja puidugraanulite netoimportija. EL on suhteliselt isemajandav, mis puudutab küttepuitu, s.t. küttepuidu netokaubandus on üsna väikese tähtsusega. Mis puudutab teisese puitbiomassi allikaid, siis ELi toodang[24] on 2009. ja 2015. aasta vahel jätkuvalt suurenenud 22 miljoni m³ ehk 143% võrra. Puidugraanulite netoimpordi mahud on 2009. kuni 2015. aastani samuti jätkuvalt oluliselt suurenenud: 14 miljonit m³ ehk 931% (joonis 15). Nagu juba märgitud, langeb Ühendkuningriigi arvele ülekaalukas enamus neist netoimpordimahtudest, aga peaaegu üldse mitte riigisisest toodangut. Teatatud pärast tarbimist ringlusse võetud puit on sellesama ajavahemiku jooksul samuti püsivalt suurenenud umbes 7 miljoni m³ võrra.

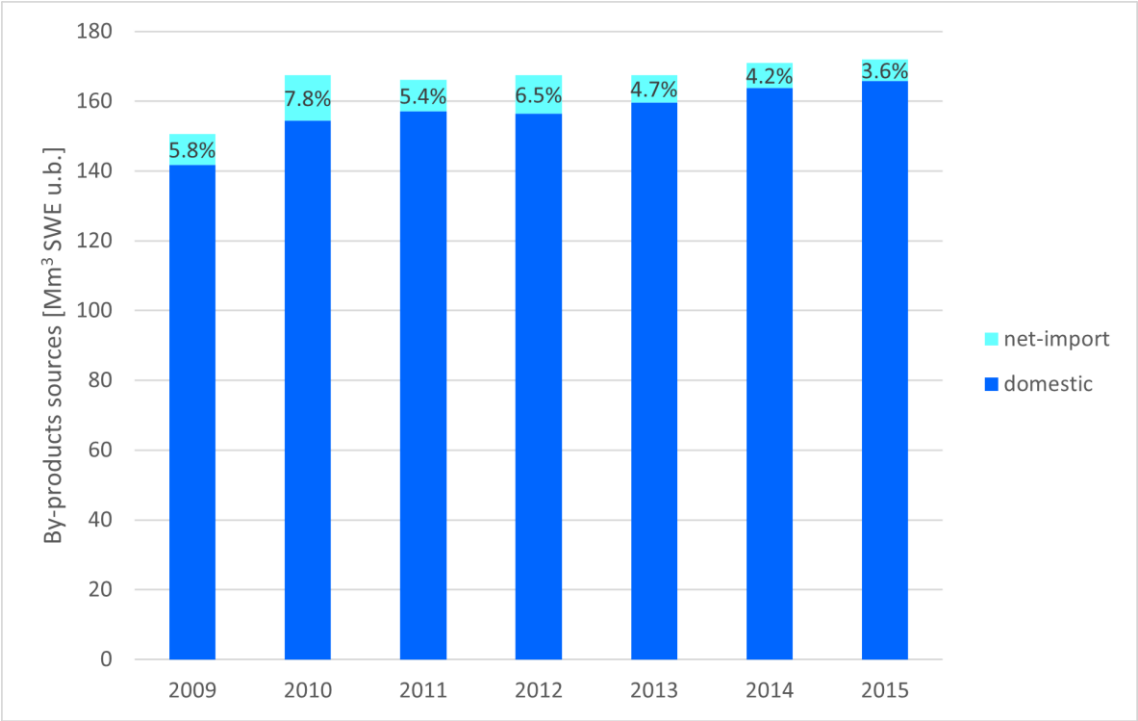


Joonis 15. Puidugraanulite teatatud allikad ELis (miljonit m³ täispuitu kooreta).

Wood pellets sources – Puidugraanulite allikad; SWE – Täispuidu ekvivalent; u.b. – koore alt; net-import – netoimport; domestic – riigisisene

Seevastu ELi puidupõhise tööstuse kõrvalsaaduste netoimpordimahud on pärast mõningast esialgset suurenemist näidanud 2009. kuni 2015. aastani üldist langevat suundumust (joonis 16). See viitab, et tabelis 4 nähtavat teisese netokaubanduse üldist suurenemist juhib peamiselt puidugraanulitega kauplemine.

[24] Selles peatükis sisaldab puidugraanulite kategooria alati ka muid pressitud tooteid (nt. brikett).



Joonis 16. Tööstuslike kõrvalsaaduste allikad ELis (miljonit m^3 täispuitu kooreta).

By-products sources – Kõrvalsaaduste allikad; SWE – Täispuidu ekvivalent; u.b. – koore alt; net-import – netoimport; domestic – riigisisene

Riigisisesed tahked ja vedelad kõrvalsaadused tulevad saematerjali, puidupõhiste plaatide ja tselluloosi tootmisest. Mustleelist kasutatakse peamiselt energiaks, tahkeid kõrvalsaadusi kasutatakse aga nii puidupõhiste plaatide ja tselluloosi kui ka hakkpuidu ja graanulite tootmiseks. Saeveskid kasutavad ilmselgelt ainult esmast puitu (ümarpuit/palgid). On võimalik analüüsida kõrvalsaaduste pakkumist üksikasjalikumalt, nagu esitatud joonisel 17, kus esitatakse üldine sisend tööstustesse ning tahked ja vedelad saadused.



Joonis 17. Puitbiomassi sisend ja väljund materjalisektori jaoks (miljonit m³ täispuitu, k.a. koor).

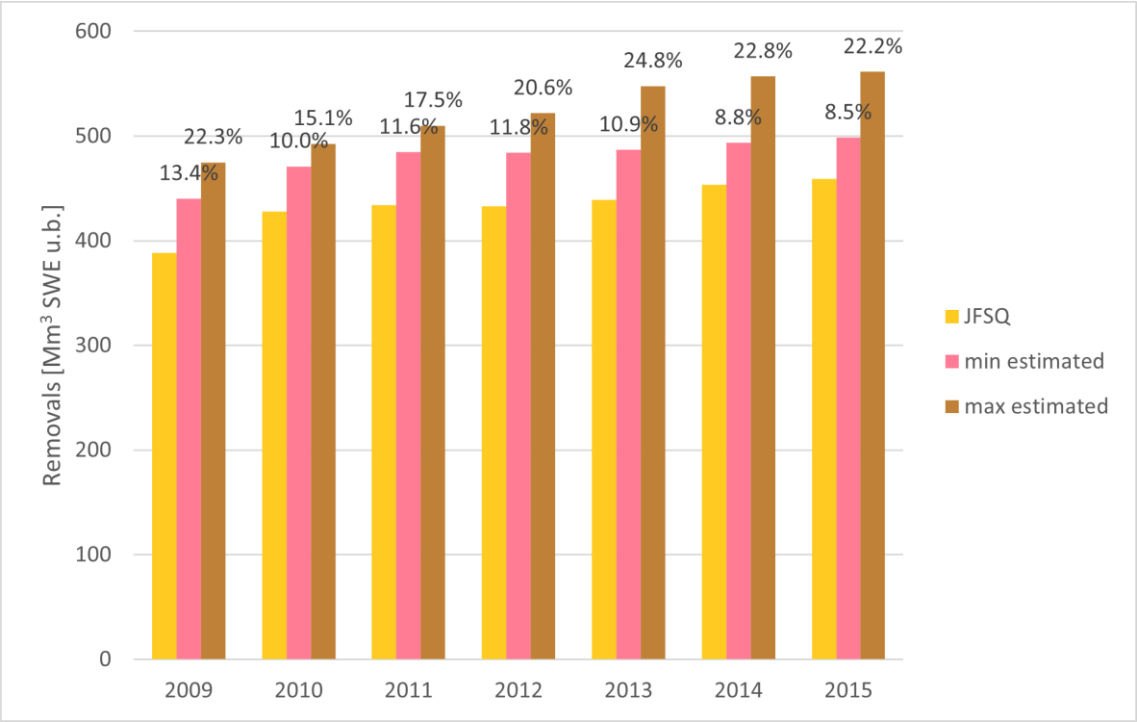
Woody biomass – Puitbiomass; SWE incl. bark – Täispuidu ekvivalent koorega; sawmill – saeveski; pulp industry – tselluloositööstus; panel industry – vineeritööstus; input primary – esmane sisend; input secoandary (incl. PCW) – teisene sisend (k.a tarbimisjärgne puit); output by-products – kõrvalsaaduste väljund

Saematerjalitööstuse tähtsus ilmneb joonisel 17. Seega on saeveskitööstus ELis ühtaegu suurim puitbiomassi tööstuslik kasutaja ja peamine teiseste puitkiudude allikas, mida kasutatakse puidupõhiste plaatide ja tselluloositööstustes, samuti energiaks (vt ka Cazzaniga et al. 2019a). Lisaks, kuna saepalgid kujutavad endast majanduslikult väärtuslikemat puude osa, siis on saeveskitööstus metsaomanikelt puitbiomassi saamisel otsustava tähtsusega. 2018).

Mõned uuringud näitavad, raiemahte ja raieid kaldutakse ametlikus statistikas tugevasti alahindama (vt nt Pilli et al. 2015, Jochem et al. 2015). Seega võib allikate ja kasutuste vahelise lõhe (tabel 4) osaliselt julgelt esmase puitbiomassi arvele kirjutada. Oleme tuletanud ümarpuidu kaudselt, materjaliks ja energiaks kasutatava esmase puidu hulgast (üksikasju vt. Jonsson et al. 2020), lahutades netoimpordimahud, mis on väljakujunenud protseduur, mida muuhulgas kasutab Rootsi Metsaamet. Materjalisektori puhul saadakse esmase puidu sisend (nagu joonisel 17), kasutades sisendikoefitsiente. Mis puudutab energiatootmist, siis kasutatava esmase puitbiomassi hulk on saadud otse algsetest andmeallikatest (ümber arvestatud m³ täispuidu ekvivalendiks, kui antud erinevas mõõtühikus).

Oluline roll on ka teatatud puitbiomassil, mis kuulub JWEE kategooriasse „täpsustamata“. Sel juhul (ja mõnel konkreetsel NREAP juhul) ei ole teada, kas see biomassi hulk puudutab esmast või teisest puitu või nende kahe kombinatsioon. Uurimuses Jonsson et al. (2021) välja toodud lahendus on anda hinnangulise esmase biomassi minimaalne ja maksimaalne väärtus, esitades eeldatavate väärtuste vahemiku. Minimaalsel juhul kirjutatakse kategoriseerimata puitbiomass täielikult teisese puitbiomassi arvele, samas kui maksimaalsel juhul kirjutatakse see täielikult esmase puidu arvele. Selle harjutuse tulemused esitatakse joonisel 18. JFSQ andmete ja hinnanguliste minimaalsete raiemahtude vahel on ilmsed vastuolud, kus energia poole puhul hõlmatakse üksnes deklareeritud

esmase puidu kasutused: erinevus ulatub 8,5%-st kuni 13,4%-ni. Arvestades maksimaalseid hinnanguid, on erinevus tervelt 25%.

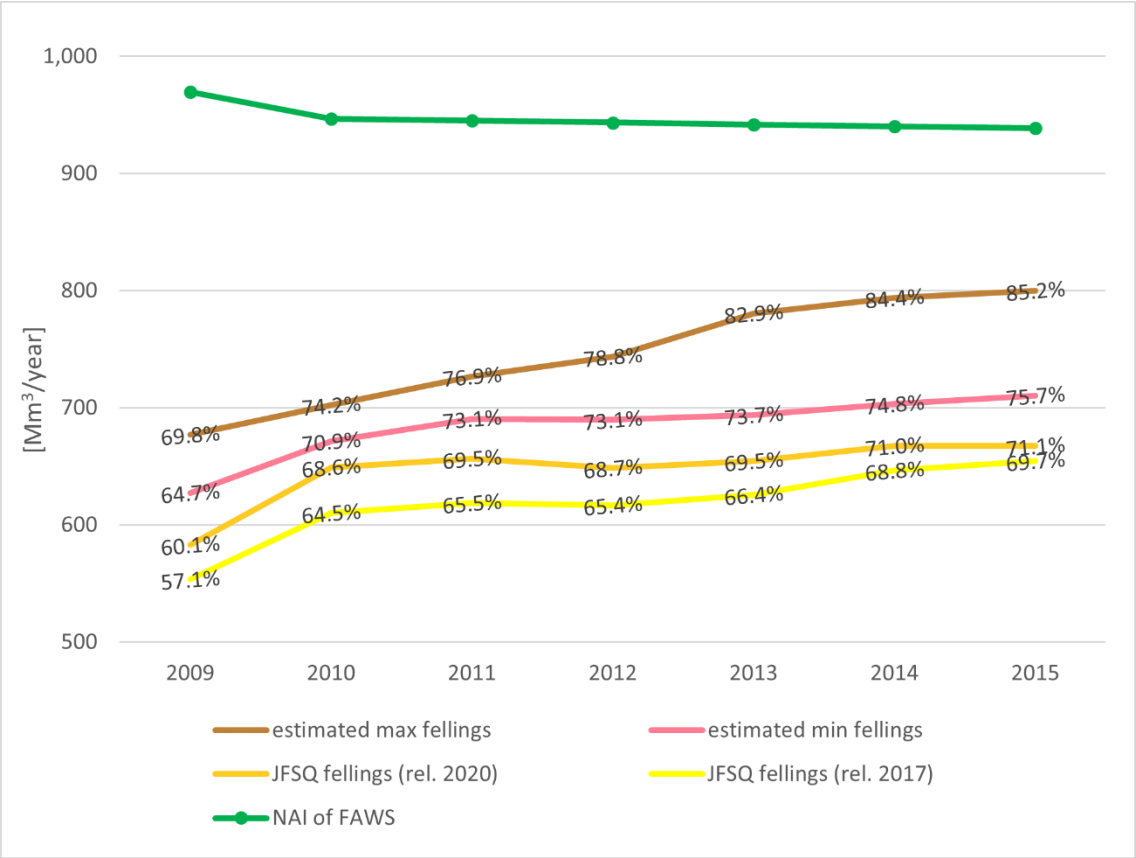


Joonis18 . Kogu raiemaht metsast ja väljastpoolt metsa (miljonit m3 täispuitu, kooreta), ühise metsasektori küsitluse (2017) andmetel ja hinnanguliselt kasutamise kohta esitatud teadete põhjal.

Protsendid näitavad erinevust teatatud ja hinnanguliste raiemahtude vahel (allikas: Jonsson et al. 2020).

Removals – Raiemaht; SWE u.b. – täispuidu ekvivalent kooreta; min estimated – min hinnanguline; max estimated – max hinnanguline

Kaks erinevat raiemahtude hinnangut saab teisendada raieteks (raied), mis on tuletatud teatatud kasutustest, korrutades need raiete ja raiemahtude vahelise keskmise suhtarvuga, mis perioodi 2004-2013 kohta on saadud (vt Camia et al. 2018), 1,25. Lõpuks saab neid võrrelda raietega, mis on saadud JFSQ raiemahtude andmete kaudu, ja aastase netojuurdekasvuga (NAI), vt joonis 19.



Joonis 19. Majandusmetsa aastase netojuurdekasvu võrdlus ELis, arvestades esmase puidu materjalina ja energia tootmiseks kasutamise alusel hinnatud raieid ning ühise metsasektori küsitluse raiemahtude põhjal hinnatud raieid. Ühik: miljonit m^3 aastas. Ülestöötamise ja juurdekasvu suhe on esitatud protsentidena (allikas: Jonsson et al. 2020).

year – aasta; estimated max fellings – hinnanguliselt max raied; estimated min fellings – hinnanguliselt min raied; rel. – võrreldes; fellings – raied; NAI of FAWS – majandatava metsa aastane netojuurdekasv

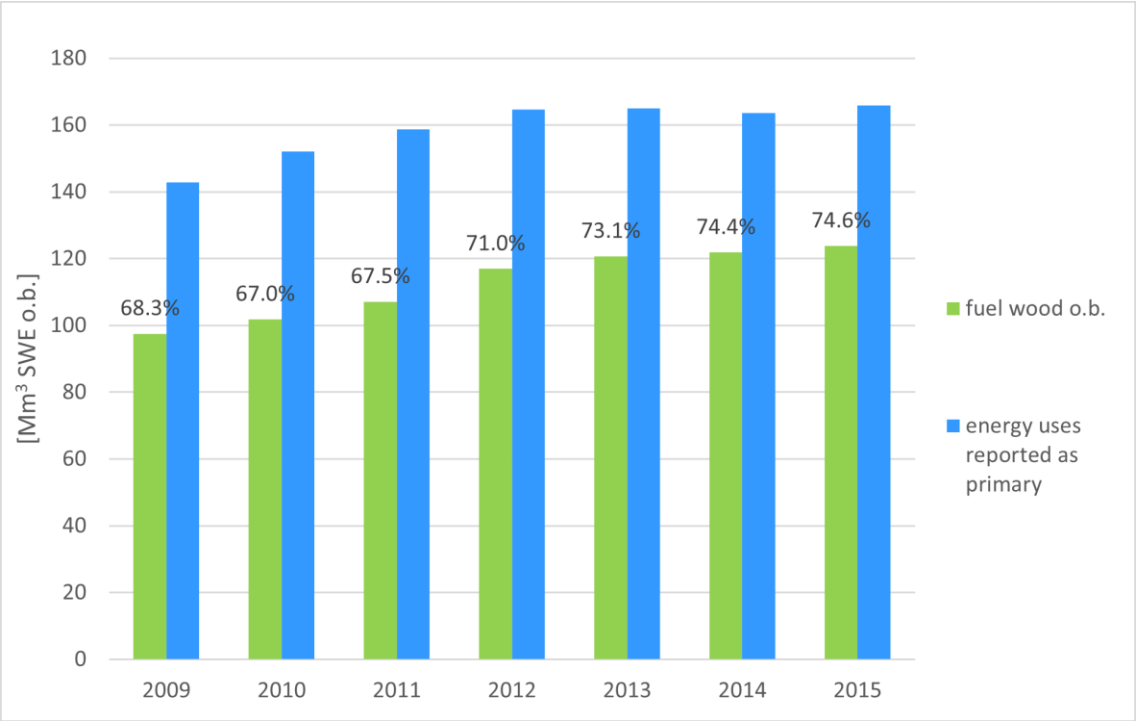
Seega annab teatatud puitbiomassi kasutamiste analüüs märku raiemahtude alahindamisest ELi tasandil, mis kandub edasi alahinnatud raietele. See probleem jääb alles ka siis, kui arvestada JFSQ värskeimat 2020. aasta väljaannet[25]. JFSQ kõige viimane statistika uuritavate aastate kohta näitab suuremaid äraveo mahtusid, kui eelmised väljaanded, aga seonduvad raied jäävad siiski allapoole kasutuspõhiste hinnangute vahemikku. Kuigi ülestöötamise ja juurdekasvu suhtarv on allpool puidu varumiseks kasutatava metsa aastase netojuurdekasvu 100% künnist[26] ka maksimumjuhtumi puhul, tundub see kasvavat, mis tuleneb ülestöötamistasemete tõusmisest ja suhteliselt stabiilsest aastasest netojuurdekasvust (joonis 5, joonis 19). Veelgi enam, minimaalsete ja maksimaalsete väärtuste vahelise erinevuse ajas suurenemise järgi otsustades kaldub hinnang ajas olema järjest ebamäärasem. Raiete ja aastase netojuurdekasvu suhtarvu suurenemise suundumust, mida on täheldatud, kinnitab ka hiljuti välja antud Euroopa metsade seisukorra aruanne (Forest Europe, 2020). Absoluutarvud ei ole siiski otseselt võrreldavad, kuna siin me viitame kogu maapealsele biomassile ja võtame arvesse hinnanguid kõigi ELi liikmesriikide kohta.

Deklareeritud kasutuste ja teatatud allikate vahel on silmatorkavad lahknevused, eriti esmase puitbiomassi puhul. Esmasel puidul põhinevatena teatatud energiakasutuste ja teatatud küttepuidu

[25] JFSQ võib tagantjärele muudatusi teha. Seda kirjeldatakse lähemalt 2. peatükis.

[26] Põhimõtteliselt annab 100%-line ülestöötamise ja juurdekasvu suhtarv märku püsivast seisukorrast, s.t. kasvava metsa varu puiduks kasutatavas metsas (FAWS) ei kasva ega kahane; kui see tase on kõrgem, siis kasvava metsa varud puidu varumiseks kasutatavas metsas vähenevad. Kogu metsaala aastane netojuurdekasv, s.t., kaasa arvatud mets, mida puidu varumiseks ei kasutata, on ilmselgelt suurem, mis tähendab, et Euroopa metsades on veel „kasutamata süsinikuvaru" ka siis, kui ülestöötamise ja juurdekasvu suhtarv puidu varumiseks kasutatavas metsas jõuab 100%-ni.

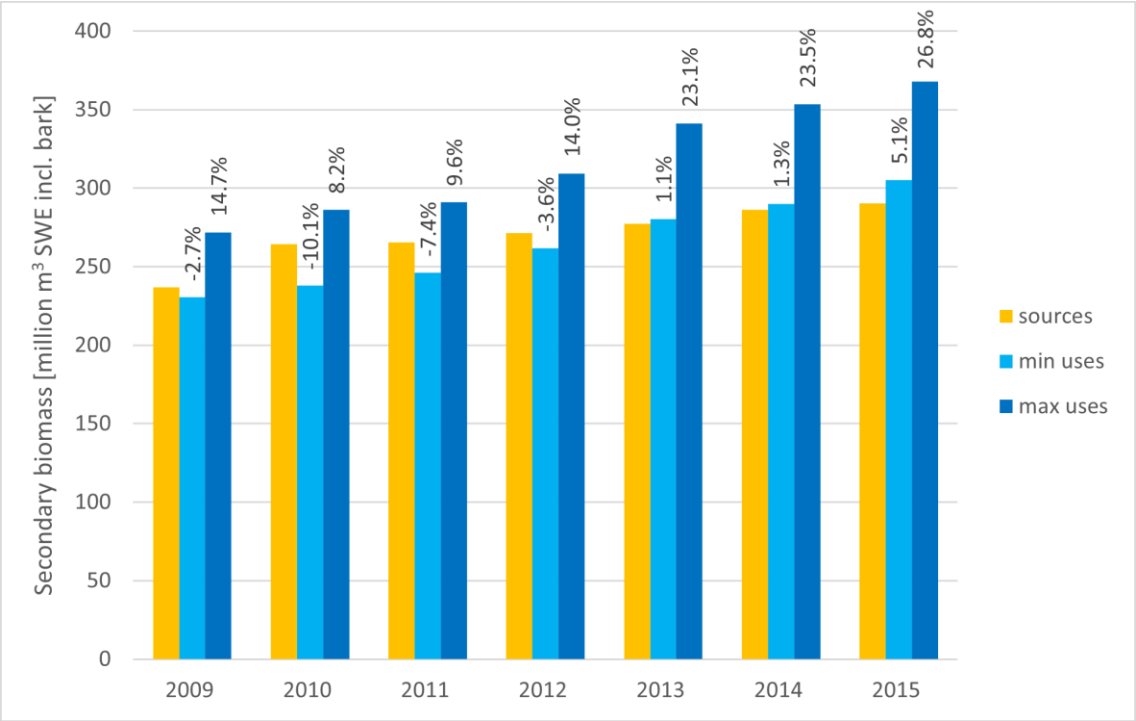
vahelised erinevused JFSQ 2017-s on märkimisväärsed. Siiski, suurima osa lõhedest tabelis 4 ja sellest tulenevalt analüüsi suurimad ebamäärasused võib kanda energeetikasektori, eelkõige esmase puidu arvele (joonis 20).



Joonis 20. Teatatud küttepuidu allikad võrrelduna teadetega esmase puidu energia tootmiseks kasutamise kohta (miljonit m^3 täispuidu ekvivalenti, koorega).

SWE o.b. – täispuit koorega; fuel wood o.b. – küttepuit koorega; energy uses reported as primary – esmasena teatatud energiakasutus

Teisese puitbiomassi allikate ja kasutuste vahelisi erinevusi on võimalik analüüsida sarnasel viisil nagu esmase puidu puhul. Minimaalseid teisese puitbiomassi kasutusi energiaks saab hinnata kaudsest puidust puiduressursibilansi peatabelis all paremal (Cazzaniga et al. 2019b). Maksimaalsed kasutused näitavad ära ka kategoriseerimata puidu soojuseks ja elektriks.

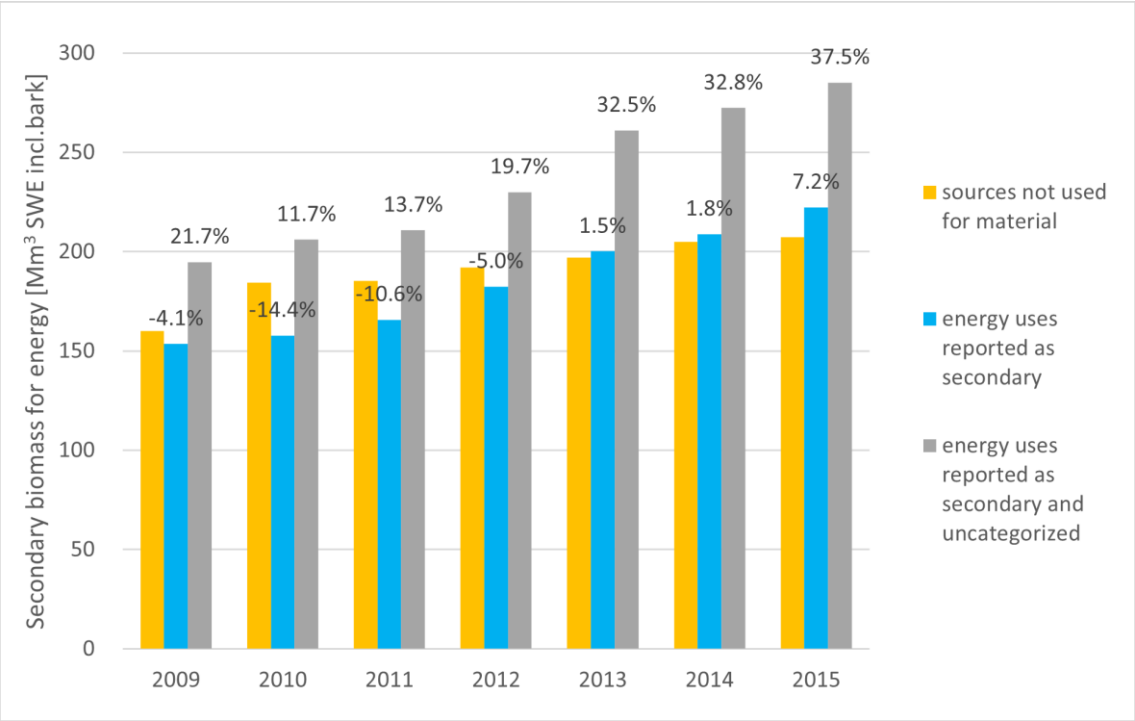


Joonis 21. Teisese puitbiomassi allikad võrrelduna hinnangulise materjalina ja energeetikas kasutusega, miljonit m^3 täispuidu ekvivalenti, k.a koor. Näidatakse ka erinevaid kasutusprotsente, arvestades teatatud allikaid.

Secondary biomass – Teisene biomass; SEW incl bark – täispuidu ekvivalent, k.a koor; sources – allikad; min uses – min kasutus; max uses – max kasutus

Joonis 21 näitab, et erinevused allikate ja minimaalsete hinnanguliste kasutuste vahel (mis kattuvad teatatud teisese puitbiomassi kasutustega) on üsna väikesed. Siiski, materjali tootmiseks mitte kasutatavate teiseste allikate[27] ja hinnanguliste tegelike energiaks kasutamiste vahelised erinevused (joonis 22) on palju väiksemad, võrreldes küttepuidu ja esmase puidu energiaks kasutamiste vaheliste erinevustega, mis on näidatud joonisel 20. See toetab veelgi enam järeldust, et suurima osa energiaks kasutatavast kategoriseerimata puitbiomassist võib lugeda raiemahtudest tulenevaks. Hüpoteetiline eeldus, s.t. et kategoriseerimata puitbiomassi allikad koosnevad teisesest puitbiomassist, tähendaks, et teisese puitbiomassiga kauplemine on tõsiselt alateatatud, mille tagajärjeks on seninägematud ELi netoimpordimahud, või et ELi metsapõhise tööstuse toodang on oluliselt alateatatud (suurendades seega kõrvalsaaduste pakkumist), või nende kombinatsioon. Need kõik on ebatõenäolised stsenaariumid, kuna metsatööstuse toodangu ja kaubanduse andmeid peetakse palju usaldusväärsemateks kui andmeid raiemahtude kohta. See on põhjus, miks tähelepanuväärse näitena Rootsi Metsaamet hindab ka raiet, kasutades andmeid deklareeritud puidu energiaks kasutamise, metsatööstuse toodangu ning ümarpuidu, hakkpuidu ja puitlaastudega kauplemise kohta.

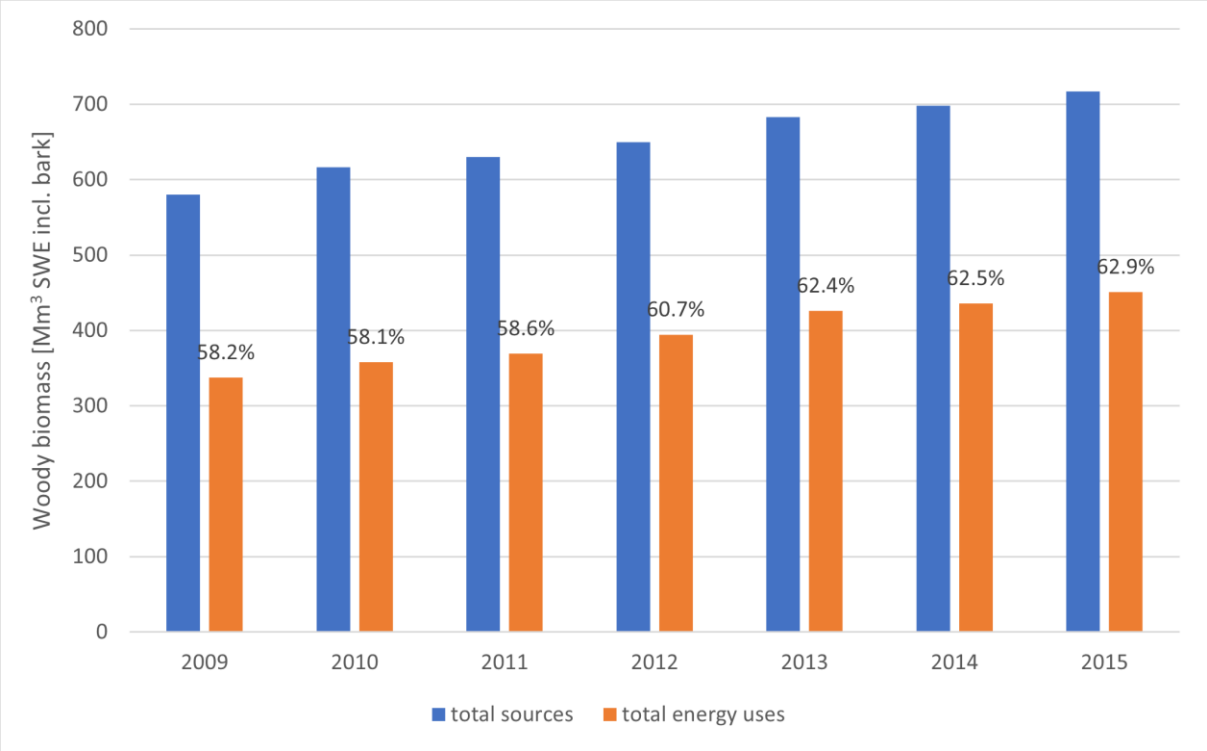
[27] Teisesed allikad puitbiomassi kohta, mida ei kasutata materjali otstarbel, pluss koor, pärast tarbimist ringlusse võetud puit ja puidugraanulite netimpordi mahud, võrrelduna kaudse puiduga (energia tootmiseks), WRB paremal (kasutuste) poolel.



Joonis 22. Teisesed puitbiomassi allikad, miljonit m³ täispuidu ekvivalenti, k.a koor, võrrelduna energia tootmiseks kasutatava teisese puitbiomassiga ja energia tootmiseks kasutatava kategoriseerimata puitbiomassiga. Näidatakse ka erinevaid kasutusprotsente, arvestades teatatud allikaid.

Secondary biomass for energy – Teisene biomass energi atootmiseks; SWE incl. bark – täispuidu ekvivalent, k.a koor; sources not used for material – materjaliks mittekasutatud allikad; energy uses reported as secondary – teisestena teatatud energiakasutus; energy uses reported as secondary and uncategorised – teisestena teatatud ja kategoriseerimata energiakasutus

Viimaks, puiduressursibilanssidest on võimalik hinnata soojuseks ja elektriks kasutatava puitbiomassi osakaalu kättesaadavate allikate põhjal. Joonisel 23 näidatud koguallikad hõlmavad nii esmaseid kui ka teiseseid allikaid, ilma et kaskaadimises rohkem kui üks kord kasutatud biomassi loetaks topelt (erinevalt allikatest tabeli 4 puiduressursibilansi kokkuvõttes). Kogu energeetikas kasutamine sellelsamal joonisel viitab puitbiomassi hulkadele, mida kasutatakse energia otstarbel, nii otseselt kui ka pärast edasist töötlust materjalitööstuses. Need kujutavad aasta lõpuks põletatud puitbiomassi, kas esimese ja ainukordse kasutusena või pärast materjaliks kasutamist või eeltöötlemist. Võrdlus näitab, et 2009. kuni 2015. aastani on energiaks kasutatavate (esmase ja teisese) puitbiomassi allikate summeeritud osakaal kasvanud, 58%-lt 63%-le.



Joonis 23. Kogu energeetikas kasutamine kõrvutatuna kõikide allikatega (sealhulgas arvestamata), miljonit m³ täispuidu ekvivalenti, k.a koor. Aastalõpu koguarvestus, milles ei ole kaskaadimisest tingitud kahekordset lugemist.

Woody biomass – Puitbiomass; SWE incl. bark – täispuidu ekvivalent, k.a koor; total sources – kõik allikad; total energy sources – kõik energiaallikad

3.6 Järeldused ja põhisõnumid

Andmed näitavad suurenevat üldist puitbiomassi kasutamist ELis ja energiaks kasutatava puitbiomassi kasutamise suurenemist, ehkki energiakasutuse kasvamine on 2013. aastast alates aeglustunud.

Esmane puit (puitbiomass, mis on saadud otse kas metsadest või väljastpoolt metsi ilma edasise töötlemise ja ümbertöötlemiseta) moodustab vähemalt 37% ELi energiaks kasutatava puidu sisendi kombinatsioonist. Hindasime, et umbkaudu 47% niisugusest esmasest puidust koosneb tüvepuidust ja ülejäänud 53% koosneb muudest puiduosadest (puuladvad, oksad jms). Võib oletada, et vähemalt pool bioenergiaks ära veetavast tüvepuidust ELis pärineb otse madalmetsadest. Teisene puit (kõrvalsaadused puidutöötlemistööstusest, koor ja pärast tarbimist ringlusse võetud puit) moodustab 49% ELi energiaks kasutatava puidu sisendi kombinatsioonist. Ülejäänud 14% sisendi kombinatsioonist on teatatud statistikas kategoriseerimata ja seega ei saa seda otseselt seostada ei esmaste ega teiseste allikatega. Siiski, meie analüüs näitab selgelt, et energiaks kasutatava kategoriseerimata puidu kategooria koosneb tõenäolisemalt pigem esmasest kui teisesest puidust.

Sünergiad, nagu ka konkurents puidupõhises majanduses on ilmsed. Sarnaselt energiamajandusele põhinevad puidupõhise plaadi ja tselluloosi tööstused samamoodi suuresti metsatööstuse kõrvalsaadustele. Seetõttu sõltuvad energiamajandus ning puidupõhise plaadi ja tselluloositööstused kõik saematerjalinõudlusest ja nad konkureerivad samade toorainete pärast. Need omavahelised seosed nõuavad terviklikku lähenemisviisi, sest puitbiomassi allikate ja energiaks kastutamiste hindamine peab arvestama ka kogu metsapõhist tööstust.

Looduslikud häiringud, millele järgnevad päästeraied, on 2014. aastast alates (peamiselt) Kesk-Euroopas järsult suurenenud, tuues turule märkimisväärsel hulgal kahjustunud puitu. Kahjustunud

puidu ülepakkumine võib turgu lühiajaliselt moonutada, langetades puiduhindu ja suunates puitbiomassi voogusid energeetikasektorisse.

Puiduressursibilanssidest ilmnevad arvestatavad vastuolud teatatud andmetes. Seega, üldisel ELi tasandil kõigi analüüsitud aastate kohta ületab puidupõhiste toodete tootmisel ning soojuseks ja elektriks kasutatud puitbiomassi hulk teatatud allikate koguhulka. See lõhe on aja jooksul järjest kasvanud. Meie analüüs pakub välja, et teatatud puitbiomassi kasutuse ja allikate vahelise lõhe põhjuseks võib suuresti olla energeetikasektor ja see koosneb peamiselt alateatatud raiemahtudest. Eelkõige kasvav suundumus teatada teadmata päritoluga puidust energiakasutustes on murekoht, mida saab lahendada üksnes andmete kättesaadavuse ja kvaliteedi parandamisega. Uus energialiidu ja kliimameetmete juhtimise määrus aitab loodetavasti kaasa selle saavutamisele. Teine võimalik panus energiaks kasutatava puidu statistika parandamiseks võib tuleneda metsa bioenergeetika säästlikkuskriteeriumite rakendamisest taastuvenergiadirektiivi (REDII, direktiiv 2018/2001) kohaselt. REDII art. 29 kohaselt kohaldatakse metsa bioenergeetika säästlikkuskriteeriumeid ainult biomassile, mida kasutatakse paigaldistes, mis toodavad elektrit, kütet ja jahutust või kütuseid, mille kogu nimisoojusvõimsus võrdub või ületab 20 MW (liikmesriigid võivad säästlikkuskriteeriumeid kohaldada väiksema nimisoojusvõimsusega paigaldistele). Kuna säästlikkuskriteeriumite rakendamine seab rangemad andmete teatamise kohustused, siis võib siduva 20 MW künnise alandamise korral potentsiaalselt oodata andmete kvaliteedi ja täielikkuse suhtelist paranemist, sest on rohkem paigaldisi, mis on kohustatud kriteeriume rakendama.

Kesksed sõnumid:

- **Teatatud puitbiomassi kasutamised materjaliks ja bioenergiaks on viimasel kahel kümnendil suurenenud.**
- **Teatatud puitbiomassi bioenergiaks kasutamine suurenes 2000. kuni 2013. aastani, seejärel kasv aeglustus.**
- **EL on olnud tööstusliku ümarpuidu, kõrvalsaaduste ja puidugraanulite netoimportija. Ühendkuningriigi arvele langeb ülekaalukas enamus (97%) puidugraanulite impordimahtudest.**
- **Kättesaadavates andmetes on vastuolusid: teatatud kasutused on järjepidevalt suuremad kui teatatud allikad (2015. aastal 117 Mm^3), suurte erinevustega liikmesriigiti.**
- **Teatatud puitbiomassi kasutuse ja allikate vahelise lõhe põhjuseks võib suuresti olla energeetikasektor.**
- **Teatatud puidu allikate ja kasutuste analüüs näitab olulisi alahindamisi ametlikes raiemahtude andmetes (mis võivad ulatuda isegi kuni 18%-ni).**
- **Sünergiad, nagu ka konkurents tööstuslike ja energiaks kasutamiste vahel on ilmsed. Sünergiad hõlmavad metsatööstuse kõrvalsaaduste kasutamist bioenergiaks, mis suurendab põhitoodete tootmise kasumlikkust; samas kui konkurents eksisteerib peamiselt saematerjali kõrvalsaaduste puhul. Energeetikasektor on suurim ELi-siseste puidutöötlemise kõrvalsaaduste kasutaja.**
- **Tööstuslikud kõrvalsaadused ja taastatud puit saavad energeetikasektori suurenenud nõudlust eelduste kohaselt üksnes osaliselt rahuldada, arvestades, et neid allikaid kasutatakse ka puittoodete tootmises.**
- **Puitbiomassi kasutuste säästlikkuse täpne hindamine nõuab paremini kättesaadavaid ja kvaliteetsemaid andmeid, mida võib hõlbustada energialiidu ja kliimameetmete juhtimise määruse täielik rakendamine.**

- **20 MW künnise alandamine paigaldiste jaoks, et kohustuslikult rakendada säästlikkuskriteeriumeid metsa bioenergeetika jaoks, võiks kaasa aidata andmete kvaliteedi ja täielikkuse parandamisele.**
- **Looduslikud häiringud, millele järgnevad päästeraied, on 2014. aastast alates Kesk-Euroopas järsult suurenenud.**
- **Päästeraietest tulenev puidu ülepakkumine võib turgu lühiajaliselt moonutada, alandades puiduhindu ja mõjutades energiaks kasutatava puitbiomassi vooge.**
- **Päästeraiete järgsete puitbiomassi voogude kohta teabe saamiseks on vaja edasist uurimist.**

2. ja 3. peatüki viited

Alberdi, I., Michalak, R., Fischer, C., Gasparini, P., Brändli, U.-B., Tomter, S.M., Kuliesis, A. et al. 2016. "Towards Harmonized Assessment of European Forest Availability for Wood Supply in Europe." Forest Policy and Economics 70 (September): 20–29. doi.org:10.1016/j.forpol.2016.05.014

Camia, A., Cazzaniga, N., Pilli, R. and Vacchiano, G., 2017. Brief on forestry biomass production, Lusser, M., Sanchez Lopez, J., Klinkenberg, M. and Avraamides, M. editor(s), Publications Office of the European Union, Luxembourg, doi:10.2760/59347

Camia, A., Robert, N., Jonsson, R., Pilli, R., García-Condado, S., López-Lozano, R., van der Velde, M., Ronzon, T., Gurría, P., M'Barek, R., Tamosiunas, S., Fiore, G., Araujo, R., Hoepffner, N., Marelli, L., Giuntoli, J. 2018. Biomass production, supply, uses and flows in the European Union. First results from an integrated assessment, EUR 28993 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018, ISBN978-9279-77237-5, doi:10.2760/539520, JRC109869

Cazzaniga N.E., Jonsson R., Palermo D., Camia A. 2019a. Sankey diagrams of woody biomass flows in the EU-28. EC Joint Research Centre, Publications Office of the European Union, Luxembourg, doi:10.2760/227292.

Cazzaniga N.E., Jonsson R., Pilli R., Camia A. 2019b. Wood Resource Balances of EU-28 and Member States. EC Joint Research Centre, Publications Office of the European Union, Luxembourg, doi:10.2760/020267

Ceccherini, G., Duveiller, G., Grassi, G., Lemoine, G., Avitabile, V., Pilli, R., & Cescatti, A., 2020. Abrupt increase in harvested forest area over Europe after 2015. Nature, 583(7814), 72-77.

CSO, 2019. Czech Statistical Office. Data on forestry. https://www.czso.cz/csu/czso/forestry-2019

Disney, M., Burt, A., Calders, K., Schaaf, C., & Stovall, A. (2019). Innovations in ground and airborne technologies as reference and for training and validation: terrestrial laser scanning (TLS). Surveys in Geophysics, 40(4), 937-958.

Duncanson, L., Armston, J., Disney, M., Avitabile, V., Barbier, N., Calders, K., & Falkowski, M., 2019. The importance of consistent global forest aboveground biomass product validation. Surveys in geophysics, 40(4), 979-999.

EC-JRC, 2010. "Input and Output Coefficients for the Wood-Based Industry [Dataset]." http://data.europa.eu/89h/a1f94d36-748d-48ef-81bd-f936c64e5800

EU, 2008. Euroopa Parlamendi ja nõukogu määruse (EÜ) nr 1099/2008, 22. oktoober 2008, energiastatistika kohta (EMPs kohaldatav tekst). Vol. OJ L 304, 14.11.2008. http://data.europa.eu/eli/reg/2008/1099/oj

EL, 2009, Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiiv 2009/28/EÜ, 23. aprill 2009, taastuvatest energiaallikatest toodetud energia kasutamise edendamise kohta ning direktiivide 2001/77/EÜ ja 2003/30/EÜ muutmise ja hilisema kehtetuks tunnistamise kohta. Euroopa Liidu Teataja. L 140/16.
http://data.europa.eu/eli/dir/2009/28/oj

EU 2011. Euroopa Parlamendi ja nõukogu määrus (EL) nr 305/2011, 9. märts 2011, millega sätestatakse ehitustoodete ühtlustatud turustustingimused ning tunnistatakse kehtetuks nõukogu direktiiv 89/106/EMÜ. Euroopa Liidu Teataja, Euroopa Liidu Väljaannete Talitus, Luxembourg, lk. 39.

EL 2013. Euroopa Parlamendi ja nõukogu otsus nr 529/2013/EL, 21. mai 2013 , maakasutuse, maakasutuse muutuse ja metsandusega seotud tegevustest tuleneva kasvuhoonegaaside heite ja sidumise arvestuseeskirjade ning nimetatud tegevustest tulenevate meetmetega seotud teabe kohta - ELT L 165, 18.6.2013, lk 80–97. http://data.europa.eu/eli/dec/2013/529/oj

European Commission, 2018. Guidance on cascading use of biomass with selected good practice examples on woody biomass. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

European Commission, 2019. Stepping Up EU Action to Protect and Restore the World's Forests Communication to the European Parliament Document no. 52019DC0352; https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52019DC0352.

Eurostat, FAO, ITTO, and UNECE, 2017. Joint Forest Sector Questionnaire 2017 - Definitions. Eurostat. https://circabc.europa.eu/sd/a/c8c83831-84f1-4ba2-966de7ee87b2b170/Definitions%20in%20English%20-%20JFSQ%202017.docx

FAO, 2018. Terms and Definitions - FRA 2020. Forest Resources Assessment (FRA) Working Paper 188. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. http://www.fao.org/3/I8661EN/i8661en.pdf

FAO, 2020. Global Forest Resources Assessment 2020: Main Report. Rome, Italy: FAO. https://doi.org/10.4060/ca9825en.

FAO, 2020b. FAO, ITTO and United Nations. 2020. Forest product conversion factors. Rome. https://doi.org/10.4060/ca7952en

Forest Europe, 2015. State of Europe's Forests 2015. Madrid: Forest Europe Liaison Unit Madrid. http://www.foresteurope.org/docs/fullsoef2015.pdf

Forest Europe, 2020: State of Europe's Forests 2020. https://foresteurope.org/wpcontent/uploads/2016/08/SoEF_2020.pdf

Forzieri G., Girardello M., Ceccherini G., Mauri A., Spinoni J., Beck P., Feyen L. and Cescatti A. 2020. Vulnerability of European forests to natural disturbances, EUR 29992 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, ISBN 978-92-76-13884-6, doi:10.2760/736558, JRC118512.

Grassi, G., House, J., Dentener, F., Federici, S., den Elzen, M., & Penman, J., 2017. The key role of forests in meeting climate targets requires science for credible mitigation. Nature Climate Change, 7(3), 220-226.

Gregow, H., Laaksonen, A. & Alper, M., 2017. Increasing large scale windstorm damage in Western, Central and Northern European forests, 1951–2010. *Sci Rep* 7, 46397. https://doi.org/10.1038/srep46397

Gschwantner, T., Alberdi, I., Balázs, A., Bauwens, S., Bender, S., Borota, D., Bosela, M. et al. 2019. "Harmonisation of Stem Volume Estimates in European National Forest Inventories." Annals of Forest Science 76 (1): 24. doi.org:10.1007/s13595-019-0800-8

Gschwantner, T., Schadauer, K., Vidal, C., Lanz, A., Tomppo, E., di Cosmo, L., Robert, N., Englert Duursma, D., Lawrence, M., 2009. "Common Tree Definitions for National Forest Inventories in Europe." Silva Fennica 43 (2): 303–321.

Hawkins, Jason, and J. D. Hunt, 2018. "Development of Environmentally Extended Social Accounting Matrices for Policy Analysis in Alberta." Economic Systems Research 0 (0): 1–18. doi.org:10.1080/09535314.2018.1474854.

Herold, M., Carter, S., Avitabile, V., Espejo, A. B., Jonckheere, I., Lucas, R., ... & Reiche, J., 2019. The role and need for space-based forest biomass-related measurements in environmental management and policy. Surveys in Geophysics, 40(4), 757-778.

Hlásny, T., Krokene, P., Liebhold, A., Montagné-Huck, C., Müller, J., Qin, H., Raffa, K., Schelhaas, M-J., Seidl, R., Svoboda, M., Viiri, H., 2019. Living with bark beetles: impacts, outlook and management options. From Science to Policy 8. European Forest Institute.

Holmes, T.P., 1991, Price and welfare effects of catastrophic forest damage from Southern pine beetle epidemics. Forest Science 37: 500–516.

Hurmekoski, E., Jonsson, R., Korhonen, J., Jänis, J., Mäkinen, M., Leskinen, P., Hetemäki, L., 2018. Diversification of the forest industries: Role of new wood-based products. Canadian Journal of Forest Research, 48: 1417–1432. URL: doi.org:10.1139/cjfr-2018-0116

Hurmekoski, E., Jonsson, R., Nord, T., 2015. Context, drivers, and future potential for wood-frame multistory construction in Europe. Technological Forecasting & Social Change, 99: 181–196. dx.doi.org:10.1016/j.techfore.2015.07.002

IPCC 203, Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry,

Jochem D, Weimar H., Bösch M., Mantau U., Dieter M., 2015. Estimation of wood removals and fellings in Germany: a calculation approach based on the amount of used roundwood. European Journal of Forest Research, 134(5), 869–888

Jonsson R., Cazzaniga N.E., Camia A., Mubareka S., 2021. Deriving wood removals and fellings from woody biomass uses - comparisons with official data. Forthcoming as an EC Joint Research Centre, Publications Office of the European Union, Luxembourg

Jonsson, R., Rinaldi, F., 2017. The impact on global wood-product markets of increasing consumption of wood pellets within the European Union. Energy, 133: 864-878. DOI: 10.1016/j.energy.2017.05.178

Kulakowski, D., Seidl, R., Holeksa, J., Kuuluvainen, T., Nagel, T.A., Panayotov, M., Svoboda, M., Thorn, S., Vacchiano, G., Whitlock, C., Wohlgemuth, T., Bebi, P., 2017. A walk on the wild side: Disturbance dynamics and the conservation and management of European mountain forest ecosystems. Forest Ecology and Management, 388: 120-131

Lindner, M. et al., 2014. Climate change and European forests: What do we know, what are the uncertainties, and what are the implications for forest management? J. Environ. Manag. 146, 69-83.

Mainar-Causapé, A. J., Philippidis G., and Sanjuán-López Ana I., 2020. "Constructing an Open Access Economy-Wide Database for Bioeconomy Impact Assessment in the European Union Member States." Economic Systems Research, July, 1–24. doi.org:10.1080/09535314.2020.1785848 .

Mantau, U., 2010. Method of the Wood Resource Balance. In EUwood - Methodology Report, by Udo Mantau and al., 14–30. Hamburg/Germany.

Mantau, U., 2012. Wood Flows in Europe (EU27). Project report. Celle 2012, 24 pp

Mantau, U., 2015. Wood flow analysis: Quantification of resource potentials, cascades and carbon effects. Biomass and Bioenergy, 79, 28-38.

Mubareka, S., Vacchiano, G., Pilli, R., Hilferink, M., Fiorese, G., Jonsson, R., ... & Camia, A., 2018. Integrated modelling approach to assess woody biomass supply, demand and environmental impacts of forest management in the EU.

Nabuurs, G.J., Lindner, M., Verkerk, P.J., Gunia, K., Deda, P., Michalak, R. & Grassi, G., 2013. First signs of carbon sink saturation in European forest biomass, Nature Climate Change, Vol. 3, pp. 792–796.

Pal B. D., Sanjib P., and Joyashree R., 2012. "Environmentally Extended Social Accounting Matrix (ESAM) for Climate Change Analysis in India." SSRN Scholarly Paper ID 2122951. Rochester, NY: Social Science Research Network. https://papers.ssrn.com/abstract=2122951

Philippidis, George, Ana I. Sanjuán, Emanuele Ferrari, and Robert M'barek., 2014. "Employing Social Accounting Matrix Multipliers to Profile the Bioeconomy in the EU Member States: Is There a Structural Pattern?" Spanish Journal of Agricultural Research 12 (4): 913–26. doi.org:10.5424/sjar/2014124-6192

Pilli R., Fiorese G., Grassi G., 2015. EU mitigation potential of harvested wood products. Carbon Balance and Management, 10:6. doi:10.1186/s13021-015-0016-7

Pilli, R., Giacomo G., Werner A. K., Giulia F., and Cescatti A., 2017. "The European Forest Sector: Past and Future Carbon Budget and Fluxes under Different Management Scenarios." Biogeosciences 14 (9): 2387– 2405. https://doi.org/10.5194/bg-14-2387-2017.

Prokofieva I., Jonsson R., Kleinschmit von Lengefeld A., Bouvet A., Levet A.-L,. 2015. Indicator 6.7 Wood consumption. In FOREST EUROPE, 2015: State of Europe's Forests 2015. Online: https://www.foresteurope.org/docs/fullsoef2015.pdf

Réjou-Méchain, M., Barbier, N., Couteron, P., Ploton, P., Vincent, G., Herold, M., ... & Féret, J. B., 2019. Upscaling forest biomass from field to satellite measurements: sources of errors and ways to reduce them. Surveys in Geophysics, 40(4), 881-911.

Robert N, Giuntoli J, Araujo R, Avraamides M, Balzi E, Barredo JI, et al., Mubareka, S. Development of a bioeconomy monitoring framework for the European Union: An integrative and collaborative approach. New Biotechnology 2020;59:10–9. https://doi.org/10.1016/j.nbt.2020.06.001.

Round, J., 2003. "Social Accounting Matrices and SAM-Based Multiplier Analysis." The Impact of Economic Policies on Poverty and Income Distribution: Evaluation Techniques and Tools, 261–276.

Scarlat, N., Dallemand, J., Taylor, N. and Banja, M., 2019. Brief on biomass for energy in the European Union, Sanchez Lopez, J. and Avraamides, M. editor(s), Publications Office of the European Union, Luxembourg, ISBN 978-92-79-77235-1 (online), 978-92-79-77234-4 (print), doi:10.2760/546943 (online), 10.2760/49052 (print), JRC109354

Schelhaas, M.-J., Nabuurs, G.-J., Schuck, A., 2003. Natural disturbances in the European forests in the 19th and 20th centuries. Global Change Biology 9, 1620–1633. doi.org:10.1046/j.1365-2486.2003.00684.x

Schurman JS, Trotsiuk V, Bace R. et al., 2018. Large-scale disturbance legacies and the climate sensitivity of primary Picea abies forests. Glob Change Biol.; 24:2169–2181. doi.org :10.1111/gcb.14041

Seidl, R. et al., 2014. Increasing forest disturbances in Europe and their impact on carbon storage. Nature Climate Change 4: 806–810.

Seidl, R., Thom, D., Kautz, M., Martin-Benito, D., Peltoniemi, M., Vacchiano, G., Wild, J., Ascoli, D., Petr, M., Honkaniemi, J., Lexer, M.J., Trotsiuk, V., Mairota, P., Svoboda, M., Fabrika, M., Nagel, T.A., Reyer, C.P.O., 2017. Forest disturbances under climate change. Nature Clim. Change 7, 395–402. doi.org:10.1038/nclimate3303

Senf, C., Buras, A., Zang, C.S. et al., 2020. Excess forest mortality is consistently linked to drought across Europe. Nature Communications. https://doi.org/10.1038/s41467-020-19924-1

Thom, D., Seidl, R., 2016. Natural disturbance impacts on ecosystem services and biodiversity in temperate and boreal forests. Biol. Rev. 91, 760-781.

Tomppo, E., Gschwantner, T., Lawrence, M., McRoberts, R.E. eds., 2010. National Forest Inventories – Pathways for Common Reporting. Springer Netherlands.

UNECE/FAO, 2010. "Forest Product Conversion Factors for the UNECE Region." ECE/TIM/DP/49. Geneva Timber and Forest Discussion Papers. Geneva. www.unece.org/fileadmin/DAM/timber/publications/DP49.pdf

UNECE/FAO 2018. UNECE/FAO Forestry and timber section Joint Wood Energy Enquiry v 7.04.https://unece.org/DAM/timber/wood_energy/JWEE-2017-eng-v7.04-public.xlsx

United Nations, 2014. System of Environmental-Economic Accounting 2012: Central Framework. United Nations, European Commission, Food and Agriculture Organization, International Monetary Fund, Organisation for Economic Co-operation and Development, World Bank. http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/seeaRev/SEEA_CF_Final_en.pdf

United Nations, 2020. UN comtrade. http://comtrade.un.org/

Unrau, A., Becker, G., Spinelli, R., Lazdina, D., Magagnotti, N., Nicolescu, V.N., Buckley, P., Bartlett, D., Kofman, P.D. (Eds.) (2018). Coppice Forests in Europe. Freiburg i. Br., Germany: Albert Ludwig University of Freiburg.

Verkerk, P. J., Mavsar, R., Giergiczny, M., Lindner, M., Edwards, D., & Schelhaas, M. J., 2014. Assessing impacts of intensified biomass production and biodiversity protection on ecosystem services provided by European forests. Ecosystem Services, 9, 155-165.

Vidal, C., Lanz, A., Tomppo, E., Schadauer, K., Gschwantner, T., di Cosmo, L., Robert, N. et al., 2008. "Establishing Forest Inventory Reference Definitions for Forest and Growing Stock: A Study towards Common Reporting." Silva Fennica 42 (2): 247–66. doi.org:10.14214/sf.255

Vis M., U. Mantau, B. Allen (Eds.) (2016) Study on the optimised cascading use of wood. No 394/PP/ENT/RCH/14/7689. Final report. Brussels 2016. 337 pages. https://data.europa.eu/doi/10.2873/827106

4 Metsa biomassi kvantifitseerimine Euroopas

Kasvava metsa biomass on bioenergeetikas ja materjalina kasutatava otsese puidu allikas. Euroopa metsade maapealse biomassi kaasajastatud, ühtlustatud ja ruumiliselt täpne uuring on vältimatu praeguse ja tulevase inventari paremaks mõistmiseks. Sellest vaatenurgast lähtudes annab peatükk ülevaate Euroopas saadaval olevast teabest metsa biomassi kohta, tutvustab selle ühtlustamiseks ja võrdlemiseks kasutatavaid metoodikaid, kirjeldab piirkondliku tasandi biomassistatistika võrdlusandmebaasi ja pakub välja parandatud biomassikaardi, mis vastab metsa inventariandmetele. Peatüki sisu on tuletatud uurimusest Avitabile et al. (2020), mis on käesoleva uurimuse laiendatud versioon.

4.1 Taust, ühtlustamispüüded

Peatükk käsitleb kahte tüüpi andmeid maapealse biomassi kohta: biomassistatistikat ja biomassikaarte. Biomassistatistika põhineb riikliku metsaseire (NFI) andmetel ja toob ära hinnangulised andmed metsaala suuruse, metsa biomassi koguvaru ja metsa keskmise biomassitiheduse kohta riigi ja piirkonna tasandil. Biomassikaardid põhinevad tavaliselt pinnamõõtmele kalibreeritud kaugseire andmetel ja pakuvad üleüldiseid biomassitiheduse hinnanguid piirkondlikul tasandil.

Igal Euroopa riigil on oma metsaseire süsteem, mida sageli rakendatakse iga 5–10 aasta tagant, ja mis võimaldab saada usaldusväärset statistikat kasvava metsa biomassiressursside kohta (Vidal et al., 2016). Ligipääs metsaseire andmetele on hiljuti lihtsustunud, kuna mitu riiki on teinud oma statistika avalikult kättesaadavaks. Siiski näitas olemasoleva metsaseire statistika analüüs, et Euroopa riigid kasutavad erinevaid metsa ja biomassi määratlusi, biomassi andmed pole alati värsked või neid ei kaasajastata kuigi sageli, ning need viitavad erinevatele perioodidele ja ruumimastaapidele. Seetõttu on ülioluline alustada kõigepealt riikide biomassistatistika ja olemasolevate biomassikaartide ühtlustamisest, et läbi viia sisukat üle-euroopalist hindamist.

Viimastel aastatel on spetsiaalseid ühtlustamistegevusi läbi viidud metsandusstatistika osas, nagu näiteks Euroopa teadus- ja tehnoloogiakoostöö (COST) tegevus E43 (2010) ning jagatud, lõimitud ja ühtlustatud metsandusteave biomajanduse tuleviku prognoosimise projekt (DIABOLO, 2015). Need Euroopa Komisjoni rahastatavad algatused on keskendunud pigem kasvavale varule kui kogu biomassile, luues viitemääratlusi ja ühenduslülisid funktsioonide vahele, et tagada ühtne aruandlus, ning pakkudes välja ühtlustatud hinnanguid Euroopa tüvemahu kohta (Gschwantner et al., 2019).

Selles raamistikus on Teadusuuringute Ühiskeskus 2008. aastast saati teinud koostööd Euroopa riikide metsaseire võrgustikuga (ENFIN), toetades sihitud hinnanguid, mis peaksid rahuldama vajadust võrreldava ja ühtlustatud metsateabe järele Euroopas.

Metsaseire biomassistatistika on piirkondlikes ja ülemaailmsetes hindamisaruannetes esitatud juba teatud tasandil ühtlustatuna, näiteks FAO metsaressursi hindamise (FRA) aruannetes (FAO, 2020) või Euroopa metsade seisukorra (SoEF) aruannetes (Forest Europe, 2015). Kuid ühtlustamine, mis tavaliselt puudutab metsa määratlust ja aruandlusperioodi, viiakse tihti läbi lihtsa muganduse abil, mis põhineb lineaarsel ekstrapolatsioonil või ekspertteadmistel, mis ei vii alati tingimata hinnangute täieliku võrreldavuseni.

Eelnimetatud ENFINi koostöö kontekstis ja metsa biomassi ühtlustatud statistika hindamiseks üle Euroopa on Teadusuuringute Ühiskeskus hiljuti algatanud kaks erilepingut (tuntud lühendite all SC13 ja SC17). Lepingute eesmärk on arendada ja kohaldada metoodikat metsa biomassi ühtlustatud hindamiseks Euroopa mastaabis vastavalt ENFINi eesmärkidele, et propageerida metsaseiret, ühtlustada metsateavet ja pakkuda tuge otsustajatele väga erinevate metsandusega seotud poliitikate vallas.

Ühtekokku tegid koostööd 26 riiklikku metsaseire asutust, et leida ühtne biomassi määratlus ja hinnangfunktsioon, mida kohaldati seejärel metsaseire andmetele, et saada hinnangulised biomassisuurused, mis viitavad samale biomassikogumile, ning hindamismeetod kõigile osalevatele riikidele (Henning et al, 2016; Korhonen et al., 2014).

Ühtne määratlus hõlmab elavate puude kõiki maapealseid biomassikategooriaid, s.t. kännu maapealset osa, tüve kännust kroonini, surnud ja elavaid oksi ning lehestikku. Biomassi hinnangud viitasid FAO metsaressursi hindamise aruannete viitemääratluse (FAO, 2000) alusel metsana määratletud aladele, kui riikidel oli selle määratluse kohaldamiseks piisavalt teavet. Hinnangud tuletati kokku 516 394 katsemetsa põhjal, mis katsid 154 miljonit hektarit metsaala.

SC13-s ja SC1-s osalevad metsaseire asutused viisid läbi ka iga liigi ja liigirühma (leht- ja okaspuud) ühtlustatud biomassihinnangud. Selles osas leiti, et osalevate riikide kogu biomassivaru on peaaegu võrdselt salvestatud okaspuudesse (50,4%) ja lehtpuudesse (49,6%), kusjuures kõige rohkem leidub biomassi liikides *Picea sp.* (22%) ja *Pinus sylvestris* (19%), millele järgnevad *Fagus sylvatica* (11%), *Quercus robur* (7%), *Betula sp.* (7%) ja *Quercus cerris* (4%). *Abies sp.*, *Alnus sp*., *Carpinus sp., Fraxinus sp. and Populus sp.* sisaldas igaüks umbes 2% biomassivarust, ja teised liigid (individuaalselt) <2%.

Andmete ühtlustamine on suur ja tihti alahinnatud töö, ning käesoleva uurimuse keskne aspekt. Võrreldes riikide poolt või rahvusvahelisel tasandil (näiteks metsaressursi hindamise aruanne või Euroopa metsade seisukorra aruanne) välja toodud väärtustele, on SC13 ja SC17 raames toodetud statistikal see eelis, et see viitab ühisele biomassikogumile ja kasutab ühtset metoodikat. Lisaks tuuakse biomassistatistika ära piirkondlikus mastaabis, mis enamikes riikides vastab NUTS-2 tasandile, sellal kui rahvusvahelised aruanded kajastavad ainult riikide tasandit.

SC13 ja SC17 tulemused kujutavad endast suurt arengut Euroopa metsa biomassi ressursside täielikult ühtlustatud hindamise suunas ning tugevdasid riiklike metsaseire asutuste koostööd omavahel ja Euroopa Komisjoniga. Ometi kogub iga riiklik metsaseire asutus praktilist teavet erinevatel aastatel, mis ei ole riikide lõikes samad. Seetõttu pole SC13 ja SC17 biomassistatistikad ajaliselt ühtlustatud, vaid varieeruvad 2001. kuni 2013. aastani. Kuna biomassivaru võib 12 aastaga oluliselt muutuda metsa muutumise protsessi (kasvukadu) ja loomuliku metsakasvu tõttu, ühtlustas Teadusuuringute Ühiskeskus biomassistatistikat veelgi ühe ja sama võrdlusaasta põhjal (2000 ja 2010), kasutades süsinikueelarve mudelit (CBM-CFS3).

Süsinikueelarve mudel on inventaripõhine, tulukõverast lähtuv mudel, mis simuleerib kõigi metsa süsinikukogumite süsinikudünaamikat puistute ja maastiku tasandil (Kurz et al., 2009). Teadusuuringute Ühiskeskus kohandas Kanada metsateenistuse välja töötatud mudelit Euroopa tingimustele ja kohaldas EL-i liikmesriikidele, et hinnata metsa süsinikudünaamikat (Pilli et al., 2016a, b; Pilli et al., 2017). Ajaline ühtlustamine viidi läbi 21 liikmesriigi suhtes, kelle puhul oli olemas SC13-SC17 biomassistatistika ja parametriseeritud süsinikueelarve mudel.

Samuti toetas Teadusuuringute Ühiskeskus jõupingutusi (asjaomaste lepingutega) ühtlustada puidu varumiseks kasutatava metsa (FAWS) statistikat. Mis puudutab biomassistatistikat, siis puidu varumiseks kasutatava metsa riigi ja rahvusvahelise tasandi statistika piirdub kokkuvõtlike andmetega riigi mastaabis, mille võrreldavus on piiratud rahvusvaheliste määratluste erinevate tõlgenduste või mitmesuguste piirangute ja nendega seotud lävede kasutamise tõttu (Alberdi et al., 2016; Fischer et al., 2016).

Neid piiranguid arvestades algatas Teadusuuringute Ühiskeskus kaks teenustelepingut (SC18 ja SC19) 22
Euroopa riikliku metsaseire asutusega, et hinnata ühtse määratluse ja metoodika põhjal peamisi piiranguid puidu kättesaadavusele ning kvantifitseerida puidu varumiseks kasutatava metsaala suurust ja biomassivaru (Alberdi et al., 2017, 2019, 2020). SC18 ja SC19 andsid ühtlustatud andmeid

FAWS-i kohta 243 piirkondlikul haldusalal, ehk siis palju rohkemate ruumiliste üksikasjadega FAWS-i territooriumi, varude ja asjassepuutuvate piirangute kohta, võrreldes riigi tasandi andmetega.

Selles ühistööna valminud uurimuses (SC18 ja SC19) vaadeldi puidu varumiseks kasutatavate metsadena metsi, kus piirangutel ei ole märkimisväärset mõju praegusele või võimalikule puiduvarule. Piirangud jagunevad majanduslikeks, keskkonnaalasteks ja ühiskondlikeks. Majanduslikud piirangud mõjutavad puidu kasutamise majanduslikku väärtust ning hõlmavad ligipääsetavust, kasumlikkust, maastikureljeefi ja pinnase tingimusi. Keskkonnapiirangud puudutvad kaitsealasid, kaitstavaid elupaiku ja liike ning kaitsemetsi. Ühiskondlikud piirangud hõlmavad piiranguid, mille eesmärgiks on kaitsta esteetilisi, ajaloolisi, kultuurilisi, vaimseid või vaba aja veetmisega seotud väärtusi (Alberdi et al., 2020).

SC18 ja SC19 leidsid, et enamikes uurimusse kaasatud riikides ületas nii metsaala kui ka puidu saamiseks kasutatav biomassivaru 85%. Puidu varumiseks kasutatava metsa statistika ja sellega seotud piirangute üksikasjalik kirjeldus on toodud uurimuses Avitabile et al. (2020). Tulemused põhinevad samadel andmetel, mida kasutati SC13-s ja SC17-s, mis muudab kasvava metsa kogu biomassi ja sellest puidu tootmiseks kättesaadava osa otseselt võrreldavaks. See ühtlustatud ja ruumiliselt üksikasjalik teave on võti, mis aitab paremini mõista puidu olemasolu piiravaid tegureid kohalikul tasandil, toetada ja juhtida puidu varumiseks kasutatavate metsade kaardistamist kaugseire andmete põhjal ning hinnata ja modelleerida hetkel ja tulevikus olemasolevaid puiduvarusid.

4.2 Euroopa metsabiomassi võrdlusandmebaas

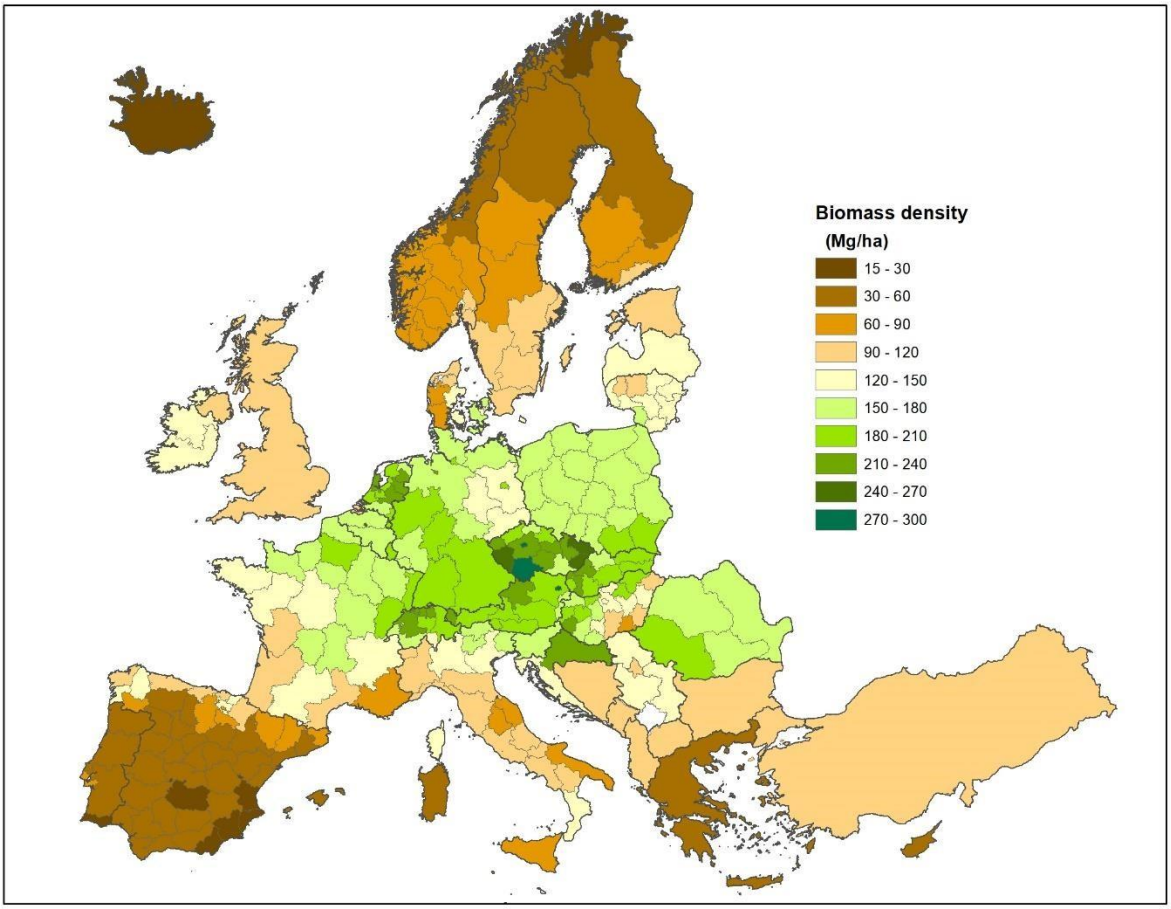
Parim olemasolev statistika Euroopa biomassivarude kohta on Teadusuuringute Ühiskeskuse võrdlusandmebaas 2010. aasta kohta, mille ruumiline eraldusvõime varieerub NUTS3-st riigi tasandini. Biomassi tihedus ja võrdlusstatistika ruumiline üksikasjalisus on toodud joonisel 24. Biomassi võrdlusstatistika kaardid 2010. aasta kohta, väljendatud metsaala biomassitihedusena (üksus: megagrammi hektari kohta, võrdub tonniga hektari kohta).

Nagu ülal näidatud, polnud võimalik täielikult ühtlustada kõigi Euroopa riikide biomassistatistikat. Statistika ühtlustati biomassikogumi ja võrdlusaasta osas 21 EL-i liikmesriigi kohta, mis olid kaasatud SC-13-SC17-sse ja mille puhul süsinikueelarve mudel oli parametriseeritud (AT, BE, BG, CZ, DE, DK, ES, FI, FR, HR, HU, IE, IT, LT, LV, NL, PL, PT, RO, SE, SK). Nende viie riigi puhul, mis olid kaasatud SC13-SC17-sse, kuid mis polnud süsinikueelarve mudeli jaoks kalibreeritud (CH, CY, IS, NO, RS), ühtlustati SC13-SC17 statistikat biomassikogumi jaoks. Ülejäänud Euroopa riikide puhul (AL, BA, EE, GR, LI, LU, ME, MK, SI, TR, UK) võeti riigi tasandi võrdlusstatistika SoEF 2015 aruandest (Forest Europe, 2015).

Seda statistikat kasutati biomassikaartide täpsuse hindamiseks ja nende lõimimiseks Euroopa parandatud biomassikaardiga, vastavalt riiklikele metsa viiteväärtustele (jagu 4.3). Seda võrdlusandmebaasi võib veelgi kaasajastada viimaste aastate andmetega, kasutades süsinikueelarve mudelit ja riikide uuemaid statistikaid.

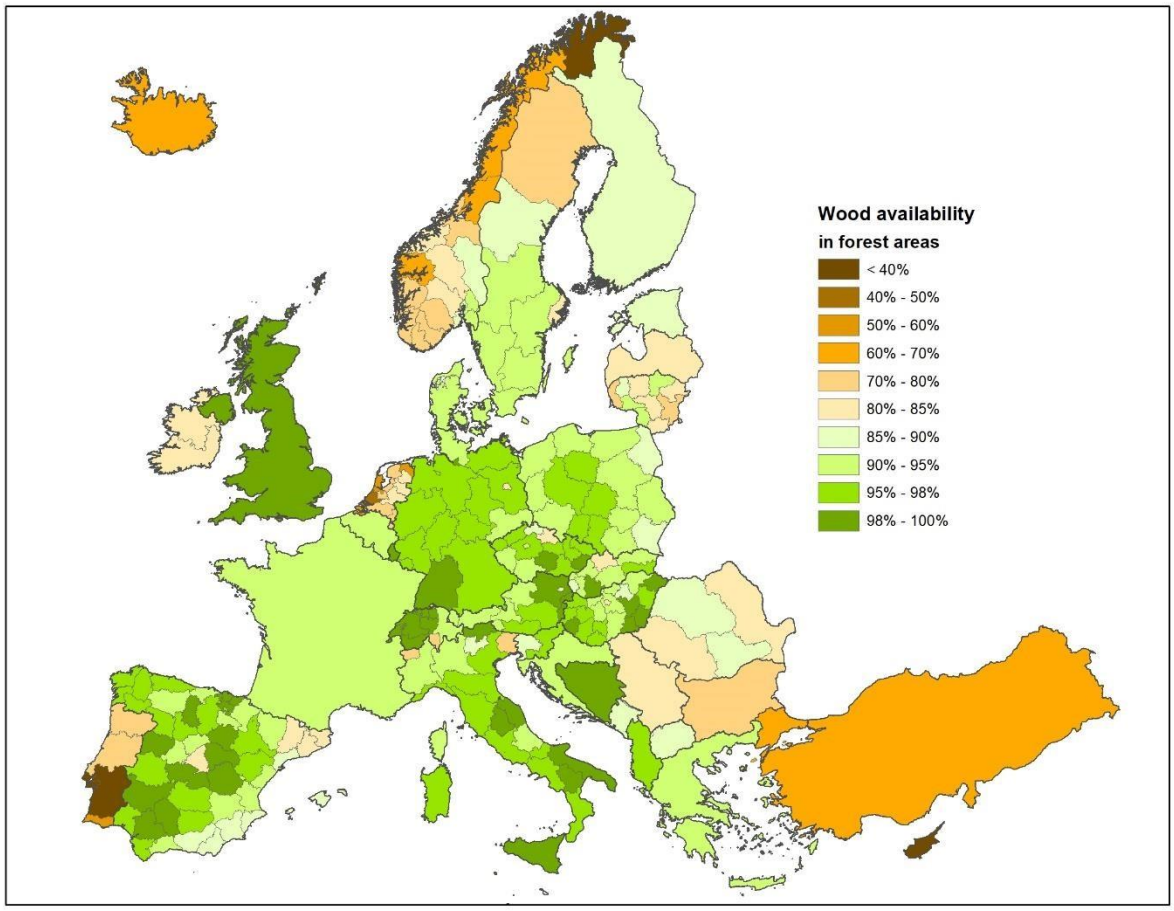
Et saada täielikku ülevaadet Euroopa metsavarudest, lõimiti SC18-s ja SC19-s esitatud puidu varumiseks kasutatava metsa ühtlustatud andmed SoEF-i 2015. aasta aruandes esitatud ülejäänud riike puudutava puidu varumiseks kasutatava metsa statistikaga ühte Euroopas puidu varumiseks kasutatava metsa andmete võrdlusandmebaasi (joonis 25). Saadud andmebaasi ruumilise üksikasjalikkuse tase varieerub, sest SC18-19 esitavad puidu varumiseks kasutatava metsa andmeid piirkondlikul tasandil, sellal kui SoEF-i aruanne esitab ainult riigi tasandi kokkuvõtlikku statistikat. SoEF-i andmed viitavad aastale 2010, sest see aasta on lähemal SC18-SC19-s kasutatud riiklike metsaseire asutuste andmete võrdlusaastale.

Kuna SoEF-i aruanne annab FAES-i alad ja nendega seotud kasvava metsa varu, kuid mitte biomassivaru, näitab joonis 25 kõigis Euroopa riikides olemasolevat puitu suhteliselt ning viitab olemasolevale biomassivarule SC18-SC19-s osalevates riikides (piirkonna tasandi andmed) ja ülejäänud riikide puhul olemasolevale kasvavale metsale (riigi tasandi andmed). Seda statistikat ei kasutatud biomassikaartide hindamiseks, sest kaardid viitavad kogu kasvavale metsa biomassile ja mitte ainult sellele osale, mida kasutatakse puiduvaruna.



Joonis 24. Biomassi võrdlusstatistika kaardid 2010. aasta kohta, väljendatud metsaala biomassitihedusena (üksus: megagrammi hektari kohta, võrdub tonniga hektari kohta).

Biomass density – Biomassi tihedus



Joonis 25. Euroopa metsade puidu suhtarv. Puidu protsent on maapealse biomassi üksusena riikide puhul, kus on saadaval piirkondliku tasandi andmed (SC18-19-s osalevad riigid) ja kasvava metsa üksusena riikide puhul, kus on saadaval riigi tasandi andmed (andmed võetud SoEF 2015 aruandest).

Wood availability in forest areas – Puidu kättesaadavus metsaaladel

4.3 Kaardistamine

Alampeatükk kirjeldab Euroopa biomassikaarte, mis on avaldatud teaduskirjanduses, ja esitab parandatud biomassikaarti, mis vastab ühtlustatud biomassistatistikale. Kaart kujutab Euroopa metsade biomassivaru võrdlusaastal (2010) ja on aluseks Euroopa metsade biomassivarude praeguse saadavuse hindamisel.

Praeguseks on avaldatud kuus kaarti Euroopa metsa biomassitiheduse kohta: andmekogud, mille autorid on Santoro et al. (2018), Baccini et al. (2017), Thurner et al. (2014), Barredo et al. (2012), Gallaun et al. (2010) ja Kindermann et al. (2008). Kaardid on toodud modelleerimislähenemisviisi suureneva keerukuse järjekorras. Barredo ja Kindermanni kaardid põhimõtteliselt spatsialiseerivad riigi biomassi koguvaru, kasutades andmeid ruumi kohta (seega säilitades vastavuse riigi väärtuste kogusummaga). Seevastu Santoro, Baccini, Gallauni ja Thurneri kaardid kasutasid biomassi võrdlusandmeid, et kalibreerida satelliitpiltidel põhinevat mudelit ilma hinnanguid eelnevalt piiramata, mis oleks viinud need vastavusse riigi statistikaga. Kuid Gallauni kaarti kohandati tagantjärele, et viia see vastavusse EFISCEN-i mudelis toodud regionaalsete väärtustega mudelisse hõlmatud regioonide puhul.

Kuut biomassikaarti hinnati nii, et neid võrreldi ühtlustatud biomassi võrdlusstatistikaga 37 Euroopa riigi kohta riigi ja piirkonna tasandil (vt jagu 4.2), seoses biomassi koguvaru ja keskmise biomassi

tihedusega. Võrdlemisel arvestati, et biomassikaardid koostati metsakaartide põhjal, mis kohaldasid erinevaid metsa määratlusi ja ruumilisi eraldusvõimeid, mille tulemusel tekkisid olulised erinevused kaasatud ala osas, eriti piiriülestel aladel metsa ja mittemetsa vahel.

Barredo ja Kindermanni kaardid kujutasid kogu biomassivaru sarnaselt võrdlusstatistikale, kuid katsid samas suurema metsaala, mistõttu sageli alahinnati biomassitihedust territoriaalse üksuse kohta. Thurneri ja Gallauni kaardid katsid võrreldava metsaala, kuid esitasid madalama koguvaru kui võrdlusstatistika, sellal kui Baccini ja Santoro viisid võrdlusstatistika hästi vastavusse nii metsaala kui biomassivarude osas.

Santoro, Baccini, Gallauni ja Thurneri kaardid kaldusid alahindama madalamaid väärtusi ja ülehindama kõrgemaid. Nende kaartide aluseks olid peamiselt kaugseire andmetel põhinevad mudelid ning nende ebamäärasuse põhjuseks on tõenäoliselt tõsiasi, et satelliitanduritel on piiratud tundlikkus võrade kõrguse ja puu diameetri variatsioonide suhtes, ja puudub üldse tundlikkus puidu tiheduse suhtes. Tänu sisendandmete suurele kogusele ja rafineeritumale modelleerimislähenemisviisile saavutas Santoro kaart siiski teiste kaartidega võrreldes kõrgema täpsuse.

Biomassikaarte hinnati ka pikslite tasandil, kasutades SC13 ja SC17 toodetud ühtlustatud katsealasid. Hindamine kinnitas ülaltoodud tulemusi ja täielikult Euroopa biomassikaarte. Kaartide hindamise täielik kirjeldus statistika ja katsealade andmete põhjal on toodud uurimuses Avitabile et al. (2020).

Analüüs näitas, et Euroopa biomassikaardid väljendavad tuntavat ebamäärasust piirkondlikul ja eriti pikslite tasandil, kus suhteline veamarginaal ületab 50%. Arvestades, et kohalike haldus- ja kaardistamistegevuste kasulikkus peitub nende võimes pakkuda täpseid ruumilisi hinnanguid kõrge ja mõõduka eraldusvõimega (st kohalikul ja piirkondlikul tasandil), näitavad tulemused vajadust parendatud toote järele.

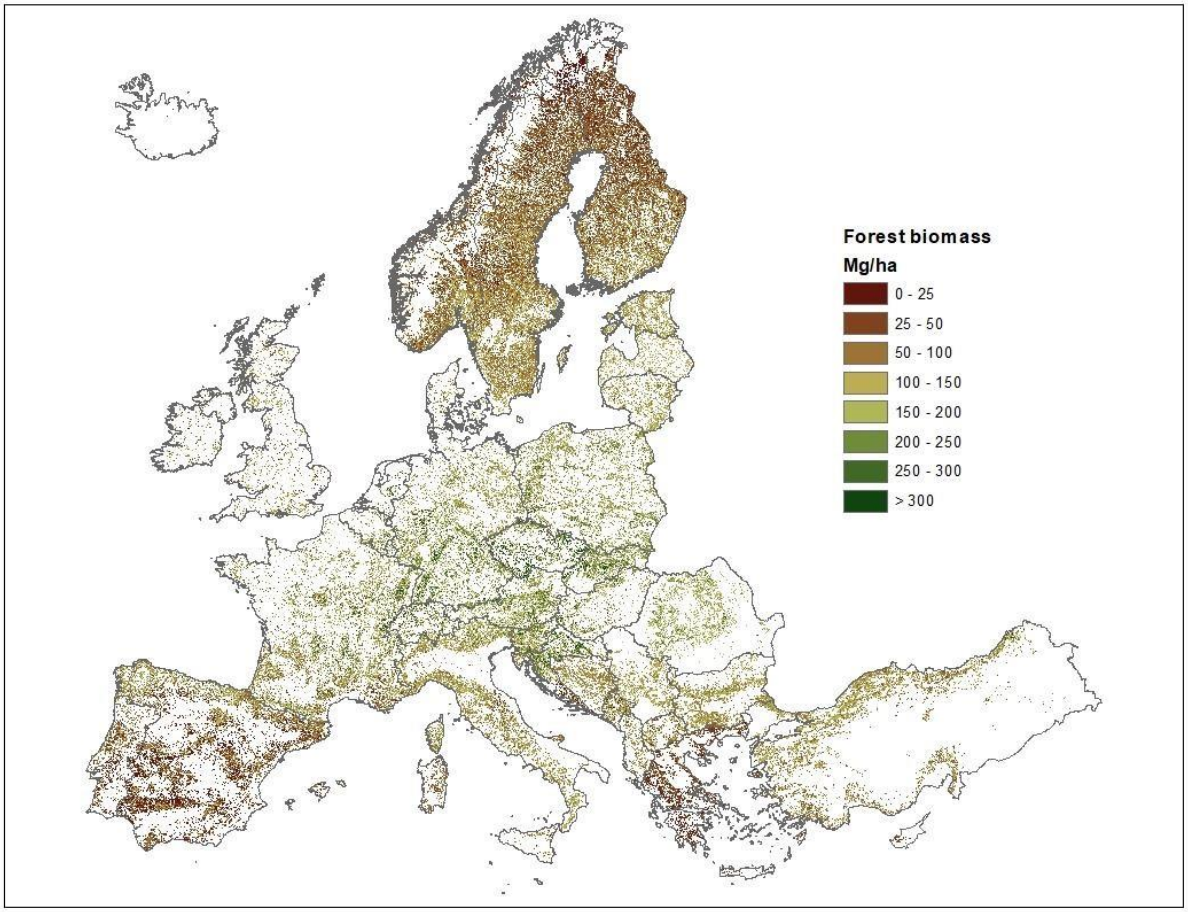
Kaardi vead jagunevad kaheks: süstemaatiline ja juhuslik. Juhuslikke vigu põhjustavad tundmatud ja ettenägematud muutused mõõtühikutes või keskkonnatingimustes, sellal kui süstemaatilised vead tulenevad järjekindlast probleemist ja viivad ennustatavate ja järjepidevate lahknemisteni nende tegelikust väärtusest. Juhuslikud vead on olemuselt vältimatud, süstemaatilised vead aga mitte. Seetõttu saab võrdlusstatistikat kasutada kaardihinnangute süstemaatilise ala-või ülehindamise kõrvaldamiseks.

Selles uurimuses korrigeeriti Santoro kaardi piirkondliku tasandi süstemaatilist viga võrdlusstatistika abil ja seejärel kinnitati see võrdlus-katsemetsade põhjal. Võrdlusstatistikat kasutava biomassikaardi eelistuste korrigeerimine nõuab kõigepealt nendel toodud metsaalade vastavusse viimist, sest süstemaatiline erinevus statistika ja kaardi vahel võib tuleneda (osaliselt või täielikult) erinevatest aladest. Seetõttu maskeeriti Santoro kaarti Copernicus 2012 metsatüübi kaardi kohandatud versiooniga, mida muudeti nii, et see oleks vastavuses riiklike metsaseire asutuste esitatud metsaala riikliku statistikaga. Santoro kaarti korrigeeriti seejärel nii, et eemaldati süstemaatiline erinevus võrreldes võrdlusstatistikaga. Kalle eemaldati korrektsiooniteguri abil, mis arvutati välja kui võrdlusstatistika ja biomassikaardi keskmise väärtuse suhtarv sama ala kohta, mida esitab võrdlusstatistika.

Tulemuseks on Euroopa biomassikaart[28] 100 m eraldusvõimega aastaks 2010, mis vastab riigi ja piirkonna tasandi võrdlusstatistikale metsaala, biomassitiheduse ja biomassivarude osas (joonis 26). See parandatud biomassikaart lubab paremini hinnata praegust ja võimalikku biomassiressursside varu Euroopa metsades, nagu ka nende olemasolu ja maksumust, et paremini modelleerida ja hinnata metsa biomassi rolli Euroopa biomajanduses.

[28]Kaart on kättesaadav JRC andmekataloogis (https://data.jrc.ec.europa.eu/dataset/d1fdf7aa-df33-49afb7d5-40d226ec0da3).

Biomassikaardi lõimimine Copernicus 2012 metsatüübi kaardiga näitas, et biomassi koguvaru jaguneb võrdselt okaspuude (43%) ja lehtpuude (43%) vahel, sellal kui segametsad salvestavad 14% biomassivarudest. Kuna okaspuud katavad väiksema metsaala (38%), esindavad nad keskmiselt suuremat biomassitihedust (108 Mg/ha) võrreldes lehtpuudega (89 Mg/ha), mis katavad 48% metsaalast. Segametsad esindavad 14% metsaalast, nende keskmine biomassitihedus on 97 Mg/ha.



Joonis 26. Euroopa korrigeeritud kaldega biomassikaart, mis on võetud uurimusest Santoro et al. (2018) ja mida on kohandatud vastavalt metsaala ja biomassi tiheduse võrdlusstatistikale.

Forest biomass – Metsa biomass

4.4 Kaugseire potentsiaal biomassiseires

On üldteada tõsiasi, et Maa seire võib lõimida ja toetada pinnapealseid metsainventari andmeid üleüldise metsaseirega suurtel territooriumidel õigeaegselt, järjepidevalt ja sõltumatult. Satelliidiga ja õhu kaudu kogutud andmed toetavad mitmeti metsanduspoliitikate elluviimist (näit seoses Euroopa rohelise kokkuleppega) või võimalike kompromisside analüüsimist Euroopa metsade majandus- ja keskkonnateenuste vahel. Bioenergeetika kontekstis võib Maa seire pakkuda metsa biomassi ja teiste keskkonna omaduste kaardistamist, et toetada biomassi piirangute, raiekulude või teiste ökosüsteemiteenustega tehtavate kompromisside georuumilist modelleerimist ning lõpuks saavutada biomassi potentsiaalse varu parem hindamine metsapõhises sektoris. Need andmed võivad olla kasulikud ka süsiniku neeldajate paremaks mõõtmiseks ja seireks kliimapoliitikates.

Maa seire andmeid kasutatakse üha rohkem riikide metsaseire süsteemides, sest need võimaldavad metsakatet täpselt, sageli ja üksikasjalikult kaardistada, mis parandab maapinnaproovide võtmise (prestratifitseerimise) ja metsa muutujate hindamise (poststratifitseerimise) tõhusust, hõlbustab

varajasi hoiatusi ja õigeaegseid poliitilisi reaktsioone häirete suhtes, või pakub sõltumatut andmeallikat, mida võrrelda valimipõhise statistikaga. Siiski ei kasutata satelliidiandmeid tavaliselt riikide metsa biomassi hindamiseks, sest veel alles hiljuti töötanud andurid olid biomassi variatsioonide suhtes piiratud tundlikkusega (Goetz et al., 2015; Avitabile and Camia, 2018). Käesolevas peatükis esitatud biomassikaartide hindamine kinnitas, et Euroopa osas olid olemasolevad kaardid kohalikus mõõtkavas mõõduka täpsusega, mis ergutas korrigeeritud kaldega biomassikaartide väljatöötamist vastavalt võrdlusstatistikale.

Kuid biomassi kosmosest mõõtmise valdkond areneb kiiresti tänu uutele satelliidimissioonidele ja kõrgtehnoloogilisematele modelleerimislähenemistele.

Copernicuse programmi ESA Sentineli missioonid hangivad hetkel satelliidiandmeid kõrge ruumilise ja ajalise eraldusvõimega, mis parandab ülemaailmse maaseire ja tagab selle jätkumise. Tänu Copernicuse tasuta ja avatud kättesaadavuse poliitikale ning koostegutsemisvõimele koos NASA Landsatiga on metsaseire läbiviimiseks kättesaadav ennenägematu hulk kõrge eraldusvõimega sateliidiandmeid (Zhu et al., 2019). Kuigi Sentineli ja Landsati andurid pole spetsiaalsest välja töötatud biomassi tuvastamiseks, muudab andmete ulatusliku kättesaadavuse ja suurandmete töötlemise platvormide kombinatsioon nüüd võimalikuks metsakatte, metsade muutumise ja metsaomandite ajaliselt ühtivate ja ruumiliselt üksikasjalike kaartide tootmise suurte territooriumide kohta, nagu näiteks Copernicuse üleeuroopalised peeneraldusega metsa tasandid, mis toetab biomassi kaardistamist näiteks metsatüüpide parema stratifitseerimise kaudu.

NASA ülemaailmse ökosüsteemide dünaamika uuringu (Global Ecosystem Dynamics Investigation, GEDI) missioon kasutas rahvusvahelises kosmosejaamas hiljuti esimest korda peeneraldusega lidar-andurit, et hankida metsa püststruktuuri täpsed mõõtmed tiheda valimisüsteemi abil, mis peaks eeldatavasti oluliselt parandama teadmisi metsa biomassi ruumilise paiknemise kohta ülemaailmsel skaalal.

Kirjutamise ajal kasutab Euroopa Kosmoseagentuur (ESA) kliimamuutuse algatuse (Climate Change Initiative, CCI) biomassi projekti raames enneolematult rikkalikke satelliidiandmeid (optiline, radari ja lidari), et toota ülemaailmseid biomassikaarte 1 ha eraldusvõimega kolme ajajärgu jaoks järjepideval viisil, olles seega võimeline vahetult kvantifitseerima biomassi muutumist, mis toetab süsinikutsüklit ja kliima modelleerimisega tegelevaid kogukondi.

Lisaks annavad kaks 2022–23. aastaks plaanitavat satelliidimissiooni uusi andmeid biomassi kaardistamiseks: ESA BIOMASSi missioon viib esimest korda kosmosesse P-riba radarianduri, mis töötab pikkadel lainepikkustel, mis suhtleb vahetult suurte puuelementidega ja millel on seetõttu suurem tundlikkus metsa biomassi suhtes, ilma et seda häiriks paksude metsade küllastumisefekt; ja NASA-ISRO SAR-i (NISAR) missioon toodab suurema ruumilise ja ajalise eraldusvõimega andmeid, mis on eriti kasulikud madala biomassiga metsade ja nende dünaamika kaardistamiseks.

Kuid orbiidi eripära tõttu ei suuda GEDI andur hankida andmeid Põhja-Euroopa kohta (üle 51.6° N), sellal kui rahvusvahelised piirangud takistavad BIOMASS-i satelliidil toimimast üle kogu Euroopa, mis viitab Euroopas vajadusele töötada välja lõimitud metsaseiresüsteem, kasutades väga mitmesuguseid uue põlvkonna kosmose-, õhu- ja maapinnaandureid.

Lisaks parematele satelliitidele on uued kaugseiretehnoloogiad, nagu õhu- ja maapinnalidar, väga lootustandvad vahendid kõrgekvaliteediliste biomassiandmete kogumiseks kohalikus kuni piirkondlikus mastaabis (Morton et al., 2016). Kosmoselidariga võrreldes on õhulidar palju kõrgema punktitihedusega ja analüüsib üksikasjalikult metsa biomassi tihedusega kõrges korrelatsioonis vertikaalstruktuuri (Asner et al., 2014) ning, kuna selles on hästi tasakaalus täpsus, katvus ja kulukus, on see juba kasutusel mõne Euroopa riigi metsaseires metsaomandite üksikasjalikus seires sihtaladel ja riigi tasandi hinnangute täpsustamiseks. Maapinnalidar seevastu teeb ülimalt tihedaid kolmemõõtmelisi mõõtmisi metsa võrastiku kohta maapinnalt, mille põhjal on võimalik väga suure

täpsusega hinnata puude biomassi kohalikus mastaabis, võrreldaval tasemel destruktiivsete mõõtmistega (Disney, 2019; Calders et al., 2016). Maapinnalidarit saab kasutada ka uute allomeetriliste mudelite ehitamiseks, et paremini hinnata biomassi taimeparameetrite abil, mida kogutakse traditsioonilistelt katsealadelt (Réjou-Méchain et al., 2017).

Kokkuvõttes, kuna need uued tehnoloogiad nii kiiresti valmivad ja töökindlaks muutuvad, võib eeldada, et lähitulevikus paraneb metsa biomassi seire kaugseireandmete põhjal märkimisväärselt. Loomulikult oleneb seirestrateegia analüüsi mastaabist (Euroopa, riik, piirkond) ja metsa omadustest, kusjuures vahemereliste ja põhjamaiste regioonide vahel on olulised erinevused. Arvestades mõnede satelliitide piiranguid ja Euroopa metsade suurt mitmekesisust ökoloogiliste tingimuste ja dünaamika valdkonnas, ei saa olemas olla ühte parimat andmeallikat kõigi metsatüüpide kohta, kuid tee parema seireni viib läbi olemasolevate ja tuleviku satelliidiandmete oskusliku lõimimise kombinatsioonis õhu- ja maapinnalidari mõõtmiste ja traditsiooniliste maapealsete katsemetsadega.

Näiteks võib kulutõhus strateegia kasutada mitmetasandilist lähenemisviisi ja lõimida satelliidiandmeid, mis on vabalt kättesaadavad suurte alade kohta üleüldise katvusega, õhulidari lendudega, mis on suhteliselt kulukad, kuid annavad kõrgekvaliteedilisi biomassihinnanguid piirkonna mastaabi kaardistamiseks ja regiooni tasandi satelliidikalibreerimiseks, ning traditsiooniliste katsemetsade ja maapinnalidaritega, mis annavad täpseid võrdlusandmeid õhulidari ja satelliidiandmete õigeks kalibreerimiseks ja kinnitamiseks kohalikus mastaabis. Nende andmete sünergiline kasutamine võimaldab biomassivarude ja nende Euroopa metsades muutumise täpset, järjepidevat, õigeaegset hindamist ning lõppkokkuvõttes toetada metsavarade ja nende võimaliku biomajandusliku rolli paremat hindamist.

4.5 Peatüki järeldused ja kesksed sõnumid

Käesolevas peatükis kirjeldatud Euroopas olemas olevate metsa biomassi andmete ülevaade rõhutab, et metsaseire annab väärtuslikku võrdlusstatistikat, kuid viitab erinevatele määratlustele, ajaperioodidele ja ruumilistele mastaapidele, mille puhul varieerub eriti nende ajaline sagedus (Vidal et al., 2016). Nimetatud põhjustel nõuab nende kasutamine üleeuroopaliste hinnangute koostamiseks ulatuslikku ühtlustamist, mis näitab selgelt, kui oluline on ulatuslik koostöö riikide metsandusasjatundjatega. Siiski jääb ühtlustatud statistika oma ruumilise ja ajalise eraldusvõime osas piiratuks ega suuda alati täita metsaseiresüsteemidele üha sagedamini esitatavaid rohkearvulisi ülesandeid.

Maa seiret kasutatakse maapinnapõhiste andmete lõimimiseks ja toetamiseks suurte territooriumide üleüldise metsaseirega, millel on kõrge ruumiline eraldusvõime ja mis toimib õigeaegselt, järjepidevalt ja sõltumatult. Metsa kaugseire võib hõlbustada varajasi hoiatusi ja õigeaegset poliitilist reageerimist häiringutele metsas (Ceccherini et al., 2020), toetada metsanduspoliitikate rakendamist (Grassi et al., 2017) ja erinevate ökosüsteemi teenuste kompromisside analüüsi (Verkerk et al., 2014) ning parandada metsadünaamika seiret, nagu näiteks peatses EU Observatory maailma metsade muutuste uuringus (Euroopa Komisjon 2019). Bioenergeetika kontekstis võimaldab Maa seire paremini hinnata metsa biomassi potentsiaalset varu kasvava biomassivaru üksikasjaliku kaardistamise kaudu ja modelleerides georuumiliselt muuhulgas juurdepääsu metsale, biomassi olemasolu piiranguid või langetamise kulukust (Mubareka et al., 2018).

Nimetatud põhjustel kasutavad Euroopa riikide metsaseire asutused üha rohkem Maa kaugseire andmeid erinevate meetmete raames ja vastavalt keskkonna ja metsa eripärale, ehkki neid ei kasutata veel laialdaselt metsa biomassi operatiivsel hindamisel. See tuleneb peamiselt sellest, et hetkel olemas olevad satelliidiandmed on biomassi variatsioonide suhtes piiratud tundlikkusega ja

neid pole võimalik suhestada maapinnalt kogutud andmetega, mida kogutakse proovide võtmise meetodil, mis pole mõeldud ruumiliste andmete saamiseks.

Siiski on metsa biomassi kaugseire kiiresti arenemas tänu uutele spetsiaalsetele satelliidimissioonidele (Herold et al., 2019), õhulaserandurite suuremale kasutamisele metsaseires piirkondlikul tasandil (Zhao et al., 2018), maapealsete laserandurite paljulubavatele tulemustele kõrgekvaliteediliste maapealse võrdlusandmete saamisel (Disney et al., 2019) ja paremale arusaamisele sellest, kuidas koguda ja suhestada katsemetsade andmeid satelliidiandmetega (Réjou-Méchain et al., 2019). Need uued tehnoloogiad näitavad üles suuremat tundlikkust puidu biomassi suhtes ja parandavad lähitulevikus eeldatavasti oluliselt teadmisi metsa biomassi ruumilisest paiknemisest ja dünaamikast ning lubavad seega paremini hinnata metsaressursse, mis on hetkel olemas, samuti nende võimalikku rolli biomajanduses.

Käesolev peatükk andis ülevaate olemasolevast biomassistatistikast ja Euroopa metsade kaartidest, statistika võrdlusandmebaasi ühtlustamiseks kasutatavatest meetoditest, kaartide hindamisest ja parandamisest võrdlusstatistika abil, samuti viimastest arengutest metsade kaugseire arendamisel.

Uurimus rõhutab riikide metsandusasjatundjate ulatusliku koostöö olulisust ENFIN-i (Euroopa riikide metsaseire võrgustiku) koordineerimise all, et koostada ja rakendada korrad riikide metsa biomassivarusid ja puidu tootmiseks kasutatavat biomassi peegeldavate andmete ühtlustamise kohta; parimad olemasolevad andmed koguti seejärel kõiki Euroopa riike hõlmavasse võrdlusandmebaasi.

Samuti esitles uurimus lähenemisviisi satelliidiandmetel põhinevate biomassikaartide kombineerimiseks ja vastavusse viimiseks maapinnalt kogutud metsaseire biomassistatistikaga, et saavutada tugevam koostöö ja lõimitus kaugseire ja metsanduse vahel, mis võib viia paljulubavate tulemusteni uute tehnoloogiate valguses ning tulevikuarenguteni metsa kaugseires kosmosest, õhust ja maapinnalt.

Täpsete biomassikaartide olemasolu avab uksi arvukatele rakendustele, mis on seotud georuumilise lõimimisega mitmete metsa- ja keskkonnaomadustega, samuti avab see tee ruumilisele hindamisele, mis tegeleb näiteks kompromissidega suhetes teiste ökosüsteemi teenustega, suhetega biomassi ja metsa koostise või metsamajanduse ja elurikkuse vahel, ning biomassi piirangutega.

Kesksed sõnumid:

- **Euroopa riikide metsaseire asutused annavad usaldusväärset võrdlusstatistikat kasvava metsa biomassi kohta, kuid kasutavad riigisiseseid määratlusi, ei uuenda andmeid kuigi sageli, ja need viitavad eri perioodidele ja ruumilistele mastaapidele**
- **Riikliku metsaseire asutuse metsa biomassi andmete kasutamine üleeuroopalisel biomassiressursside hindamisel nõuab märkimisväärset ühtlustamistööd ja metsaseire asutuste koostööd**
- **Parim olemasolev statistika metsa biomassi varude ja puidu tootmiseks kasutatava biomassi kohta Euroopas koostati 2010. aastat puudutava võrdlusandmebaasina**
- **Maa kaugseiret kasutatakse maapinnalt kogutud riigi tasandi andmete lõimimiseks ja toetamiseks, et metsaressursid oleksid ruumiliselt üksikasjalikult kirjeldatud ja allutatud sagedasele seirele; hetkel teevad seda riikide metsaseire asutused, erinevas ulatuses ja vastavalt riigi metsa eripärale**
- **Olemasolevatel satelliitidel on metsa biomassi suhtes piiratud tundlikkus ja Euroopa hinnangulised biomassikaardid kajastavad regionaalseid üleminekuid, kuid nende kohaliku tasandi täpsus jääb keskpäraseks**

- **Kaartide ja võrdlusandmete lõimimist kasutati korrigeeritud kaldega Euroopa biomassikaardi koostamiseks 2010. aasta kohta, mis vastab piirkondlikul tasandil võrdlusstatistikale metsaala ja biomassi tiheduse osas.**
- **Biomassi kaardistamine kosmosest areneb kiiresti tänu uutele satelliitidele, millel on metsa biomassi suhtes kõrgendatud tundlikkus**
- **Järgmise 2 –3 aasta jooksul on oodata paremaid biomassi ja biomassi muutumise tooted, mis parandavad tuntavalt teadmisi metsa biomassi ruumilisest paiknemisest ja dünaamikast**

Viited, 4. peatükk

Alberdi, I., Michalak, R., Fischer, C., Gasparini, P., Brändli, U., Tomter, S.S., … & Vidal C. (2016): Towards harmoniseharmonised assessment of European forest availability for wood supply in Europe. Forest Policy and Economics, 70: 20-29.

Alberdi, I., Hernandez, L., Gshwantner, T., Klatt, S., Riedle, T. (2017). Final Report, Specific Contract n. 18 "Use of National Forest Inventories data to estimate area and aboveground biomass in European forests not available for wood supply" in the context of the "Framework Contract for the provision of forest data and services in support of the European Forest Data Centre (EFDAC)", 9 June 2017, Joint Research Centre of the European Commission, Ispra, Italy.

Alberdi, I., Hernandez, L., Riedle, T., Schnell, S., Petsy, B. (2019). Final Report, Specific Contract n. 19 "Use of National Forest Inventories data to estimate area and aboveground biomass in European forests not available for wood supply" in the context of the "Framework Contract for the provision of forest data and services in support of the JRC activities and applications on forest resources", November 2019, Joint Research Centre of the European Commission, Ispra, Italy.

Alberdi, I., Bender, S., Riedel, T., Avitable, V., Boriaud, O., Bosela, M., ... & Freudenschuß, A. (2020). Assessing forest availability for wood supply in Europe. Forest Policy and Economics, 111, 102032.

Asner, G. P., & Mascaro, J. (2014). Mapping tropical forest carbon: Calibrating plot estimates to a simple LiDAR metric. Remote Sensing of Environment, 140, 614-624.

Avitabile, V., Camia, A., "An assessment of forest biomass maps in Europe using harmonized national statistics and inventory plots." Forest ecology and management 409 (2018): 489-498.

Avitabile V., Pilli R., Camia A., (2020). The biomass of European forests. EUR 30462 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, ISBN 978-92-76-26100-1, doi:10.2760/758855, JRC122635.

Baccini, A., Walker, W., Carvalho, L., Farina, M., Sulla-Menashe, D., & Houghton, R. A. (2017). Tropical forests are a net carbon source based on aboveground measurements of gain and loss. Science, 358(6360), 230234.

Barredo, José I., et al., A European map of living forest biomass and carbon stock. Reference Report by the Joint Research Centre of the European Commission EUR–Scientific and Technical Research 25730 (2012).

Calders, K., Newnham, G., Burt, A., Murphy, S., Raumonen, P., Herold, M., ... & Kaasalainen, M. (2015). Nondestructive estimates of above-ground biomass using terrestrial laser scanning. Methods in Ecology and Evolution, 6(2), 198-208.

Ceccherini, G., Duveiller, G., Grassi, G., Lemoine, G., Avitabile, V., Pilli, R., & Cescatti, A. (2020). Abrupt increase in harvested forest area over Europe after 2015. Nature, 583(7814), 72-77.COST Action E43 (2010). Harmonisation of National Forest Inventories in Europe - Techniques for common reporting. https://www.cost.eu/cost-action/harmonisation-of-national-inventories-in-europe-techniques-forcommon-reporting/

DIABOLO (2015) Distributed, Integrated and Harmonised Forest Information for Bioeconomy Outlooks. http://diabolo-project.eu/

Disney, M. (2019). Terrestrial Li DAR: a three-dimensional revolution in how we look at trees. New Phytologist, 222(4), 1736-1741.

Disney, M., Burt, A., Calders, K., Schaaf, C., & Stovall, A. (2019). Innovations in ground and airborne technologies as reference and for training and validation: terrestrial laser scanning (TLS). Surveys in Geophysics, 40(4), 937-958.

European Commission (2019). Stepping Up EU Action to Protect and Restore the World's Forests Communication to the European Parliament Document no. 52019DC0352; https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52019DC0352.

FAO (2000). On definitions of forest and forest change. FAO FRA Working Paper 33, Rome, Italy.

FAO (2015). Global forest resources assessment 2015 Desk reference. Food and agriculture organization of the United Nations, Rome, Italy.

Fischer, C., Gasparini, P., Nylander, M., Redmond, J., Hernandez, L., Brändli, U. B., ... & Alberdi, I. (2016). Joining criteria for harmonizing European Forest available for wood supply estimates. Case studies from National Forest Inventories. Forests, 7(5), 104.

FOREST EUROPE (2015). State of Europe's forests 2015. Status and trends in sustainable forest management in Europe. Madrid, Spain.

Gallaun, Heinz, et al., "EU-wide maps of growing stock and above-ground biomass in forests based on remote sensing and field measurements." Forest Ecology and Management 260.3 (2010): 252-261.

Goetz, S. J., Hansen, M., Houghton, R. A., Walker, W., Laporte, N., & Busch, J. (2015). Measurement and monitoring needs, capabilities and potential for addressing reduced emissions from deforestation and forest degradation under REDD+. Environmental Research Letters, 10(12), 123001.

Gschwantner, T., Alberdi, I., Balázs, A., Bauwens, S., Bender, S., Borota, D., ... & Freudenschuß, A. (2019). Harmonisation of stem volume estimates in European National Forest Inventories. Annals of forest science, 76(1), 24.

Grassi, G., House, J., Dentener, F., Federici, S., den Elzen, M., & Penman, J. (2017). The key role of forests in meeting climate targets requires science for credible mitigation. Nature Climate Change, 7(3), 220-226.

Henning, L., Korhonen, K. T., Lanz, A., Riedel, T. (2016). Final Report, Specific contract n. 17 "Use of National Forest Inventories data to estimate biomass in the European Forests" in the context of the "Framework contract for the provision of forest data and services in support to the European Forest Data Centre", 15 April 2016. Joint Research Centre of the European Commission, Ispra, Italy.

Herold, M., Carter, S., Avitabile, V., Espejo, A. B., Jonckheere, I., Lucas, R., ... & Reiche, J. (2019). The role and need for space-based forest biomass-related measurements in environmental management and policy. Surveys in Geophysics, 40(4), 757-778.

Korhonen, K. T., Riedel, T., Lanz, A. (2014). Final Report, Specific contract n. 13 "Use of National Forest Inventories data to estimate biomass in the European Forests" in the context of the "Framework contract for the provision of forest data and services in support to the European Forest Data Centre", 2 December 2014. Joint Research Centre of the European Commission, Ispra, Italy.

Kurz, W. A., et al. "CBM-CFS3: a model of carbon-dynamics in forestry and land-use change implementing IPCC standards." Ecological modelling 220.4 (2009): 480-504.

Morton, D. C. (2016). Forest carbon fluxes: A satellite perspective. Nature Climate Change, 6(4), 346-348.

Mubareka, S., Vacchiano, G., Pilli, R., Hilferink, M., Fiorese, G., Jonsson, R., ... & Camia, A. (2018). Integrated modelling approach to assess woody biomass supply, demand and environmental impacts of forest management in the EU.

Pilli, R., Grassi, G., Kurz, W.A. et al. Modelling forest carbon stock changes as affected by harvest and natural disturbances. I. Comparison with countries' estimates for forest management. Carbon Balance Manage 11, 5 (2016a)

Pilli, R., Grassi, G., Kurz, W.A. et al. Modelling forest carbon stock changes as affected by harvest and natural disturbances. II. EU-level analysis. Carbon Balance and Management 11, 20 (2016b)

Pilli, R., Grassi, G., Kurz, W. A., Fiorese, G., and Cescatti, A.: The European forest sector: past and future carbon budget and fluxes under different management scenarios, Biogeosciences, 14, (2017): 2387–2405.

Réjou-Méchain, M., Tanguy, A., Piponiot, C., Chave, J., & Hérault, B. (2017). biomass: An r package for estimating above-ground biomass and its uncertainty in tropical forests. Methods in Ecology and Evolution, 8(9), 1163-1167.

Réjou-Méchain, M., Barbier, N., Couteron, P., Ploton, P., Vincent, G., Herold, M., ... & Féret, J. B. (2019). Upscaling forest biomass from field to satellite measurements: sources of errors and ways to reduce them. Surveys in Geophysics, 40(4), 881-911.

Santoro, M., Cartus, O., Mermoz, S., Bouvet, A., Le Toan, T., Carvalhais, N., Rozendaal, D., Herold, M., Avitabile, V., Quegan, S., Carreiras, J., Rauste, Y., Balzter, H., Schmullius, C., Seifert, F.M., (2018). GlobBiomass global

above-ground biomass and growing stock volume datasets, available on-line at http://globbiomass.org/products/global-mapping

Verkerk, P. J., Mavsar, R., Giergiczny, M., Lindner, M., Edwards, D., & Schelhaas, M. J. (2014). Assessing impacts of intensified biomass production and biodiversity protection on ecosystem services provided by European forests. Ecosystem Services, 9, 155-165.

Vidal, C., Alberdi, I., Hernández, L., & Redmond, J. J. (Eds.). (2016). National Forest Inventories: Assessment of Wood Availability and Use. Springer. DOI 10.1007/978-3-319-44015-6.

Zhao, K., Suarez, J. C., Garcia, M., Hu, T., Wang, C., & Londo, A. (2018). Utility of multitemporal lidar for forest and carbon monitoring: Tree growth, biomass dynamics, and carbon flux. Remote Sensing of Environment, 204, 883-897.Zhu, Z., Wulder, M. A., Roy, D. P., Woodcock, C. E., Hansen, M. C., Radeloff, V. C., ... & Pekel, J. F. (2019). Benefits of the free and open Landsat data policy. Remote Sensing of Environment, 224, 382-385.

5 Metsa bioenergeetika jätkusuutlikkus

Käesolevas peatükis uurime metsa bioenergia mõju nii kliimamuutusele (süsinik) kui ka elurikkusele. Kuid kuna metsa bioenergeetika süsiniku mõjude üle on pikalt vaieldud (näit Agostini et al., 2014; Matthews et al. 2018, Giuntoli et al., 2020b) ja REDII määratlus (EU, 2016a) põhineb juba terviklikul hinnangul, keskendume siin peamiselt selgitamisele, kuidas ja miks asjaomased EL-i õigusaktid (REDII ja LULUCF) omavahel haakuvad metsa bioenergeetika kasutamise majandamisel, arutades EL-i üldiste kasvuhoonegaasiheidete ja eemaldamistega seotud ohte. Kontrastina eelnevale ja arvestades väiksemat tähelepanu, mida on seni osutatud metsa bioenergia mõjule elurikkusele ja ökosüsteemide seisukorrale, toome ära värsked järeldused just sellest vaatenurgast.

Käesolev peatükk on struktureeritud järgnevalt: esiteks selgitame, kuidas on lähenetud „jätkusuutliku" metsa bioenergia mõistele vastavalt REDII direktiivile (2018/2001) (osa 5.1), ja esitleme oma analüüsi piiritlust ja peamisi eeldusi (5.2). Teiseks selgitame maakasutuse, maakasutuse muutuse ja metsanduse sektori (LULUCF, määrus 2018/841) all arvesse võetud seoseid REDII ning heitmete ja eemaldamise vahel (5.3). Seejärel teeme lühikese kokkuvõtte Euroopa metsade ökosüsteemide staatusest (5.4) ja võimalikest muutustest metsamajanduses, mis võivad aset leida metsa bioenergia olulisuse suurenemise tulemusel (5.5.). Neljandaks toome sisse metodoloogilise aspekti, et hinnata, kuidas bioenergia mõjub kliimale (5.6) ja elurikkusele. Lõpetuseks esitame põhjalikud tulemused kirjanduse põhjal, mis uurib kahe metsamajandusliku sekkumise võimalikke mõjusid elurikkusele, mida võib teravdada bioenergia suurenev nõudlus puidu biomassi järele (5.8).

Peatüki lõpus kombineerime oma hinnangut elurikkusele avalduvatest muutustest olemasoleva kirjandusega süsinikumõjude kohta, ning toome selgelt välja võimalikud kõigile kasulikud ja kõigile kahjulikud arenguteed metsa bioenergias.

5.1 Probleemi püstitamine

5.1.1 Milline on „säästlik" metsa bioenergia?

Säästlikkus on keeruline ja mõnevõrra abstraktne mõiste, mis hõlmab kolme mõõdet: majandus, ühiskond ja keskkond. Seetõttu on vältimatu, et eksisteerib mitmesuguseid määratlusi, kriteeriumeid ja näitajaid, mis peegeldavad rohkearvulisi kontekste, ning õigusaktidest tulenevaid ja ühtviisi kehtivaid vaatenurki ja ideoloogiaid, nagu näitavad selgelt Strengers and Elzenga (2020).

Et jätkusuutlikkuse mõistet oleks võimalik kohaldada, peame kasutama normatiivset lähenemisviisi. Näiteks esitavad Giuntoli et al. (2020a) mõistelise seireraamistiku EL-i biomajandusele (mille alamsüsteemiks metsa bioenergeetika on), mille eesmärk on saada süsteemne ja kõikehõlmav ülevaade jätkusuutlikust biomajandusest, sealhulgas majandusliku kasumlikkuse, ühiskondliku võrdõiguslikkuse ja keskkonnakaitse nurga alt.

EL-i õigusaktide korpus määratleb EL-i taastuvenergia direktiivis (direktiiv 018/2001, edaspidi REDII, EL 2018) jätkusuutlikku bioenergeetikat kui bioenergiat, mida toodetakse spetsiaalsetest jätkusuutlikkuse ja kasvuhoonegaasiheidete kokkuhoiu kriteeriume täitvatest lähteainetest. Vaid neile kriteeriumidele vastav bioenergia saab aidata riikidel saavutada oma kliima- ja taastuvallikate eesmärke ning olla abikõlblik. Taastuvenergiadirektiivi eelmises versioonis (EL 2009), mis kehtis aastani 2020, määratleti jätkusuutlikkuse kriteeriumeid vaid biokütuste ja biovedelike tootmiseks kasutatava biomassi jaoks. REDII, mis võetakse riikides üle 2021. aasta juuniks, määratleb uued kriteeriumid ka tahkete ja gaasjate biomasskütuste jaoks, mida kasutatakse suurtes paigaldistes elektri ning kütte või jahutuse tootmiseks. Metsa biomassi osas on kõige asjakohasemad uued kriteeriumid järgnevad:

1. **Art. 29(3), art. 29(4) ja art. 29(5) -> Määratletakse keelatud tsoonid põllumajanduslikele lähteainetele, mida ei lubata toota bioenergia jaoks territooriumil, mida klassifitseeriti 2008. aastal või hiljem kui ürgmetsa, kõrge elurikkusega metsa, looduskaitseks määratud alasid (sh ohustatud või väljasuremisohus ökosüsteemid või liigid), kõrge elurikkusega rohumaid (looduslikke või poollooduslikke) või kõrge süsinikusisaldusega maad, sh märg-, metsa- või turbaala.**
2. **Art. 29(6) -> riigis, kus metsa biomass raiuti, kohalduvad raiealale riigi või piirkondliku tasandi seadused ning toimivad seire- ja õiguskaitsesüsteemid, et tagada:**
    i. **raietegevuse seaduslikkus;**
    ii. **metsa taastumine raielankudel;**
    iii. **kaitse rahvusvahelise või riigi õiguse või asjaomase pädeva asutuse looduskaitse alla kuuluvateks osutatud aladele, sh märg- ja turbaalad;**
    iv. **et raie läbiviimisel võetakse arvesse pinnase kvaliteedi ja elurikkuse säilitamine, eesmärgiga minimeerida negatiivseid mõjusid; ja**
    v. **et raie hoiab või parandab metsa pikaajalist tootmisvõimsust.**
3. **Art. 29(7) -> Süsinikuaruandluse sätted, mis loovad seose EL-i REDII ning maakasutuse, maakasutuse muutus ja metsanduse sektori (LULUCF) vahele. Täpsemalt öeldes, riik, kus metsa biomass toodetakse, peab vastama järgnevatele LULUCF-i kriteeriumidele:**
    i. **riik on liitunud Pariisi kokkuleppega;**
    ii. **riik on esitanud ÜRO kliimamuutuste raamkonventsioonile (UNFCCC) riiklikult määratud panuse (NDC), mis hõlmab heiteid ja eemaldamisi LULUCF-ist, mis tagab, et biomassi kogumisest tulenevad süsinikuvarude muutused arvestatakse riigi NDC hulka (EL-i liikmesriikide puhul järgitakse LULUCF-i määruse 2018/841 sätteid) või et kehtivad riigi või piirkonna tasandi seadused, mida kohaldatakse kogumise alal, et säilitada ja tugevdada süsinikuvarusid ja -neeldajaid ning tõestada, et aruandluses esitatud LULUCF-i heited ei ületa eemaldamisi;**
    iii. **juhtudel, kui ülaltoodud kriteeriume ei täideta, peavad metsa tooraine hankimise alade tasandil toimima majandamissüsteemid, mis tagavad, et metsa süsinikuvarusid ja -neeldajaid hoitakse või tugevdatakse pikas perspektiivis.**
4. **Art. 29(10) -> Kasvuhoonegaaside heidete kokkuhoid biokütuste, biovedelike ja biomassi kasutamise pealt on kõrgem kui määratletud miinimumlävi (edaspidi *kasvuhoonegaaside kriteerium*).**

Kõik ülaltoodud kriteeriumid kohalduvad paigaldistes kasutatavale biomassile, kogu hinnatud sisendiga 20 MW või rohkem.

Esimene kriteerium peaks tagama elurikkuse kaitse. Teine kriteerium peaks tagama, et metsa biomass toodetakse seaduslikke majandamistavasid järgides ja ei kahjusta ökosüsteemi tervist, hoiab pikaajalist tootlikkust jne. Kolmas kriteerium peaks tagama, et bioenergia süsinikumõju on adekvaatselt arvesse võetud LULUCF-i sektori all (vt jaotust 5.3). Riskipõhise lähenemisviisiga saab vastavust esimesele kolmele kriteeriumile näidata tõhusate riigisiseste või regionaalsete õigusaktidega, mis kohalduvad metsa biomassile, või tõestatud majandamissüsteemidega raieala tasandil.

Neljas kriteerium – mis põhineb lihtsustatud elutsükli hindamise metoodikal –püüab võrrelda mitmeid bioenergia valikuid ja propageerida kõige tõhusamaid; biogeeniline süsinik on nendest

arvutustest tahtlikult välja jäetud, sest see jääb välja REDII-s kasutatava tarneahela mõiste ulatusest (mis keskendub peamiselt fossiilse energia heidetele), kuid on juba arvesse võetud LULUCF-i kriteeriumide raames (vt jagusid 5.3 ja 5.6). Seega keskenduvad õigusaktid bioenergeetikas kasutatava jätkusuutliku biomassi määratlemisel selgelt kahele aspektile: ökosüsteemide säästlik majandamine ja kliimamuutuse leevendamine. See eriline fookus on tingitud tõsiasjast, et bioenergia on teiste taastuvenergiaallikate hulgas eriline selle poolest, et asub XXI sajandi kahe peamise keskkonnakriisi sõlmpunktis: hädaolukord elurikkuse ja kliima valdkonnas.

Bioenergial, sealhulgas metsa bioenergial, on tõepoolest potentsiaal pakkuda osalist lahendust mõlemale hädaolukorrale, kui biomassi toodetakse säästlikult – st hävitamata metsi, kahjustamata kasvukohti või kaotamata elurikkust – ja kasutatakse tõhusalt. Kuid samal ajal on väga tõeline oht teravdada ühte kriisi, et leevendad teist, või süvendada mõlemat kriisi (IPCC, 2019). Kuna metsa ökosüsteemid on suures osas halvas ökoloogilises seisukorras ja kannatavad tugevnevate stressitegurite all, on Euroopas (Maes et al., 2020) ja kogu maailmas (Elurikkuse ja ökosüsteemi teenuste koostöökogu (IPBES), 2019) ülimalt oluline uurida üksikasjalikult võimalikke ohte, mis on seotud suurema nõudlusega bioenergia järele.

5.1.2 Kuidas see aruanne toetab metsa bioenergia säästlikku juhtimist?

Loodusvarade „säästliku majandamise“ tähendus erineb eri sotsiaalmajanduslikes ja biofüüsilistes kontekstides. Mis on eelistatav või rahuldav, füüsiliselt saavutatav, millised on vastuvõetavad kompromissid säästlikkuse mõõdete vahel – see on ühiskonna väärtuste ja maailmavaadete küsimus. Näiteks on tõenäoline, et kontekstides, kus valitsevad „säilitamise“ väärtused, võivad metsa ökosüsteemide majandamise eesmärgid keskenduda rohkem rangele kaitsmisele ja looduskaitsele; teisest küljest, kontekstides, kus valitsevad „säästva kasutamise“ väärtused, võib säästev metsamajandus eelistada puidutootmist ja sissetulekut (Nelson and Vucetich, 2012).

Arvestades, et metsamajandus on vaid osa metsa säästliku bioenergia piltmosaiigist, väidame meie, et säästliku bioenergia juhtimine on lahenduseta probleem (Xiang, 2013). Sellisena iseloomustab seda ebamäärasus tagajärgede suhtes, mitmesugused ja arvukad kaasnevad huvid, vastukäivad teadmisväited ja kõrged panused. Mis puutub lahenduseta probleemidesse, siis pole võimalik tõendeid niisama lihtsalt tõlgendada ning teaduslikumad uuringud ei vähenda tingimata ebamäärasust ega vii õige või parima teguviisini. Suures osas puuduvad õiged või valed vastused, ning „piisavalt heade“ lahenduste määratlemine on poliitikakujundamise, mitte teaduse roll. Näiteks, olenemata teaduslike uuringute hulgast, pole kunagi võimalik lahendada vaidlusi eetiliste põhimõtete ja ülalmainitud lahknevate maailmavaadete üle.

Siiski saavad teadlased oluliselt toetada poliitilist protsessi, määratledes probleemi piirjooned ja laiendades otsustajate jaoks olemas olevate võimaluste hulka, selle asemel, et pakkuda välja ainuvõimalikke lahendusi. Võib ka öelda, et sellal kui poliitikakujundajad täidavad keerulist ülesannet panna kokku suur piltmosaiik mitme võimaliku tulemusega, siis teadlased saavad protsessi toetada sellega, et määratlevad selgelt mosaiigi tükid ja rõhutavad nende vahelisi võimalikke ühendusi. Käesoleva peatüki eesmärk on seega laiendada otsustajatele kättesaadavat tõendusbaasi, rõhutades kompromisse kliimamuutuse leevendamise ja metsa bioenergia arengutee mitme eeldatava mõju vahel kohalikule elurikkusele. Ehkki nende kompromisside ohtlikkust on rõhutatud uusimas IPCC aruandes pinnase halvenemise kohta ning IPBES-i aruannetes, püüab käesolev peatükk minna üksikasjalikumaks. Me ei piirdu maakasutuse või maakattemuutustega seotud ohtudega, vaid vaatleme üksikasjalikumalt spetsiifiliste muutuste mõju metsamajandusele, mida sageli soovitatakse biomassivarude suurendamise viisina, kuid mida on tavaliselt keeruline tabada suurte integreeritud mudelitega ja mis seetõttu sageli kahe silma vahel jäävad.

Me teeme seda olelusringi hindamise (LCA) põhjal, nii et saame omistada süsinikuheidetele ja ökosüsteemi seisukorrale kohalduvad mõjud ühele kindlale bioenergia arenguteele (vt täpsemalt osa 5.6).

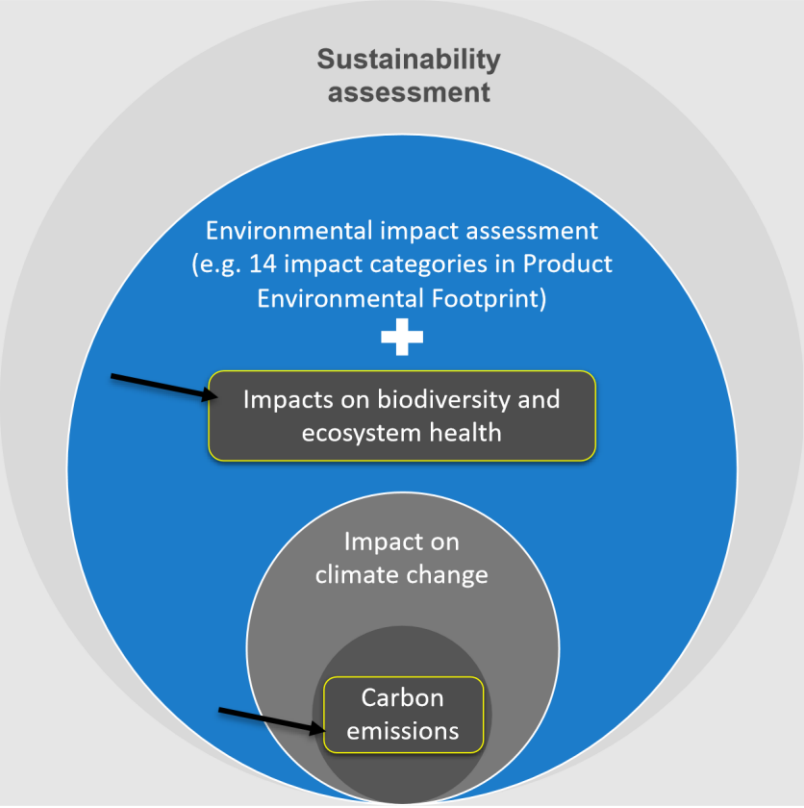
Lisaks, kuna oleme ikka veel kaugel usaldusväärsest ja terviklikust metoodikast elurikkuse mõju kvantitatiivseks hindamiseks (vt jagu 5.7), sõltume kirjanduse ülevaatest ja kvalitatiivsest teadmiste sünteesist kui esimesest sammust metsa bioenergia arenguteede võimaliku elurikkust puudutava mõju mõistmiseks.

Oleme kindlad, et käesolevas peatükis esitatud süntees toetab poliitikakujundajaid nende püüdlustes:

- **edendada metsamajandamise tavasid, mis minimeerivad kompromisse kliima leevendamise ja elurikkuse säilitamise vahel;**
- **propageerida juhtimistööriistu, mis toetaksid kõigile kasulikke olukordi ja hoiaksid ära kõigile kahjulikke arenguteid;**
- **toetada kohanevate juhtimistööriistade rakendamist, milleks on näiteks seire ja hindamisraamistikud.**

5.2 Analüüsi piiritlus

Nagu eespool öeldud, keskendume kõigi metsa bioenergia säästlikkuse tahkude hulgast siinkohal ainult kahele probleemile: kliimamuutus ja ökosüsteemide seisukord. See tähendab, et välistame sõnaselgelt paljud teised aspektid, mis iseloomustavad laiemat bioenergia säästlikkuse hindamist, näiteks: bioenergia roll elektrivõrgu stabiliseerimisele; energiajulgeolek; sotsiaalmajanduslikud mõõted nagu maapiirkondade areng, sissetulek ja tööhõive; teised keskkonnamõjud, nagu õhusaaste (Capizzi et al., 2019); teised kliimamõjutajad peale kasvuhoonegaaside, nagu näiteks lähiaja kliimamõjutajad (aerosoolid, osooni lähteained) ja biogeofüüsilised mõjutajad jne. Joonis 27 näitab keskkonna- ja säästlikkushinnangute erinevaid tasandeid. Käesolevas peatükis vaadeldud aspektid on märgitud noolega.



Joonis 27. Ülevaade erinevate keskkonna ja säästlikkuse mõjuhinnangute ulatusest. Täiendavat teavet vt Agostini et al. (2020).

Sustainability assessment – Säästlikkuse hinnang; Environment impact assesment – Keskkonnamõju hinnang; (incl. 14 impact categories in Product Environmental Footprint) – (sh toote keskkonnajalajälje 14 mõjukategooriat); Impacts on biodiversity and ecosystem health – Mõju elurikkusele ja ökosüsteemi tervisele; Impact on climate change – Mõju kliimamuutusele; Carbon emissions - Süsinikuheited

Tulemused, eriti elurikkusele avalduva mõju osas, on väga tundlikud järgneva suhtes:

a. **Biogeograafilised ja klimaatilised muutujad**
b. **Taksonoomilised rühmad (sh erinevused generalistlike ja spetsialiseerunud taksonite vahel, või looduskaitse seisukohalt huvi pakkuvad liigid)**
c. **Arvestatud ruumilised ja ajalised mastaabid**
d. **Arvestatud elurikkuse tunnused ja ökosüsteemi seisukorra aspektid**

Meie hinnang eelistab laiahaardelist sünteesi kindlate juhtumite uurimisele, sest meie eesmärk on rõhutada arenguteid ja majandamisvõimalusi, mis võivad tõenäoliselt põhjustada negatiivseid mõjusid ja mida tuleks seetõttu vältida ettevaatusprintsiibi nimel[29], ning anda ideid edasiseks uurimistööks.

Me võtsime kirjanduse ülevaate jaoks aluseks otsingupäringud (vt lisa 1), kuid laiendasime ülevaadet ka esimeses artiklite loetelus nimetatud asjaomaste uurimuste põhjal. Kuna meie peamine eesmärk oli saavutada teadmiste kõrgetasemeline süntees ja destilleerida saadud õppetundidest välja vajalik, keskendusime peamiselt juba olemasolevatele ülevaadetele ja metaanalüüsile. On võimalik, et läbi töötatud kirjandus ei anna täielikku ülevaadet olemasolevatest teadmistest. Näiteks tundub, et uurimuste eelistus kaldub raiejääkide äraveo mõju poole (osa 5.8.1), nii et enamik neist viitab parasvöötme või põhjaregioonide ökosüsteemidele. Lisaks näib nappivat koha peal läbi viidud

[29] Euroopa Liidu toimimise lepingu artikkel 191

empiirilisi uuringuid, mis võrdlevad USA lõunaosas istanduste staatust looduslike, kohalikest puuliikidest metsaga (Petrokofsky et al., 2020), ehkki need mängivad olulist rolli puidugraanulite tootmises energiaallikana EL-is.

5.2.1 Eeldused ja piiritlused

Teadlikuna, et iga mudel ja hinnangutulemus oleneb eeldustest, mis selleni viivad (Saltelli et al., 2020; Saltelli and Funtowicz, 2014), kogume siin kokku peamised ja kõige mõjukamad eeldused, millel käesoleva peatüki hinnangud põhinevad (kast 1).

KAST 1: Eeldused

1. **Selle töö aluseks ja stiimuliks on ettevaatusprintsiip.** Bioenergia nõudluse kasv õhutab tõenäoliselt muutustele metsamajanduses, mis võib veelgi tugevamalt survestada juba praegu halvas seisukorras ökosüsteeme. Seetõttu on möödapääsmatu luua selge arusaam nende muutustega kaasnevatest ohtudest ja kasudest.
2. Eeldused ühilduvad tootepõhise olelusringi hinnanguga, mistõttu käesolev uurimus on kujundatud nii, et omistab mõjusid kindlatele arenguteedele (mitte kogu majandust hõlmavale kasvuhoonegaaside hindamisele).
3. Bioenergia iga arengutee mõjusid hinnatakse hüpoteetilise olukorra kaudu, kus sekkumist ei toimu, st biomassi või maa viitekasutusega (nii tuleb tulemusi tõlgendada valitud teabeallikast sõltuvalt).
4. Hinnatud sekkumised ei põhine eranditult bioenergia nõudlusel, kuid see, kas me seda põhinemist eeldame või mitte, ei muuda uurimuse tulemusi.
5. Süsiniku- ja elurikkuse mõjude hindamine põhineb puhtalt otsestel mõjudel ja välistab kaudsed, turu vahendatud, teist järku mõjud.
6. Autorite eksperthinnangud on vältimatult tulemuse osad.

1. **Maailmavaated Kui küsimus on „Kas metsa bioenergia on säästlik?“, võib vastus olla jaatav või eitav, olenevalt sellest, kes sellele vastata püüab ja kuidas. Teisisõnu, vastus on teatud määral vaataja silmades. Meie väidame, et see küsimus on halvasti esitatud, sest bioenergia säästlikkuse juhtimise küsimus, nagu paljud teisedki sotsiaalmajanduslikud küsimused, on lahenduseta probleem (Xiang, 2013). Debatis vastanduvad huvirühmad kinnitavad oma seisukohtade toetuseks, et „teadus ütleb selgelt, et ...“. Lahenduseta küsimuste puhul puuduvad suures osas õiged või valed vastused, ning „piisavalt heade“ lahenduste määratlemine on poliitikakujundamise, mitte teaduse roll. See ei vähenda teadlaste rolli, kellelt oodatakse parima olemasoleva tõendusmaterjali kasutamist, et tuvastada halvima juhu stsenaariumid ja kõigile kasulikud arenguteed, ning testida bioenergiat reguleeriva raamistiku töökindlust.**

   Ettevaatusprintsiip on valitsev maailmavaade, millel põhineb hinnangu eesmärk ja ulatus. Kontekstis, kus metsa ökosüsteeme nähakse olevat EL-is halvas seisukorras (Maes et al., 2020) (ehkki mitu näitajat on paranemas, osa 5.4) ja üha suureneva surve all üle maailma (IPBES-i ülemaailmne hinnang, 2019 [30]), võib metsa bioenergia nõudluse võimalik suuremahuline kasv muuta metsade majandamise viisi (osa 5.5). See võib muuta tasakaalu arvukate ökosüsteemi teenuste vahel, mille täitmist metsadelt oodatakse. Seetõttu on ülioluline selgelt mõista nende muutustega kaasnevaid ohte ja kasusid.

2. **Tootepõhise olelusringi hindamise peamine kasutatav meetod Sala et al. (2016), mille eesmärk on tuvastada teatud arenguteede mõju (osa 5.6). See lähenemisviis ei saa kattuda**

[30] **https://ipbes.net/global-assessment**

ei REDII kasvuhoonegaaside kriteeriumi lähenemisviisiga (direktiiv 2018/2001, Art 29(10)), ega kasvuhoonegaaside aruandlusega LULUCF-i all. Sellal kui REDII metoodika püüab eri arenguteed omavahelisse võrdlusse viia ühisel skaalal – selle eesmärk keskendub peamiselt tarneahela tõhususele – ei hõlma see mingit aruandlust biogeenilise süsiniku tsükli kohta, ega maa hüpoteetilise kasutamise kohta, ega turu vahendatud mõjusid, ja pole seega mõeldud kujutama bioenergia arenguteede tegelikku mõju kliimale. Skaala teises otsas on LULUCF-i kasvuhoonegaaside aruandluse (mille metsakomponenti on kirjeldatud osas 5.3) peamiseks eesmärgiks jälgida maamajandamise valikute mõju riikide tasandil määratud kliimaeesmärkide suunas liikumisel. Nende kindlate arenguteede järgimine selliste eesmärkide saavutamiseks võib mõjutada tehtud valikute kulutõhusust, mis on oluline. Siiski on see suhteliselt ebaoluline seni, kuni selle mõju adekvaatselt arvesse võetakse ja eesmärk saavutatakse. Matthews et al., (2015) leiab, et EL-i kasvuhoonegaaside vähendamise eesmärke oleks võimalik saavutada bioenergia kasutusele võtmisega erinevas ulatuses, kuid kui uuriti üksikasjalikult iga energiaallika panust üldistesse kasvuhoonegaasiheidetesse (st siin kasutatud tootepõhise olelusringi hindamise abil), leiti, et metsa bioenergial võib olla positiivne või negatiivne mõju kasvuhoonegaasidele, olenevalt vaadeldavast lähteainest ja, mis veelgi olulisem, metsamajandustavadest, mis eeldatavasti tulevikus kasutusele võetakse.

Kokku võetult: nii kaua kuni aruandlus kasvuhoonegaaside kohta toimib (st mingeid majandamise põhjustatud heiteid ei jäeta aruandlusest välja) ja riigi üleüldised kasvuhoonegaaside eesmärgid täidetakse, võib kõiki riigi tasandi poliitilisi otsuseid loodusvarade majandamise osas energiaallikate kombineerimisel lugeda vastuvõetavateks. See võib hõlmata valikut kasutada metsa bioenergiat isegi juhul, kui see ei aita saavutada kliimaeesmärke, ja valikut üldse mitte tugineda bioenergeetikale, isegi kui teatud bioenergeetika arenguteed võiksid eesmärke saavutada.

3. **Osas 5.8 ja 5.9 toodud iga bioenergeetika arengutee mõjusid hinnatakse maakasutuse hüpoteetilise, st võrdlusalusega. Hinnangu tulemusi tuleks seega tõlgendada kui võrdlusalusest olenevaid (Agostini et al., 2020). Üksikasjalised hüpoteetilised tingimused on toodud osades 5.8 ja 5.9. Kuna siin kasutatud olelusringi hindamine ja LULUCF-i regulatsioon (kirjeldatud ülal) erinevad oma ulatuselt, pole siin kasutatud hüpoteetilised juhud tingimata samad, mida kasutatakse LULUCF-i all kasvuhoonegaaside mõju hindamiseks metsade bioenergiale (vt metsa heitkoguse võrdlustase).**

4. **Hindamisel arvesse võetud sekkumisi (raiejääkide suurem äravedu; metsastamine, looduslike metsade muutmine istandikeks) võib põhjustada bioenergia nõudlus, aga ka teised stiimulid. Ehkki peame neid majanduslikke seoseid otseselt hindama, tasub meeles pidada, et leidub rohkesti kirjandust, mis esitleb neid sekkumisi kui ilmselgeid võimalusi toota bioenergia jaoks täiendavat biomassi (Giuntoli et al., 2020b), või viitab neile selliselt. Lisaks, isegi kui sekkumine on ainult osaliselt seotud bioenergia nõudlusega (otseselt või kaudselt), tasub hinnata mõjusid, mis kantakse proportsionaalselt bioenergeetika arvele.**

5. **Sarnaselt ülaltoodud argumendile tasub tähele panna, et süsinikule ja elurikkusele avaldatud mõjude hindamine põhineb ainult otsestel hindamistel ja välistab kaudsed, turu vahendatud, teist järku mõjud. Need võivad leevendada või teravdada siin hinnatud otseseid mõjusid, kuid nõuaksid laiemat modelleerimisraamistikku. Osas 5.9.2 soovitame tulevikus läbi viia võimalik uurimistöö nende mõjudega tegelemiseks.**

6. **Käesolevas peatükis toodud kvalitatiivne hinnang põhineb läbi vaadatud kirjandusel, kuid peegeldab siiski vältimatult meie enda eksperthinnangut ja ülal illustreeritud eeldusi; eri autorid võivad jõuda veidi erinevatele järeldustele ühte ja sama kirjandust uurides. Siiski, sellal kui töötatakse välja elurikkuse mõju hindamise kvantitatiivseid meetodeid (osa 5.7),**

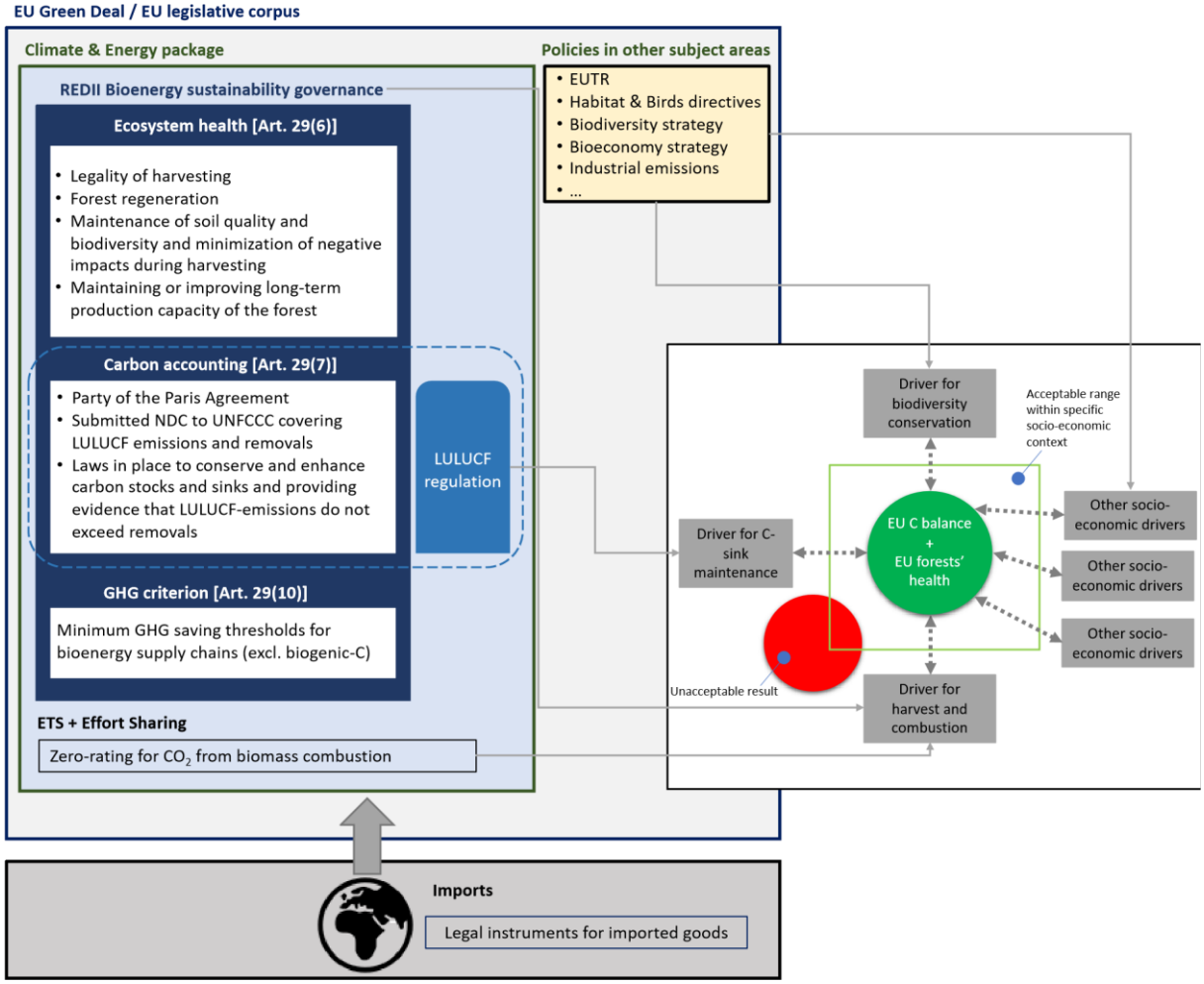
usume, et käesolevas peatükis toodud teadmiste süntees on hea alguspunkt, et aidata kaasa arenguteede võrdlusele, rõhutades riske ja ohusignaale ning aidates laiendada arusaamist bioenergia mõjust süsinikuheidetele ja ökosüsteemi seisukorrale (EU, 2016a).

5.3 REDII ja LULUCF-i vahelise seose selgitamine ja mõjud.

5.3.1 Kuidas arvestatakse EL-is metsa bioenergia süsinikumõju

Käesolev osa selgitab EL-i kliima- ja energiapoliitikate taga olevat mõttekäiku ja mehhanisme metsa bioenergia kasutamise ja sellega seotud süsiniku arvestamisel, nimelt REDII-d (direktiiv 2018/2001) ja LULUCF-i (määrus 2018/841). Käesolevas osas illustreeritud mõisteid selgitatakse üksikasjalikumalt teadusuuringus (Grassi et al., valmimas).

Joonis 28 esitab kokkuvõtlikult erinevate tööriistade vahelised seosed EL-i õiguslikus korpuses; need määratlevad EL-is metsa bioenergia klimaatilise ja keskkonnaalase valitsemise säästlikkust. Täpsemalt, nagu kirjeldatud osas 5.11, loetleb artikkel 29 REDII raames mitu säästlikkuse kriteeriumit, millele peab vastama bioenergias kasutatav metsa biomass, et seda saaks arvestada iga riigi taastuvenergia eesmärgi saavutamise suunas tehtavates jõupingutustes.



Joonis 28. EL-i metsa bioenergia kliimamõju ja keskkonnaalase säästlikkuse suunamise vahendite ja nende vastastikuse mõju skemaatiline kujutis (allikas: Grassi et al., koostamisel).

EU Green Deal – ELi rohelepe; EU legislative corpus – ELi õigusaktide kogu; Climate & Energy Package – Kliima- ja energeetikapakett; Policies in other subject areas – Poliitikad muudes teemavaldkondades; REDII Bioenergy sustainability governance – REDII bioenergeetika kestlikkuse haldamine; EUTR – ELi puidumäärus; Habitat & Birds directives – Elupaiga- & linnudirektiivid; Biodiversity

strategy – Elurikkuse strateegia; Bioeconomy strategy – Bioökonoomia strateegia; Industrial emissions – Tööstuslikud heitmed; Ecosystem health – Ökosüsteemi tervis; Forest regeneration – Metsa uuendamine; Maintenance of soil quality and biodiversity and minimization of negative impacts during harvesting – Mullakvaliteedi ja elurikkuse säilitamine ning negatiivse mõju minimeerimine raie käigus; Maintaining or improving long-term production capacity of the forest – Metsa pikaajalise tootmisvõimsuse säilitamine või suurendamine; Carbon accounting – Süsinikuaruandlus; regulation – määrus; Party of the Paris Agreement – Pariisi kokkuleppe osaline; Submitted NDC to UNFCCC covering LULUCF emissions and removals – Esitanud UNFCCC-le NDC, mis hõlmab LULUCF heiteid ja sidumisi; Laws in place to conserve and enhance carbon stock and sinks and providing evidence that LULUCF emissions do not exceed removals – Kehtestatud seadused süsinikuvarude ja neeldajate säilitamiseks ja suurendamiseks ning esitab tõendeid, et LULUCF heitmed ei ületa sidumist; GHG criterion – Kasvuhoonegaaside kriteerium; Minimum GHG saving thresholds for bioenergy supply chains (excl. biogenic C) – Kasvuhoonegaaside vähendamise miinimumlävendid bioenergia tarneahelatels (v.a biogeenne süsinik); Effort Sharing – Jõupingutuste jagamine; ETS – Heitkogustega kauplemise süsteem; Zero-rating for CO_2 from biomass combustion – CO_2 nullmäär biomassi põletamisest; Driver for biodiversity conservation – Elurikkuse säilitamise alus; Acceptable range within specific socio-economic context – Vastuvõetav ulatus konkreetses sotsiaalmajanduslikus kontekstis; Driver for C-sink maintenance – Süsinikuneeldajate säilitamise alus; EU C balance – ELi süsinikubilanss; EU forests' health – ELi metsade tervis; Other socio-economic drivers – Muud sotsiaalmajanduslikud stiimulid; Unacceptabe result – Mittevastuvõetav tulemus; Driver for harvest and combustion – Majandamise ja põletamise alus; Imports – Import; Legal instruments for imported goods – Õiguslikud vahendid imporditud kaupade kohta

Need kriteeriumid olid pika poliitilise protsessi tulemus, mille aluseks on metsa biomassi süsinikuaruandluse teadusliku mõistmise staatuse terviklik hindamine (EU, 2016a). Vaatamata kestvale laiaulatuslikule ja kohati vihasele arutelule nii USA-s (vt näit Booth, 2018; Cornwall, 2017; Dale et al., 2017; Sterman et al., 2018a) kui ka EL-is (vt näit Agostini et al., 2017; Beddington et al., 2018; Brack, 2017; Cowie et al., 2017; Norton et al., 2019; Searchinger et al., 2018) bioenergia rolli üle kliimamuutuse leevendamise strateegiates, on paljud bioenergeetika debati mõlemal poolel tõstatatud argumendid juba Euroopa poliitikakujundajate poolt arvesse võetud. Näiteks heideti kõrvale võimalus kaasata kasvuhoonegaaside kriteeriumisse biogeenilise süsiniku aruandlus (art. 29(10)) (EU, 2016a lk 36) muuhulgas arvutamise metoodika määratlemisesse kaasatud väärtusvalikute ülima kaalukuse tõttu (st hüpoteetiliste juhtumite valiku subjektiivsus)[31]. Sarnane vaidlus leidis aset kaudse maakasutusmuutuse (ILUC) riskide suunamise osas biokütuste puhul: Palmer (2012) rõhutas, kuidas poliitilise arutelu fookus ahenes ülimalt tehniliseks diskursuseks modelleerimisparameetrite ja eelduste ümber, mis õhutas lõkkele arutelu ja takistas edusammude tegemist laiemate, refleksiivsete riskisuunamistööriistade suunas. Aja jooksul võitis poliitiline valik tehnilise arutelu sellega, et ei võtnud omaks mudeltulemusi, vaid pigem suunas oma tähelepanu mõju peamisele stiimulile, st toidu ja söödataimedel põhinevate biokütuste nõudlusele (direktiiv 2015/1513). Ehkki teadlaste roll ILUC-i probleemi päevavalgele toomisel oli määrav (Searchinger et al., 2008), siis lahenduseta probleemi kunstlik taltsutamine ei aidanud kaasa poliitilisele protsessile, vaid pigem põhjustas pikka ja ägedat arutelu, mis tekitas suurt majanduslikku ja poliitilist ebamäärasust. REDII protsessile tuli kasuks ILUC-i kogemus; õigusloojad otsustasid mitte keskenduda kõigi biogeenilise süsiniku voogude otsesele aruandlusele, vaid pigem kliima- ja energiapaketi teiste õigustööriistade kasutuselevõtule, nagu näiteks LULUCF-i määrus, ja vastavate kriteeriumide kaasamisele uuendatud taastuvenergiadirektiivis.

Metsa bioenergia üle käidava ägeda teadusliku vaidluse keskne argument on, et biomassi kasutajad ei arvesta põletamisest tekkivaid heiteid süttimise hetkel (null-arvestus). EL27+ÜK puhul on need heited märkimisväärsed (u 330-380 $MtCO_2$ aastal 2015, vt joonist 29 kastis 2) ja energeetikasektor ei võta neid tõepoolest arvesse. Kuid need, kes kritiseerivad EL-i „süsinikuneutraalsuse simplistlike eelduste ja biomassi kujutamise eest taastuvana" (näit Norton et al., 2019) tunduvad kahe silma vahel jätvat LULUCF-i reguleerimise tähtsuse.

[31]Töö keerulisuse ja subjektiivsuse illustreerimiseks võime vaadelda raiejääkide hüpoteetilise juhtumi määratlust. See oleks nõudnud reguleerijalt vähemalt järgmiste parameetrite normatiivset kirjeldamist: a) Milline oleks biomassi praegune saatus, kui seda ei tarvitataks energiaks? (näit alepõletamine või metsas kõdunemine?); b) Metsa jäetud raiejääkide kõdunemise kiirus (st olenevalt kliimavöötmest, puidu tüübist, puu suurusest, puu asukohast jne.); c) Analüüsi ajaline piir (näit mis on bioenergia vastuvõetav tasuvuse aeg võrreldes fossiilsete allikatega?) Kõik need valikud mõjutavad tugevalt raiejääkidest toodetava bioenergia lõplikku süsinikutasakaalu. Vt täpsemaid tehnilisi üksikasju osas 5.6.

Kui EL-i ETS ja REDII eeldavad heidete null-hindamist biomassi süttimise punktis, tuleneb see sellest, et need heited on juba arvesse võetud LULUCF-i sektoris kui süsinikuvarude muutus. Lähenemisviisi on vastavalt Pariisi kokkuleppele aruandluse eesmärgil omaks võtnud IPCC riikide kasvuhoonegaaside inventari juhised (IPCC 2006, 2019) ja UNFCCC. Selle lähenemisviisi pooltargumendid hõlmavad peamiselt rakendatavust ja vajadust vältida topeltarvestamist.

On olemas konkreetsed põhjused, miks biomassi põletamise heiteid energeetikasektoris arvesse ei võeta. Tegelikult (vt Grassi et al., koostamisel) oleks äärmiselt keeruline arvestada heidetega energeetikasektoris, kui biomassi tegelikult põletatakse, samal ajal vältides topeltarvestamist LULUCF-is. See on keeruline, sest nagu illustreerib 3. peatükk, pärineb energia saamiseks põletatav biomass kolmest väga erinevast ja keerulisest allikast: osa on esmane puit mõni kuud varem raiutud biomassist (näit oksad), osa teisene puit, mis pärineb võib-olla isegi mitu aastat varem raiutud puidu töötlemisest, osa on raiejäätmed võib-olla isegi mitu aastakümmet varem raiutud biomassist. Kuna LULUCF-is arvesse võetud heited ja jääkide äravedu põhinevad iga-aastasel süsinikuvaru muutusel (ehk iga-aastane biomassi kasv miinus kaod), eeldaks metsa bioenergia arvestamine energeetikasektori all põletatud biomassi tagasiulatuvat (ja ebarealistlikku) arvestamist kindlatel eelnevatel aastatel raiutud biomassi hulka, ja selle raiutud hulga tagantjärele lahutamist LULUCF-i aruandlusest, et vältida topeltarvestamist.

Lisaks kaotaks biomassi arvestamine energeetikasektoris stiimuli puidujääkide kasutamiseks energia tootmiseks (sest biomassi põletamine eraldab rohkem CO_2 energiaühiku kohta kui fossiilkütused), vaatamata sellele, et nende jääkide metsa jätmine viib aja jooksul nende kõdunemiseni, mille tagajärjel need heidavad oma süsiniku atmosfääri. Seda argumenti ei tohiks tõlgendada kui soovitust kõik jäägid tingimata ära põletada, sest need mängivad olulist rolli metsa elurikkuse ja viljakuse säilitamisel.

KAST 2: Metsa bioenergiaga seotud heited EL-is (Grassi et al., koostamisel).

Joonis 29 võrdleb bioenergia tootmiseks kasutatava puidu biomassi CO_2 heiteid EL-is (hinnatud 3. peatükis) kogu biomassiga, mida EL-i KHG 2020 inventari alusel kasutatakse kütusena. Kuna raporteeritud heited hõlmavad ka neid, mis tekivad põllumajanduslikust biomassist ja jäätmete põletamisest, pidime ainuüksi puidu biomassist tekkivate heidete tuletamiseks hindama puidu biomassi osakaalu ELi esmases bioenergia tootmises, nagu ära toodud ELi energiastatistikas (Eurostat[a]). Puidu biomassi põletamisest tekkivate heidete kaks hinnangut on enam-vähem samal joonel (punane pidevjoon ja sinine punktiirjoon joonisel 29) ning näivad kinnitavat bioenergia tootmiseks kasutatava raporteeritud biomassi veidi ülehinnatud tõusvat suundumust 2009–15, millest on kirjutatud 3. peatükis. Üleüldiselt olid ELis 2015. aastal puidu biomassi põletamise heited 350–380 $MtCO_2$. **Kohaldades 1.32 tCO_2 võrduvat nihketegurit iga ahjukuiva tonni kohta (põhineb elutsüklianalüüsi andmetel ja Matthews et al. 2015; vt lisaks ka Grassi et al. 2019), on võimalik hinnata, et 2015. aastal oleks fosiilipõhiste KHG heidete ekvivalent, mida suudeti vältida bioenergia kasutamisega, olnud vahemikus 250–270 $MtCO_2$.**

See biomassi ja fosiilipõhiste heidete võrdlus on õpetlik, kuid omaette ei saa seda siiski kasutada, et teha järeldusi metsa bioenergia negatiivsete ja positiivsete kliimamõjude kohta. Ühest küljest eritab puidupõhine bioenergia tõepoolest põletamise ajal rohkem KHG-d energiaühiku kohta kui võrreldav kogus energiat fossiilsest allikast, mida see asendab. Teisest küljest tuleks enne järelduste tegemist arvesse võtta puidu biomassi sisendi kombinatsiooni tegelik koostis ja suundumus.

Nagu illustreeritud osas 3.4, võib umbes 20% sellest biomassist 2015. aastal hinnata esmase puidu tüvepuiduks (millest vähemalt pool pärineb tõenäoliselt madalmetsadest), sellal kui suurem osa pärineb kas teistest esmastest puidukomponentidest (ladvad, oksad, mis oleksid niikuinii eraldanud CO_2 oma kõdunemisprotsessi käigus, kui need oleks jääkidena metsa jäetud, umbes 17%) või teisestest allikatest (puidutöötlemistööstuse kõrvalsaadused, koor, pärast tarbimist ringlusse võetud puit, umbes 49%); ülejäänud 14% päritolu pole võimalik määratleda, kuna see on märgitud liigitamata puiduks (vt joonis 8).

Selle analüüsi põhjal võib ennetavalt järeldada, et suur enamik metsa bioenergiast, mida hetkel EL-is kasutatakse, pärineb jääkidest ja laialdaselt soovitatavast „kaskaadsest" lähenemisviisist (EL 2015). **Kuid energiatootmises 2005.–2018. aastani kasutatud puidu biomassi suurenemine (u 34%, sinine punktiirjoon) näib olevat peamiselt seotud küttepuu hulga suurenemisega (vt joonis 10).** Mis veel tähtsam, bioenergia sisendi kombinatsiooni suur ebamäärasus, mida on rõhutatud 3. peatükis, ei luba ülaltoodud järeldusesse väga veendunult suhtuda.

Üleüldiselt on suurem veendumus bioenergia kombinatsiooni koostise osas eeltingimuseks, et suurendada veendumust EL-is praegu kasutatava puidupõhise bioenergia positiivses kliimamõjus.

Joonis 29. EL27+ÜK[b] kütusena kasutatava biomassi CO_2 heited

[a] https://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/database

[b] **Teadmiseks, ÜK heidete osakaal kogu põletatavas biomassis (sinine pidevjoon) suhtes EL27+ÜK oli 3% 2005. aastal ja 8% 2018. aastal.**

Et täielikult mõista selle lähenemisviisi mõjusid, et metsa bioenergia arvestatakse sisse LULUCF-i ja mitte energeetikasektorisse, on oluline mõista, *kuidas* LULUCF arvestab metsa bioenergiat EL 2030 kliima ja energeetika raamistikus (joonis 30), ja *miks*.

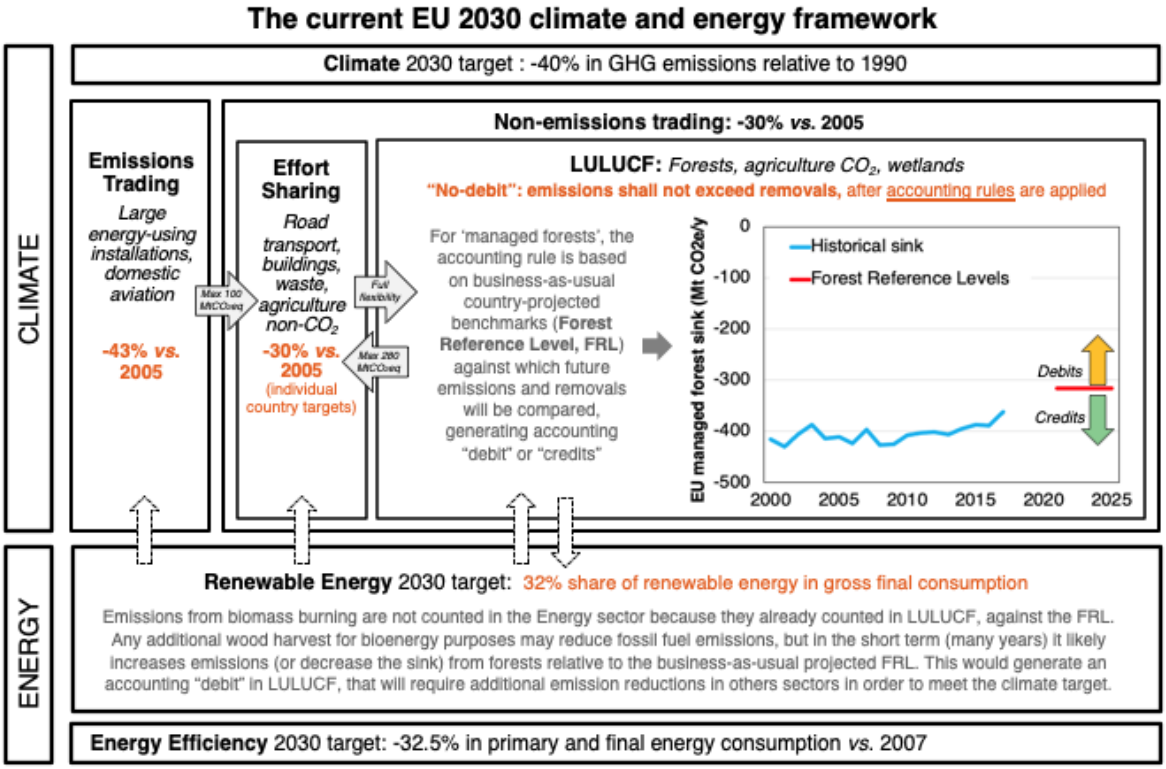
Kliimamuutuse leevendamise tulemuste hindamine metsapõhises valdkonnas on palju keerulisem kui teistes KHG valdkondades (näit energeetika, põllumajandus). Seda seetõttu, et metsaga seotud voogusid mõjutavad üheaegsed looduslikud ja inimtekkelised protsessid, mida on kompleksne ja keeruline lahti harutada, ning eaklassi pärandmõjud, mis tulenevad mineviku metsamajandusest ja looduslikest häiringutest (Grassi et al., 2018). Riikide leevendamiseesmärkide kontekstis (näit Kyoto protokoll, Pariisi kokkulepe) on see komplekssus arvesse võetud poliitikutega läbiräägitud „aruandluseesmärkide" kaudu, mille eesmärk on paremini kvantifitseerida leevendustegevuste tulemusi ja seega kvantifitseerida metsade panust eesmärgi suunas. Aruandluseeskirjad on olulised, sest need mõjutavad sügavalt metsaga seotud leevendustegevuse usutavust. Saadud kogemused, nagu toodud näit LULUCF-i IA-s (EL, 2016b), Grassi et al. (2018), Korosuo et al., 2020, on õpetanud, et pärast pikka poliitilist protsessi on EL otsustanud mõõta metsa leevendava tegevuse mõju aastatel 2021–30 läbi metsa heitkoguse võrdlustaseme (FRL) mõiste (määrus 2018/841). Metsa heitkoguse võrdlustase on riigipõhiselt kindlaks määratud eeldatav metsaheidete ja eemaldamiste tase, millega võrreldakse tulevikus heiteid ja eemaldamisi. See võrdlus toodab aruandluse „krediite" ja „deebeteid" (näit kui neeldaja on vastavalt suurem või väiksem kui metsa heitkoguse võrdlustase, vt joonist 30), mida võetakse arvesse riigi kliimaeesmärgi täitmise arvutamisel[32]. Sellal kui krediitidel on ülempiir, mis seeläbi potentsiaalselt piirab stiimulit suurendada neeldajaid, tuleb iga deebetit kompenseerida heidete täiendava vähendamisega teistes valdkondades.

Vastupidiselt Kyoto protokolli 2. tegevusperioodile, kus need metsa heitkoguse võrdlustaseme prognoosid (mida nimetatakse metsamajanduse võrdlustasemeks, FMRL) võiksid hõlmata poliitilisi eeldusi koos ohuga paisutada leevendustegevuste tõelist mõju (vt Grassi et al., 2018), põhineb määruses 2018/841 võetud metsa heitkoguse võrdlustaseme lähenemisviis eranditult metsamajanduse tava ja puidu kasutamise jätkamisel (st puidu kasutamise osakaal energia vs materjali tootmises), nagu dokumenteeritud ajaloolisel võrdlusperioodil (2000–9), võttes arvesse eaga seotud metsadünaamikat, kuid välistades poliitilised eeldused. Selle tulemusel peegelduvad igasugused muutused puidu majandamises või kasutamises tegevusperioodil (2021–30) kliimaaruannetes, täpselt nagu teistes KHG valdkondades. Ainus erinevus teiste valdkondadega on metsa vanuse dünaamika mõju, st paikades, kus on vananevad metsad, võib mineviku majandamistava jätkamine tähendada metsa heitkoguse võrdlustasemes koguraie suurendamist. Nii võivad bioenergia heidetest ainsana jääda aruandlusest välja need, mis on seotud eastruktuuri dünaamikaga, st seoses raie suurenemisega eranditult selle tõttu, et pärast 2020. aastat saab küpseks rohkem metsa võrreldes võrdlusperioodiga. See lähenemisviis kujutab endast poliitilist kompromissi ja põhineb riikide mittekaristamisel aastakümnete või sajandite eest tehtud valikute eest, mis on mõjutanud nende metsade vanuselist struktuuri[33]. Kogu raie ealisest dünaamikast välja jääv igasugune suurenemine puiduenergia ja materjalikasutuse osakaalus aastatel 2000–9 peegeldub täielikult LULUCFi aruannetes.

[32]Nõuetest kinnipidamise perioodil määrab metsa heitkoguse võrdlustaseme lähenemisviisi tulemuse – krediidi või deebeti – tasakaal neeldaja peamiste stiimulite– metsa kasvamine ja raiumine – vahel, võrdluses metsa heitkoguse võrdlustasemes eeldatuga. Sellal kui metsamajanduse mõju metsa kasvule on tüüpiliselt aeglane, võib see raiele avaldada kohest mõju. Seega, jättes kõrvale looduslikud häiringud, jääb raie intensiivsus võrreldes metsa heitkoguse võrdlustasemes eeldatuga peamiseks (kuid mitte ainsaks) krediidi või deebeti määrajaks lühikeses perspektiivis.

[33]Paljudes ELi riikides määrab metsade vanuselise struktuuri suurel määral XX sajandi esimestel aastakümnetel toimunud suur ekspluateerimine. Suur metsaterritoorium uute puudega, mis kerkisid pärast suurt ekspluateerimist, on nüüd järk-järgult küpseks saamas.

Selle lähenemisviisi tagajärg on see, et igasugune bioenergia tarbeks raiutud täiendav puit võib vähendada fossiilkütuste heitkoguseid heitkogustega kauplemise skeemi või jõupingutuste jagamise sektorite kohaselt, aga tekitab ka arvepidamisdeebeti LULUCF-is, kui see toob kaasa metsa heitkoguse võrdlustaset ületavad heitkogused (näit kui see lisaraiumine ületab metsa heitkoguse võrdlustasemes oodatava raie ja seda ei kompenseerita samaväärse täiendava metsakasvuga). Eelneva põhjal eeldatakse, et metsa heitkoguse võrdlustase mõjutab kaudselt puidu bioenergia nõudlust, sest igasugune täiendav raie, mis suurendab heited metsa heitkoguse võrdlustasemega võrreldes, tuleb „süsiniku hinnasildiga", mis konkureerib teiste energiaallikatega.



Joonis 30. Praeguse EL 2030 (EL27+ÜK) kliima- ja energeetikaraamistiku skemaatiline kujutis[34], sealhulgas igas õigusaktis seatud eesmärgid (oranž tekst) (allikas: Grassi et al., koostamisel).

The current EU 2030 climate and energy framework – Praegune EL 2030 kliima- ja energeetikaraamistik; Climate 2030 target: -40% in GHG emissions relative to 1990 – Kliima 2030 eesmärk: -40% kasvuhoonegaaside heiteid võrreldes 1990; Non-emissions trading – Mitte heitkogustga kauplemine; CLIMATE – KLIIMA; Emissions Trading – Heitkogustega kauplemine; Large energy-using installations,domestic aviation – Suured energiat tarbivad rajatised, sisemaine lennuliiklus; Effort Sharing – Jõupingutuste jagamine; Road transport, buildings, waste, agriculture non-CO_2 – Maanteetransport, hooned, jäätmed, põllumajandus mitte-CO_2; individual country targets – üksikute riikide eesmärgid; Forests, agriculture CO_2, wetlands – Metsad, põllumajanduslik CO_2, märgalad; „No-debit"; emissions shall not exceed removals, after accounting rules are applied – „Mitte-deebet": heited ei ületa sidumisi pärast aruandlusreeglite rakendamist; For 'managed forests', the accounting rule is based on business-as-usual country-projected benchmarks (Forst Reference Level, FRL) against which future emissions and removals will be compared, generating accounting „debit" or „credits" – 'Majandatavate metsade" puhul põhineb aruandluse reegel praegusele olukorrale vastavatel riikide võrdlusalustel (metsa heitkoguse võrdlustase, FRL), millega tuleviku heiteis ja eemaldamsi võrreldakse, luues aruandluse „deebeti" või „krediidid"; Historical sink – Ajalooline neeldaja; Forst Reference Levels – Metsa heitkoguste võrdlustasemed; Debits – Deebetid; Credits – Krediidid; EU managed forest sink – ELi majandatava metsa neeldaja; ENERGY – ENERGIA; Renewable Energy 2030 target – Taastuvenergia 2030 eesmärk; 32% share of renewable energy in gross final consumption – Taastuvenergia osakaal 32% lõplikus kogutarbimises; Emissions from biomass burning are not accounted in the Energy sector because they already accounted in LULUCF, against the FRL. – Biomassi põletamise heidete kohta ei koostata energiasektoris aruannet, sest neist antakse juba aru LULUCFis, võrrelduna FRLga.; Any additional wood harvest for bioenergy purposes may reduce fossil fuel emissions, but in the short term (many years) it likely increses emissions (or decrease the sink) from forests relative to the business-as-usual projected FRL. – Igasugune muu puidu hankimine bioenergeetika jaoks võib vähendada fosiilkütuste heiteid, aga lühiajalises

[34] https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030_en

perspektiivis (mitme aasta jooksul) ta tõenäoliselt suurendab heitmeid (või vähendab neeldamist) metsadest võrreldes praeguse olukorra alusel prognoositava FRLga.; This would generate an accounting „debit" in LULUCF, that will acquire additional emission reductions in others sectors in order to meet the climate target. – See tekitaks LULUCFis aruandluse „deebeti", mis nõuaks kliimaeesmärgi saavutamiseks täiendavat heidete vähendamist muudes sektorites.; Energy Efficiency 2030 target: Energiatõhususe 2030 eesmärk; -32.5% in primary and final energy consumption vs. 2007 – -32,5% esmases ja lõplikus energiatarbimises võrreldes 2007

LULUCF-i valdkond (määrus 2018/841) püüab seetõttu jõuda metsaneeldaja teatud tulevikutasemeni (prognoositud metsa heitkoguse võrdlustase); seda võivad mõjutada metsa bioenergia poliitikad (mida reguleerib REDII), mida rakendatakse taastuvenergia eesmärgi saavutamiseks. Kastis 2 kujutatud maatükk (allikas: Korosuo et al., 2020) näitab EL27+ÜK ajaloolist neeldajat määruse 2018/841 alusel majandatud metsast (sh ülestöötatud puidust tooted (HWP)), lõplikke metsa heitkoguse võrdlustasemeid perioodil 2021–5[35] **ja arvesse võetud „deebeteid" ja „krediite", mida on võimalik metsa heitkoguse võrdlustasemega võrdlemiseks toota.**

Üldises plaanis on LULUCF-i määrus oluline samm edasi metsa bioenergia „täieliku kasvuhoonegaaside aruandluse" suunas, mida arvukad uurimused on välja pakkunud kui vajalikku (näit Reid et al., 2019). Põhimõtteliselt peaks see täielik kasvuhoonegaaside aruandluse lähenemisviis ka suunama metsa biomassi kliimanutika puidu ringkasutuse suunas, milleks on näiteks pika kasutusajaga puidutooted. Seda, et metsa heitkoguse võrdlustaseme lähenemisviis 2020. aasta järgsele perioodile kujutab endast olulist ja väärtuslikku parandust võrreldes eelmiste raamistikega keskkonnaalase töökindluse osas, näitavad arvud (vt näit joonis 13, Korosuo et al., 2020) ja kinnitavad sõltumatud hinnangud (Matthews, 2020). Väide, at EL-i kliimaraamistik „ei võta arvesse, et metsa süsinikuvarude eemaldamine bioenergia eesmärkidel viib heidete esialgse kasvuni"
(Norton et al., 2019), on vananenud. See argument pidas suures osas paika Kyoto protokolli 1. tegevusperioodil (2008–12, kui enamik bioenergiaheiteid võis jääda aruandlusest välja), osaliselt pidas see paika Kyoto protokolli 2. tegevusperioodil (2013–20), kuid on suures osas vale 2020. aastale järgneval perioodil. Metsa bioenergeetika „süsinikuneutraalsuse" eeldus ei kohaldu kogu EL-i kliima- ja energeetikaraamistikule pärast aastat 2020: REDII ja EL-i heitkogustega kauplemise skeem eeldavad heidete null-hinnangut biomassi põletamisest, sest puidu kasutamise majandamise igasuguse muutmise süsinikumõju (sh seoses bioenergeetikaga) on täielikult ära toodud iga riigi kliimaaruannetes LULUCF-i määruse 2018/841 kaudu.

Sellest hoolimata ei saa LULUCF-i määrus iseenesest tagada bioenergeetika positiivset kliimamõju. Poliitiliste stiimulite vastukäivus, keerukus, osaliste kehv kommunikatsioon (riik vs erasektor), taristuline, institutsiooniline ja käitumuslik lukustumine (Reid et al., 2019) ning vajadus imporditud biomassi mõjude töökindla aruandluse järele võib siiani kaasa tuua soovitust erinevaid tagajärgi. Nende ohtude mõjusid ja võimalikke leevendusmeetmeid käsitletakse osas 5.3.2.

5.3.2 EL-i REDII ja EL-i LULUCF-i kokkupuutepunkti võimalikud parendused

Nagu skemaatiliselt esitatud joonisel 28, toodavad EL-i õigusraamistiku erinevad tööriistad stiimuleid Euroopa metsade erinevate majandamiseesmärkide suunas, metsa biomajandusest kuni süsinikuneeldaja ja metsa ökosüsteemide kaitsmiseni. Nende erinevate mõjutegurite tulemusel tekkiv tasakaal määratleb lõpuks nii metsa puidupõhiste toodete mõju EL-i kliimaleevendusele, kui ka sellest tuleneva metsade tervisliku seisukorra (Wolfslehner et al., 2020). Nagu mainitud ka osas 5.2.1, on loomulik, et erinevad sidusrühmad erinevate maailmavaadetega, sealhulgas ka teadusringkondade sees, eelistavad ühte või teist tegurit. Samas on iga liikmesriigi sotsiaalmajanduslikus kontekstis võimalikud ja vastuvõetavad mitmed eri tasakaalupunktid. Kuid kui valitsemistööriistades ilmnevad vead, võivad mõned tegurid vedada süsteemi mittevastuvõetavas suunas, mille puhul näiteks ei saavutata riigi tasandi kliimaleevenduseesmärke

[35] https://ec.europa.eu/clima/news/commission-sets-forest-reference-levels-delegated-act_en

või metsa ökosüsteemide olukord halveneb veelgi. Siin rõhutame kahte suhet, mis võivad viia selliste ebasoovitavate seisunditeni, tähelepanuga süsinikuheite leevendamise väljundil, ja anname soovitusi.

Esimene väljakutse on see, et EL-i sees saadetakse erinevaid signaale ettevõtjatele ja teiste riikide valitsustele. Ühest küljest stimuleerib EL-i ETS ja REDII null-hindamise aruandluse ja metsa biomassi taastuvaks hindamise kaudu põhimõtteliselt ettevõtjaid metsa bioenergiat üha rohkem kasutama, ergutades seeläbi puidu nõudlust. Lisaks, lubades arvestada metsa bioenergiat taastuvenergia eesmärkide püüdlemisel ja lubades sel saada toetust riiklikest toetussüsteemidest, lubab REDII riikidel toetada metsa bioenergiat eesmärkide saavutamiseks. Teisest küljest, kuna EL-i LULUCF-i aruandlus määrab kindlaks taseme, mida ületades igasugune täiendav riigisisene raie (k.a. bioenergia tootmiseks) „makstakse täielikult välja" süsiniku arvel (st metsa heitkoguse võrdlustase), kaob riikide jaoks põhimõtteliselt stiimul raiuda sellest piirist rohkem, kui seda just ei hüvitata täiendava metsakasvuga või kui selle täiendava raie kasutamise positiivne mõju (s.t. kasvuhoonegaasi heidete vähendamine teistes sektorites) just ei korva selle süsinikuhinda.

See vastuolu võib viia mitte kõige paremate valitsemisotsusteni: kõrgem nõudlus bioenergia järele, isegi kui seda LULUCF-i all võetakse arvesse „deebetina", võib tekitada ebatõhusust üldistes EL-i kliimapoliitikates ja võib seada ohtu riikide kliimaeesmärgid. Ebakõla poliitikastiimulite vahel tekib eelkõige sihtrühmade (ettevõtjad vs riikide valitsused, energeetika- vs metsanduseksperdid) ja asjaomaste ajaliste piiride erinevusest. Need probleemid viivad hõlpsasti arusaamatusteni või kallutatud teabeni, nii teaduslikus diskussioonis kui poliitikate praktilises elluviimises, mis võib kaasa tuua mitte-ettekavatsetud tagajärgi. Neid ohte illustreerib kast 3 „krediitkaardi" analoogia abil.

KAST 3: Krediitkaardi analoogia (allikas: Grassi et al., koostamisel).

Lapsevanem annab oma lapsele krediitkaardi, selgitades, et kaardi arved makstakse perekonna kontolt ja et lubatud summat ületava kulutuse tohiks teha ainult juhul, kui see toob kasu kogu perekonnale. Peamine oht on, et laps kasutab kaarti halvasti, s.t. kulutab kokkulepitust rohkem asjadele, mis annavad temale kohest kasu, kuid mida perekonda maksab kaua tagasi – sellel oleks perekonna pangaarvele lühiajaline kahjulik mõju.

Samamoodi on oht, et riigi tasandi LULUCF-i valdkonda (lapsevanemale) kuuluvat metsa biomassi (krediitkaarti) kasutatakse üle lubatud metsa heitkoguse võrdlustaseme (kokkulepitud summa) REDII kontekstis ettevõtjatele (laps) lühiajalise tulu toomiseks, mis tekitab deebeti LULUCF-i kasvuhoonegaaside arvetel (perekonna konto). See omakorda seab ohtu riigi kliimaeesmärkide täitmise.

Selle riski haldamiseks on oluline, et lapsevanem oleks ohust teadlik, suhtleks lapsega oskuslikult ja jälgiks tema valikuid. Lapsevanem võib otsustada leppida lühiajalise kasuga, mida laps saab, ehkki tekitab perekonna kontole raamatupidamisvõla – oluline on sellest teadlik olla. Samuti võib riik nõus olla laiema raiega oma metsades bioenergia toomise eesmärgil kui metsa heitkoguse võrdlustasemel ette nähtud, peaasi, et riik oleks teadlik, et see tekitab LULUCF-i valdkonnas tõenäoliselt lühiajalise (mitmest aastast aastakümneteni) raamatupidamisdeebeti, ja oleks võimeline selle valiku mõju ajas täpselt jälgima.

Olemasolevad tõendid näitavad, et vähemalt mõned nendest ohtudest on tõelised. Näiteks ei sisalda enamik riikide viimaseid energeetika- ja kliimakavasid (NECP) adekvaatseid hinnanguid võimalikest mõjudest süsinikuneeldajatele, elurikkusele, veele ja õhusaastele, mis tulenevad metsa bioenergia laiendamisest. Täpsemalt öeldes, neil jääb sageli vajaka üksikasjadest, kuidas varuda vajalikku biomassi ning kas metsa bioenergia kavandatud kasutuseesmärk eeldatavasti toodab LULUCF-i all arvestatavat krediiti või deebetit. Teisisõnu ei tundu kõik liikmesriigid olevat täielikult teadlikud vajadusest kaaluda ühiselt REDII ja LULUCF-i kliima- ja energeetikakavasid, või sellest, kuidas see mõjutab elurikkust.

Vajadus suurendada teadlikkust bioenergeetika ja LULUCF-i seostest peaks peegelduma sobivates siseriiklikes poliitikates, et vältida seda, et metsa bioenergia kasutamise stiimulid nihutavad tasakaalu ebasoovitavate seisundite suunas (näit metsa biomassi ülekasutamine, mis viib LULUCF-i deebetiteni). See omakorda nõuab tingimata metsaressursside kasutamise õigeaegset ja täpset jälgimist: ilma usaldusväärsete andmeteta selle kohta, kui palju ja millist metsa biomassi kasutatakse, pole võimalik rakendada ühtegi toimivat poliitikat. 3. peatükis kirjeldatud uuringutulemuste põhjal kujutab praegune märkimisväärne andmelünk olulist takistust metsa bioenergia poliitikate toimiva juhtimise teel riigi tasandil.

Üldiselt jääb jääkide ja puidu kaskaadkasutuse eelistamine keskseks läbivaks põhimõtteks bioenergia positiivse kliimamõju maksimeerimisel ja ohtude piiramisel ülal välja toodud bioenergeetika ja LULUCF-i kokkupuutepunktis. Kuid selle põhimõtte väljendamine normidena osutus keeruliseks. REDII õigusaktide koostamisel arutati üksikasjalikult metsa bioenergia allikate võimalikku reguleerimist puhtalt metsa lähteainete kategooriate põhjal (näit ainult jäägid või harvendused, kändude mitte jätmine jne). Tehti järeldus, et liikmesriikide väga erinevaid olukordi arvestades on keeruline selliseid piiranguid EL-i õigusaktis üheselt määratleda ja tagajärjekalt rakendada – oleks tekkinud oht tegevust keeruliseks ajada ja samal ajal mitte tingimata toetada säästlikkust või elurikkuse säilitamist (EL 2016) [36] **. Siiski on välja pakutud bioenergia varu kvalitatiivseid kriteeriumeid, näit metsamajandamisele ja puidu kasutamisele, mis tekitaks väikest kasvuhoonegaasiheidete ohtu võrreldes fossiilkütustega (Matthews et al. 2018), ning väheseid negatiivseid mõjusid elurikkusele ja ökosüsteemi seisundile (osa 5.8). Need kriteeriumid võivad olla kasulikud bioenergiaettevõtetele ja kooskõlas REDII-ga** [37] **aidata liikmesriikidel määratleda bioenergeetikaga seotud poliitikaid ja rahalisi stiimuleid, mis piiravad bioenergeetika mitte-optimaalsete (või negatiivsete) kliimamõjude ohtu.**

Turujõududest sõltumata on EL-i tasandil tulevikus võimalik ülestöötatud puidust toodete tootmise mõõdukas kasv metsa vanusedünaamikast tingitult (Grassi et al. 2018 ja Korosuo et al. 2020) ning metsapõlengute, kahjurite ja tuuliste tormide ohu vähendamiseks teatud tingimustel (või nende tagajärjel). Selliste ülestöötatud puidust toodetega seotud jääke ja tööstuslikke kõrvaltooteid – koos spetsiaalselt puude kvaliteedi ja metsa puistute kvaliteedi tõstmise eesmärgil teostatava metsamajandustegevuse tagajärjel saadud puiduga – saab eesmärgipäraselt kasutada energiatootmises, mis aitab kaasa ka metsanduse elujõulisuse säilitamisele, mis on metsa säästva majandamise lahutamatu koostisosa. Igal juhul, et vältida negatiivset mõju elurikkusele ja kliimale, tuleks metsa biomassi kasutamist energia tootmiseks hoolikalt kavandada ja jälgida, et see vastaks REDII säästlikkuse kriteeriumidele ja uutele EL 2030 ja 2050 kliimaeesmärkidele (läbi mõju LULUCF-i aruandlusele).

Teine probleem on bioenergia tootmine imporditud metsast. REDII põhineb suures osas Pariisi kokkuleppe alusel riiklikult määratud panuste täitmisel. Kui riigil on määratud panus, mis hõlmab LULUCF-i, siis on metsa biomassi import energia tootmiseks lubatud, sest sellega seotud kliimamõju peegeldab eksportiva riigi kliimaaruandlus. See metsa biomassi käsitlus ei erine teiste imporditud kaupade käsitlusest, millel on seos eksportiva riigi heidetega. LULUCF-i puhul võib väita, et mitte kõik panused ei väljenda Pariisi kokkuleppe alusel metsade puhul sarnast ambitsioonikuse taset, ega sama seirekvaliteeti. Selles osas tehakse Pariisi kokkuleppe alusel jõupingutusi panuste ambitsioonikuse ja läbipaistvuse suurendamiseks (sealhulgas vajadus teha edusamme võrreldes varem esitatud panustega). Riikide jaoks, kellel ei ole riiklikult määratud panust või kes ei hõlma LULUCF-i oma riiklikult määratud panuses, on ülimalt oluline esitada tõendeid, et süsinikuvaru ja

[36] Vt SWD(2016) 418, 4. osa, lk 48, kus käsitletakse „5. valiku" mõjusid (st poliitikavalikut, mis välistas tüvepuidu otsese kasutamise energia tootmiseks).

[37] Vastavalt REDII põhjendusele 94 „Biomassikütuste puhul peaks liikmesriikidel olema lubatud kehtestada täiendavaid säästlikkuse ja kasvuhoonegaasiheidete kokkuhoiu kriteeriumeid."

neeldajad säilitatakse või suurendatakse mis tahes imporditud biomassi puhul, nii riigi kui ka asjaomasel kohalikul tasandil.

5.3.3 Metsa bioenergia süsinikumõjude arutelu puhastamine kõigest mittekonstruktiivsest

Anname järgnevad soovitused, et puhastada käimasolev arutelu metsa bioenergia rollist kliimamuutuse leevendamise vahendina kõigest mittekonstruktiivsest:

— Teadlaskond peaks tunnustama edusamme, mis on tehtud metsa bioenergia süsinikumõjude aruandluses kui eeltingimust konstruktiivsemaks dialoogiks.

— Nii poliitikakujundajad kui ka teadlased peaksid mõistma, et erinevad väärtused, maailmavaated ja eetilised arusaamad loodusvaradest ja nende majandamisest on debati möödapääsmatu osa. Neid pole võimalik lahendada rohkemate teadusuuringutega, sest teadus on ühiskondlik ettevõtmine, kus pole võimalik vältida väärtusvalikuid ja hinnanguid. Märksõnaks on läbipaistvus ning kahel käel tuleks vastu võtta koostöö poliitikakujundajatega ja kasulike tulemuste ühine loomine.

— Teaduse panust arutelusse tugevdaks tunduvalt metsa bioenergiat reguleeriva raamistiku töökindluse testimine ka poliitikastsenaariumide modelleerimise abil, leides vahendeid halvima juhu stsenaariumide vältimiseks ja hea valitsemistava propageerimiseks, et toetada kõigile kasulikke valikuid. Teadlased saaksid oluliselt tugevdada oma toetust poliitikakujundajatele, kui võtaksid tõsiselt oma rolli ausate vahendajatena, käsitledes näiteks küsimusi nagu: „Millistel tingimustel võib bioenergia selline areng aidata kaasa kliimamuutuse leevendamisele?“ ja „Kas praegune reguleeriv raamistik ergutab selliseid tingimusi või seisab vastu tingimustele, mis tekitavad halvima juhu stsenaariumi?“

5.4 Metsade elurikkuse seisukord Euroopas

Käesolev osa teeb kokkuvõtte MAES-i Ökosüsteemide ja nende teenuste kaardistamise ja hindamise aruande metsanduse peatükist: EL-i ökosüsteemi hindamine (Maes et al., 2020).

Metsad on EL-i suurimad maismaaökosüsteemid, mis katavad umbes 38% maismaaterritooriumist. EL-i ökosüsteemid on omandanud praeguse kuju looduse ja inimtegevuse survel Kesk-Holotseenist saadik. Tänapäeval on EL-is ainult umbes 2–4% inimtegevuses puutumata ürgmetsa, sellal kui 89% metsadest on poollooduslikud. Ülejäänud on istandikud.

EL-is on metsaala viimastel aastakümnetel laienenud. 1990–2015 suurenes see 13 miljoni hektari võrra nii looduslike protsesside kui ka aktiivse metsastamise tõttu. See ei tähenda tingimata, et Euroopa metsade seisukord oleks hea. Suuremat osa EL-i metsadest (84%) määratletakse kui puidu varumiseks kasutatavat metsa – FAWS (vt ka 4. peatükk Metsa biomassi kaardistamine puidu varumiseks kasutatavas metsas).

Elurikkus on kaitstud umbes 14% EL-i metsades. EL-i metsad alluvad väga mitmesugusele looduslikule ja inimtegevusest tingitud survele seisukorra halvenemise suunas. Kliimamuutuste otsesed ja kaudsed mõjud viitavad halvenemisele MAES-i hinnangu kuue näitaja osas lühikeses või pikas perspektiivis. Lisaks on EL-i metsade puhul jäänud probleemiks saasteained, ehkki suundumused tunduvad positiivsed. Lisaks mõjutavad umbes 44% EL-i metsaalast invasiivsed võõrliigid. Lõpetuseks on märgatavalt suurenenud puukatte kadu mitmete tegurite mõjul (metsapõlengud, tormid, raie).

Metsa seisukorrale suunatud surve mõjud on ilmselged. Metsaseire programmi ICP metsauuring näitas lausa, et veerand puudest kannatab lehekao all, mis on märk kahjustustest. Ei tohiks unustada

ka seda, et suundumus näib olevat lehekao suurenemise suunas. Ka näitavad teised funktsionaalsed parameetrid, nagu näiteks aurustumine, et ökosüsteem muutub vastavalt soojenemisele veeauru tagasiside kaudu, samuti muutub veevarude seis.

Kontrastina sellele näitavad mõned seisundinäitajad suundumust parenemise suunas, näiteks struktuurinäitajad nagu metsa territoorium, biomassi hulk ja surnud puud. Samuti suureneb ökosüsteemi tootlikkus ja väheneb surve kunstlike struktuuride rajamiseks metsamaale. Metsa pinnase kadu siiski jätkub, ehkki aeglasemalt. Elurikkuse näitajate osas ei näidanud tavaliste metsalindude rohkus märgatavat pikaajalist muutust. Lühiajaline suundumus näitab siiski parenemist.

Kokkuvõttes, MAES-i hinnang näitab, et 47% EL-i metsamaast puutub kokku kolme või rohkema kahjuliku teguriga, 20% nelja või enamaga, ja ainult 20% metsamaast puutub kokku vähem kui kahe kahjuliku teguriga.

Elupaigadirektiivis toodud 81 metsaelupaiga kaitsestaatuse EL-i tasandi hinnang järeldas, et 14% on hea (või soodsa) kaitsestaatusega (EEA, 2020). Ülejäänud elupaigad on ebarahuldavas seisus (54%), halvas seisus (31%) või teadmata seisus (1%). Hinnang toob järeldusena välja metsaelupaikade ja elupaikade direktiivis loetletud liikide üldise halva seisukorra ning vähesed edusammud hea kaitsestaatuse suunas. Lisaks näitab hinnang, et metsamajandus on enamike metsa elupaikade jaoks peamine välja toodud survetegur.

Elupaigadirektiivi alusel seire alla kuuluvad metsa elupaigad katavad 28% EL-i metsaalast. See tähendab, et ülejäänud 72% metsadest ei seirata selle direktiivi alusel. Kuid ülalmainitud MAES-i hinnang, mis hindab EL-i metsa kogu ulatuses, näitab arve, mis viitavad samas suunas nagu elupaigadirektiivi alusel aru andvad liikmesriigid.

Neid järeldusi, mida vaadeldakse prognoositud kliimamuutuse mõju perspektiivis, selle kaudseid mõjusid, saasteainete mõjusid ja ennustatavat suurenenud nõudlust metsaressursside järele, näit taastuvenergia tootmiseks (Jonsson et al., 2018), tuleks vaadelda EL-i tasandi koordineeritud reaktsiooni vaatenurgast, kaaludes erinevate poliitikaeesmärkide sünergiaid ja kompromisse.

5.5 Metsapõhise sektori vastus bioenergia nõudlusele

Arvestades, et Euroopa metsad (kuid mitte ainult) kannatavad juba märkimisväärse stressi all, on ülioluline mõista, kuidas biomassi suurem nõudlus bioenergia tootmiseks sünergias teiste teguritega võib mõjutada metsamajandust, et hinnata, kas see võib metsa ökosüsteeme veelgi tugevamalt survestada.

3. peatüki analüüs lubas meil üsnagi üksikasjalikult kirjeldada EL-i metsa bioenergia sisendi kombinatsiooni ja sellega seotud ebamäärasusi. Nagu juba nägime, tuleb 49% energia tootmiseks kasutatavast puidu biomassist teisestest allikatest, 37% esmastest allikatest (st otse metsast) ja 14% on aruandlusstatistikas liigitamata, nii et see võib olla kas esmane või teisene.

Esmaste allikate osas mängib madalmetsa majandamissüsteem olulist rolli bioenergia lähtematerjali tarnimisel, eriti EL-i lõunapoolsetes liikmesriikides, kus 32% metsaalast on madalmets, mida peamiselt majandatakse (kui üldse majandatakse) bioenergia tootmiseks.

Joonis 31 näitab lihtsustatult võimalikke seoseid metsa bioenergia kasvanud nõudluse ja kogu metsapõhise sektori reaktsioonide vahel. See keerukas süsteem hõlmab mitut majandussektorit (maarent, metsad, materjalid, energeetika) ja ühiskondlikku osalejat ning esitab arvukalt põhjuslikke seoseid ja tagasisideringe, mis viivad mitmete keskkonnamõjudeni. Näiteks mõjutavad metsapõhise sektori vastuseid teised poliitikaeesmärgid (nagu ülal kirjeldatud) ja koostatavad määrused (näit bioenergeetika säästlikkuse kriteeriumid) ning kliimamuutuse mõjud metsa kasvukiirusele tulevikus, nagu ka looduslike häiringute sagedusele ja suurusjärgule. Sama on sotsiaalsete teguritega, nagu

näiteks metsaomanike käitumine ja kultuurilised väärtused (Dorning et al., 2015; Thiffault et al., 2016). Need vahendavad tegurid materialiseeruvad metsatoodete ja maa hinnasignaalides, mis mõjutavad metsapõhise sektori reaktsioone.

Me ei väida, et need tagasisided on „tõenäolised", vaid pigem on need „võimalikud" reaktsioonid; Giuntoli et al. (2020b) tuletaski need seosed peamiselt bioenergeetikat käsitleva kirjanduse põhjal. Nimetatud uurimus liigitab võimalikud reaktsioonid kolme peamisesse kategooriasse, mis mõjutavad: 1) metsamajandustavasid; 2) tarbimismudeleid; või 3) maakasutust.

Esimene reaktsioonide tüüp puudutab metsamajandustavasid ja nende tagajärgi kohapealsele süsinikuvarule ja -neeldajale. Suurem osa kirjandusest (näit (Agostini et al., 2014; Giuntoli et al., 2015; Holtsmark, 2013)) eeldas tüüpilise reaktsioonina esmaste metsaallikate *suuremat ammutamist*, sh tegevusi nagu raiejääkide äraveo laiendamine, turustamiseelse ja regulaarse harvendamise intensiivsuse suurendamine ning raie intensiivsuse suurendamine kommertspuistutes raie rotatsiooni lühendamise kaudu (Egnell and Björheden, 2015; Pohjanmies et al., 2017). Lisaks võidakse hakata kommertsraiet teostama metsaaladel, mis pole hetkel kommertskasutuses ebasoodsate sotsiaalmajanduslike tingimuste või omanike soovi tõttu (*aktiivse metsamajanduse ala suurenemine*). Lõpuks, *suurendatud kasvu* reaktsioonide eesmärk on parandada metsa tootlikkust, et suurendada puidu tootmist. Nende hulka kuulub näiteks: väetise laotamine, üleminek kiirekasvulistele istandustele, asendusistutus tootlikumate hübriidpuuliikidega ning kahjustatud või hüljatud puistute süsinikuvaru suurendamine (de Jong et al., 2017; Egnell and Björheden, 2015; Law et al., 2018; Matthews et al., 2018; Nilsson et al., 2011).

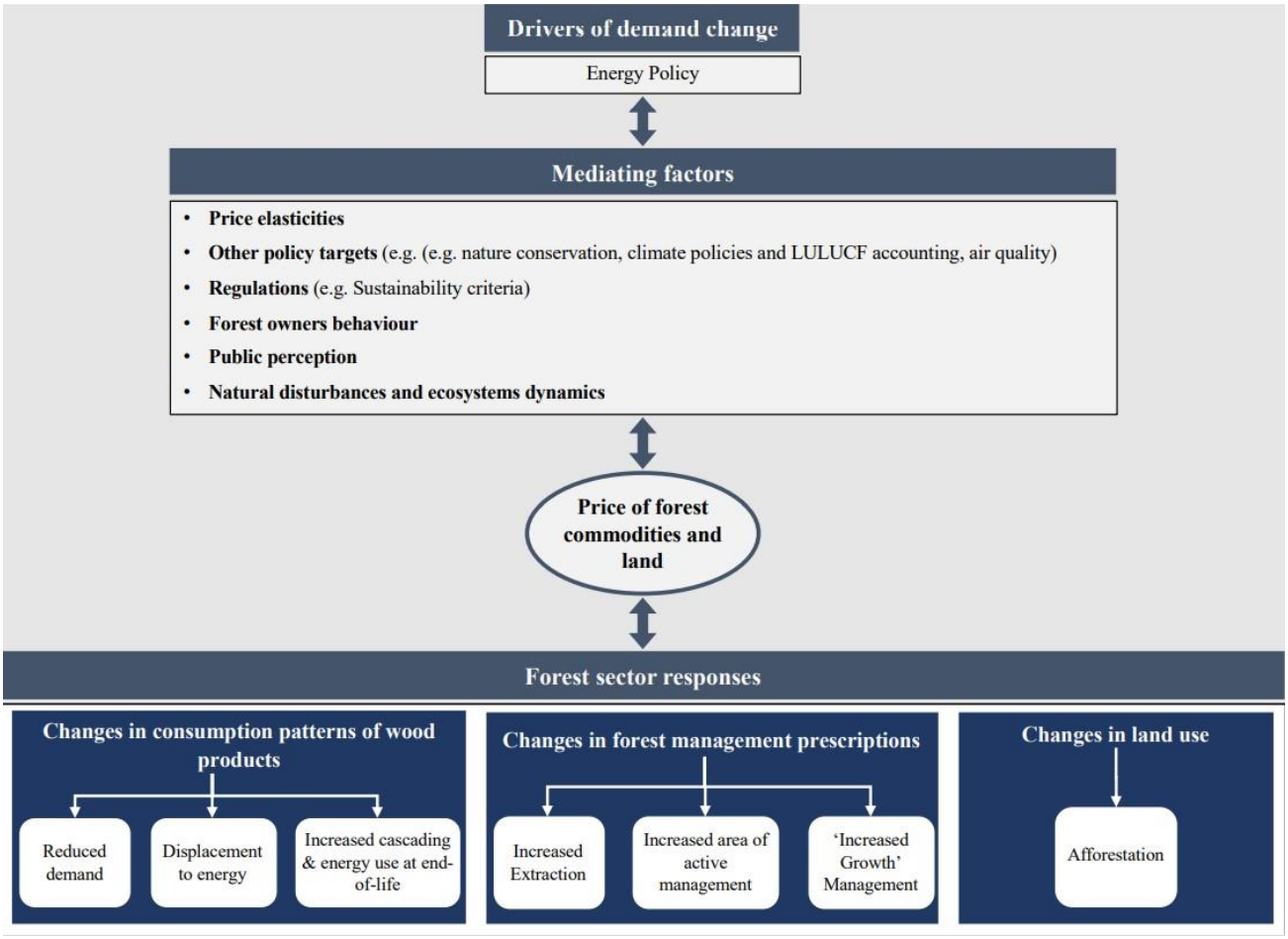
Teine reaktsioon puudutab puidutoodete tarbimismustreid. Kui puidu bioenergia nõudluse suurenemine viib ülestöötatud puidust toodete hinnatõusuni, reageerib metsapõhine sektor kas raiete laiendamisega või osa kasutuses oleva puidu üleviimisega energiatööstusesse (Nepal et al., 2019). See võib viia: i) traditsiooniliste puidutoodete nõudluse elastse kasvuni ja/või ii) turulekkeni, mille puhul osa lähtematerjalidest hangitakse teistest geograafilistest asukohtadest, millega kaasnevad omad mõjud (Jonsson et al., 2012). See reaktsioon on oluline, sest ülestöötatud puidust tooted (HWP) aitavad kaasa kliima leevendamisele nii kasutuses oleva süsiniku kogumisega kui ka teiste, võib-olla kõrgema süsinikujalajäljega, mitte-puidupõhiste materjalide ja toodete asendamisega (joonis 33) (Johnston ja Radeloff, 2019; Leskinen et al., 2018).

Lõpetuseks, metsa bioenergia nõudlus võib mõjutada ka maakasutust ja stimuleerida reaktsioone nagu metsastamine, metsa hävimise vähenemine ning kahjustatud või mittetootliku metsamaa, näiteks hüljatud madalametsade taastamine (Abt et al., 2014; Buckley, 2020; Khanna et al., 2015; Parish et al., 2017).

Kaudsed tagasisided võivad tulemusi ootamatutel viisidel mõjutada. Näiteks võib puidu bioenergia suurenenud nõudlus väljenduda saeveskitööstuse kõrvalsaaduste suurenenud nõudlusena ja seejärel stimuleerida saepalkide laiemat langetamist ja töötlemist (Jonsson and Rinaldi, 2017). Teisest küljest, puidust toodetava energia suhtelise atraktiivsuse suurendamine võib ümber suunata metsamajanduse eesmärke kvaliteetsete tööstuspalkide tootmiselt kõrgemale biomassiväljundile, vähendades seeläbi saepuidu pikaajalist varu väiksema diameetriga toodete kasuks, millel võivad olla väga ulatuslikud tagajärjed puidutööstusele ja ökosüsteemidele.

Ülal loetletud muutustel on rakendamise ja mõjude osas väga erinevad ajaraamid ning erinevad majandustulud ja -stiimulid. Raiejääkide suurema osa kokku kogumine ja kommertskasutuse-eelse harvendamise alade laiendamine on lühiajalised võimalused bioenergia tootmise suurendamiseks (Egnell and Björheden, 2015), sellal kui väetamine ja metsastamine suurendavad biomassivaru pikemaajaliselt. Lisaks toob metsakasvu suurendamine metsaomanikele kasu ainult pikas perspektiivis, ja nende majandusstrateegiate tasuvus on seetõttu sageli madal (Egnell and Björheden, 2015).

Nende reaktsioonide otseste ja kaudsete süsinikumõjude ning toodetava bioenergia arvutamiseks on erinevaid lähenemisviise, mis tuleks seetõttu valida sõltuvalt hinnangu eesmärgist. Järgnev osa selgitab seda kontseptsiooni.



Joonis 31. Puidupõhise bioenergia nõudluse muutumise käivitajad, metsapõhise sektori võimalikud muutused ja nende seos vahendavate tegurite kaudu. Allikas: Kohandatud väljaandest Giuntoli et al., 2020b

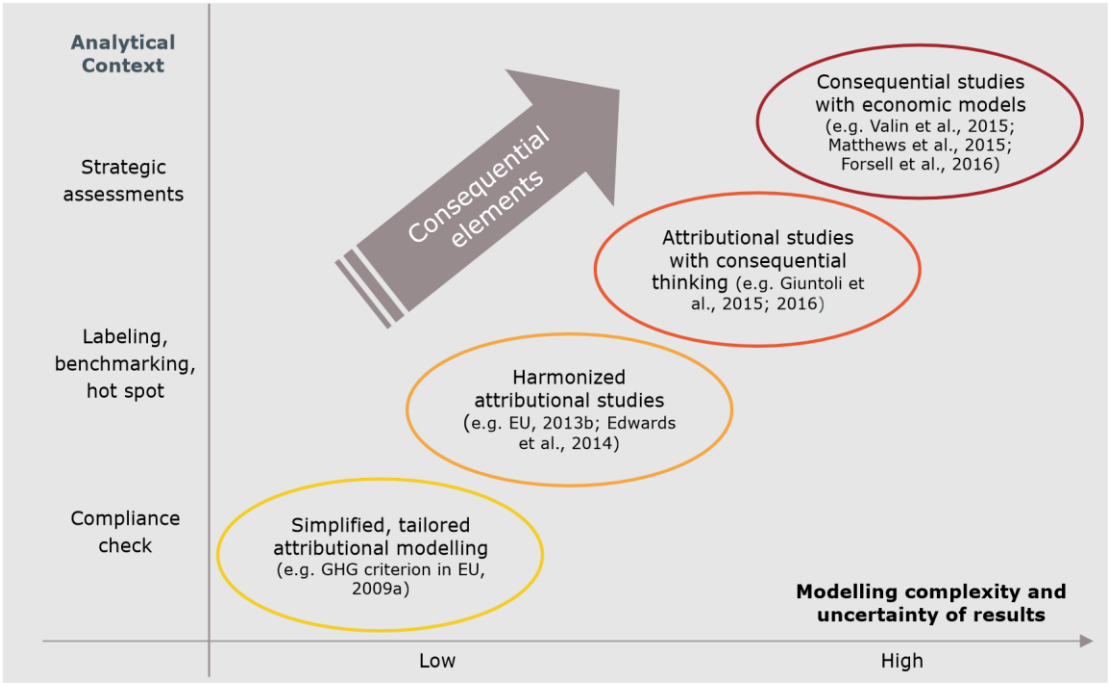
Drivers of demand change – Nõudluse muutumise käivitajad; Energy policy – Energiapoliitika; Mediating factors – Vahendavad tegurid; Price elasticities – Hinna paindlikkus; Other policy targets (e.g. nature conservation, climate policies and LULUCF accounting, air quality) – Muud poliitikaeesmärgid (nt looduskaitse, kliimapoliitika ja LULUCF aruandlus, õhukvaliteet); Regulations (e.g. Sustainability criteria) – Regulatsioonid (nt kestlikkuse kriteeriumid); Forest owners behaviour – Metsaomanike käitumine; Public perception – avalik arvamus; Natural disturbances and ecosystems dynamics – Looduslikud häiringud ja ökosüsteemide dünaamika; Price of forest commodities and land – Metsatoodete ja maa hind; Forest sector responses – Metsasektori reaktsioonid;
Changes in consumption patterns of wood products – Puidutoodete tarbimismustrite muutused; Reduced demand – Vähenenud nõudlus; Displacement to energy – Ümbersuunamine energiasse; Increased cascading & energy use at end-of-life – Suurenenud kaskaadimine ja energiakasutus olelusringi lõpus; Changes in forest mamagement prescriptions – Muutused metsamajandamise nüuetes; Increased extraction – Suurem tootmine; Increased area of active anagement – Suurem aktiivse majandamise ala; 'Increased Growth' Mamagement – 'Suurema kasvu' majandamine; Changes in land use – Maakasutuse muutused; Afforestation - Metsastamine

5.6 Metsa bioenergia süsinikuaruandlus olelusringi hindamise kaudu: saadud õppetunnid ja koostatud kvalitatiivsed hindamised

Olelusringi hindamine (LCA) on aastate jooksul saanud peamiseks tööriistaks säästlike tootmis- ja tarbimismudelite toetamisel ning seda on ka üha rohkem lõimitud poliitikaprotsessi, kas siis poliitika

kujundamise ja mõju analüüsimise faasis, või otse seadusandlikesse dokumentidesse (Sala et al., 2016).

Ehkki olelusringi hindamine on standardiseeritud metodoloogiline lähenemisviis, jätavad ISO ja teised olemasolevad standardid elluviijatele küllaldaselt vabadust valida enda hinnangul asjakohase modelleerimisraamistiku. Seega on oluline tõlgendamisfaas, et tagada tulemuste kooskõla määratletud eesmärgi ja ulatusega, ja ka esitatud järelduste töökindlus. Kuid liiga sageli on nii elluviijad kui otsustajad eiranud seda olelusringi hindamise alusfaasi ja on teinud järeldusi, mida kas ei toeta läbi viidud uurimus või mis lähevad palju kaugemale uurimuse piiritlusest (Agostini et al., 2020).



Joonis 32. Näited olelusringi hindamise uuringute kasutamisest poliitika toetuseks ja olelusringi hindamise metoodika rakendamisest EL-i poliitikas, rühmitatud analüütilise konteksti ja modelleerimise keerukuse põhjal. Allikas: Giuntoli et al., 2019

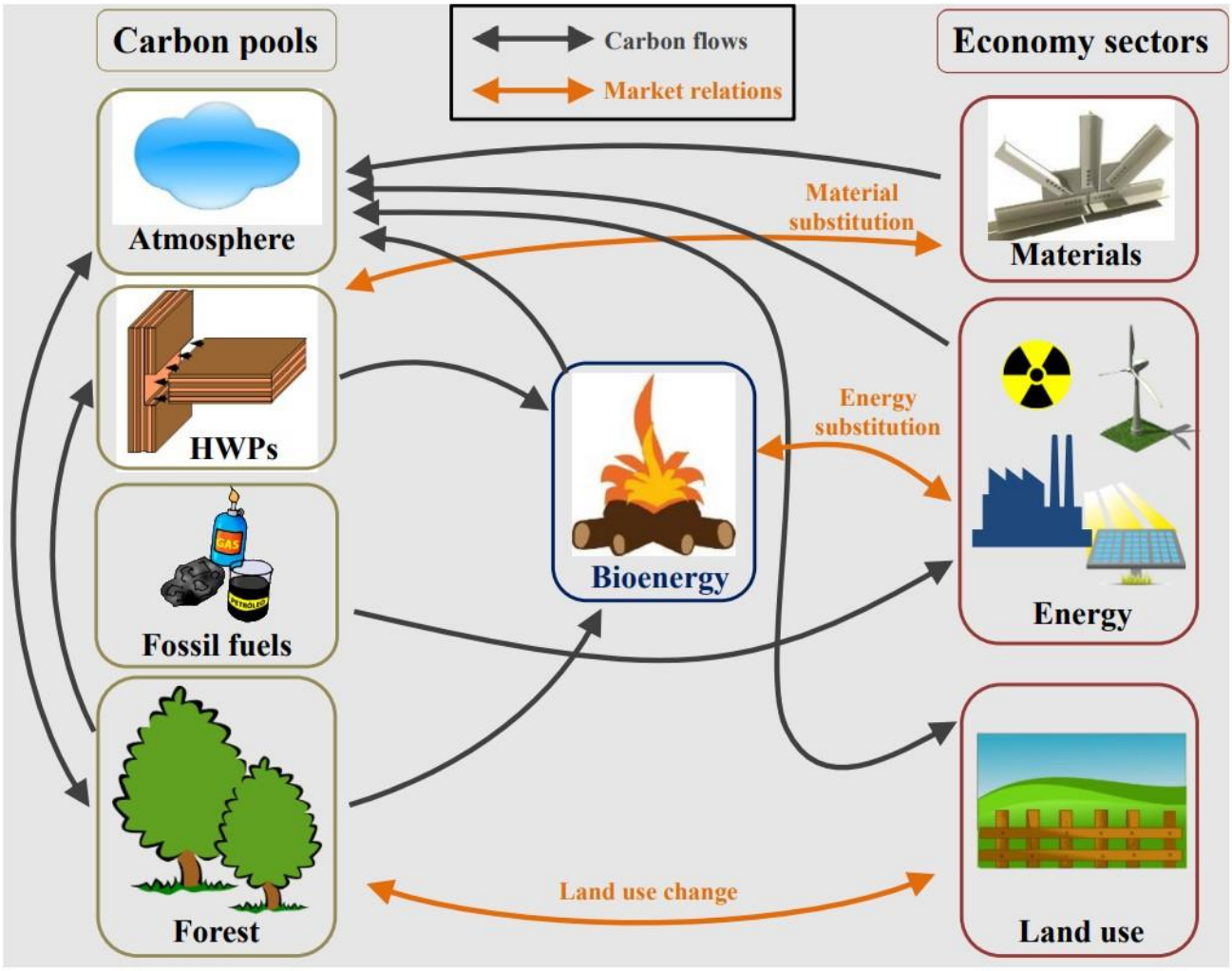
Analytical context – Analüütiline kontekst; Strategic assessments – Strateegilised hinnangud; Labeling, benchmarking, hot spot – Sildistamine, võrdlus, tulipunkt; Compliance check – Vastavuskontroll; Consequential elements – Kaasnevad elemendid; Consequential studies with economic models – Kaasnevad uusingud majandusmudelitega; Attributional studies with consequential thinking – Selgitavad uuringud ja seonduv mõtlemine; Harmonised attributional studies – Ühtlustatud selgitavad uuringud; Simplified, tailored attributional modelling – Lihtsustatud, vajadustega kohandatud selgitav modelleerimine; Modelling complexity and uncertainty of results – Modellerimise keerukus ja tulemuste ebakindlus; Low – Madal; High – Kõrge

Joonis 32 illustreerib õiget analüütilist konteksti, milles tuleks kasutada ja on kasutatud erinevaid modelleerimislähenemisviise mitmes näites, mis on seotud EL-i bioenergeetikapoliitikaga.

Olelusringi hindamise mudelid, mis toetavad spetsiifiliste seadusandlike vahendite rakendamist, vastavad vahendis endas määratletud täpsetele nõuetele. Need peaksid olema lihtsalt välja arvutatavad, hästi määratletud, kasutama hästi täpsustatud, kergesti kättesaadavaid ja stabiilseid inventare ning olema üldkehtivad õigusaktidega kaetud ajalises ja ruumilises plaanis (Plevin et al., 2014). Ilmselgelt vastavad loetletud tingimustele EL-i taastuvenergiadirektiivi kasvuhoonegaaside kriteeriumid (direktiiv 2018/2001, Art. 29(10)). Selle RED-is ja REDII-s määratletud metodoloogia eesmärk on võrrelda omavahel mitmeid bioenergia tarneahelaid ja propageerida tõhusamaid nende hulgast. Metodoloogia eesmärk ei ole hõlmata iga arenguteega seotud tegelikke kasvuhoonegaasi heiteid, kuna biogeenilise süsiniku ja turu vahendatud mõjud on sõnaselgelt välja jäetud.

Teisest küljest, olelusringi hindamise mudeleid, mis hindavad strateegiliste poliitikaotsuste mõjusid, kasutatakse sageli poliitikate sõnastamise ja mõju hindamise faasides. Uurimused, mille eesmärk on hinnata poliitikate laiaulatuslikke mõjusid kogu majandusele, toetuvad tavaliselt majandusmudelitele, mis hõlmavad majanduse mitut valdkonda, suuri geograafilisi mastaape ja kõiki asjaomaseid ökoloogilisi protsesse (Plevin, 2017). Selliseid uurimusi on tõepoolest minevikus läbi viidud, et toetada EL-i bioenergeetikapoliitika võimaluste mõjude hindamist (nt Forsell et al., 2016; Matthews et al., 2015) ja need keskenduvad võimalikult paljude omavahel seotud tagajärgede ja tagasisideringide tabamisele kõigis mastaapides, valdkondades ja keskkonnakoormates, et vältida poliitikaotsuste tahtmatuid tagajärgi. Sarnaseid tegevusi viiakse läbi sageli, tavaliselt tänu mitmesugustele integreeritud hindamismudelitele (IAM) paljudes teistes kontekstides, nagu kasvuhoonegaaside heidete vähendamise trajektooride arvutamisel IPCC hindamisaruannetes, et uurida võimalikke suhteid säästva arengu eesmärkidega (van Soest et al., 2019), hinnata võimalikke strateegiaid ökosüsteemide ja liikide säilitamiseks (Harfoot et al., 2014), jne. Joonis 33 illustreerib peamisi talletajaid ja vooge, mis mõjutavad metsa bioenergia süsinikutasakaalu (Birdsey et al., 2018), mis peaksid metsa bioenergia stsenaariumide süsteemsesse, strateegilisse hindamisse kaasatud olema. Metsa bioenergia panus üldistesse süsinikuheidetesse tuleneb tasakaalust kohapeal toimuvate reaktsioonide, st muutused metsa süsinikuvarus ja -neeldajas, ja kaugemal toimuvate reaktsioonide vahel, nagu teiste energiaallikate ja CO_2-mahukate materjalide võimalik asendamine (näit ehitusmaterjalid ja biotöödeldud tooted). Lisaks võivad mõjud maakasutusele oluliselt mõjutada lõplikku tasakaalu. Need uurimused nõuavad tavaliselt interdistsiplinaarseid meeskondi, pikki ajaraamistikke ja rafineeritumaid analüüsitööriistu. Otsustajate ja teadlaste vaheline koostöö on ülioluline kasulike stsenaariumide loomiseks ning need hõlmavad mitmesuguseid maailmavaateid modelleerimiseelduste sees. Selle lähenemisviisi miinuspool on see, et mõju omistamine ühele tootele või arenguteele on sageli keerukas ning tegelikult hinnatakse hoopis poliitikatööriista üldisemat mõju või määratletud stsenaariumi mõjusid (näit IPCC hinnangute puhul jagatud sotsiaalmajanduslikud arengud).

Haruldane, kuid oluline uurimus Matthews et al. (2015) viis läbi süsteemse analüüsi, mis kaasas kõik ülalnimetatud elemendid, kuid suutis ka järeldused tootepõhisest vaatenurgast osadeks jagada. Uurimus leidis, et EL-i kasvuhoonegaaside eesmärke oleks võimalik saavutada bioenergeetika kasutuselevõtmisega erinevas ulatuses, kuid kui uuriti üksikasjalikult iga energiaallika panust üldistesse kasvuhoonegaasiheidetesse (st tootepõhise analüüsi abil), leiti, et metsa bioenergial võib olla positiivne või negatiivne mõju kasvuhoonegaasidele, olenevalt vaadeldavast lähteainest ja tulevikus eeldatavatest metsamajandustavadest. Siin tuleb teha samasugust vahet nagu osas 5.3, EL-i kasvuhoonegaaside kogu aruandluse ja iga bioenergeetika arengutee spetsiifilise süsinikumõju vahel; need kaks kontseptsiooni pole tingimata omavahelises seoses.



Joonis 33. Metsa bioenergia olelusringi hindamise uuringus arvesse võetavate süsiniku talletajate, majandussektorite ja voogude kujutis.

Carbon pools- Süsiniku talletajad; Carbon flows – Süsinikuvood; Market relations – Turusuhted; Economy sectors – Majandussektorid; Atmosphere – Atmosfäär; HWPs – Puittooted; Fossil fuels – Fossiilkütused; Forest – Mets; Material substitution – Materjaliasendus; Energy substitution – energiaasendus; Economy sectors – Majandussektorid; Materials – Materjalid; energy – Energia; Land use change – Maakasutuse muutus; Land use – Maakasutus

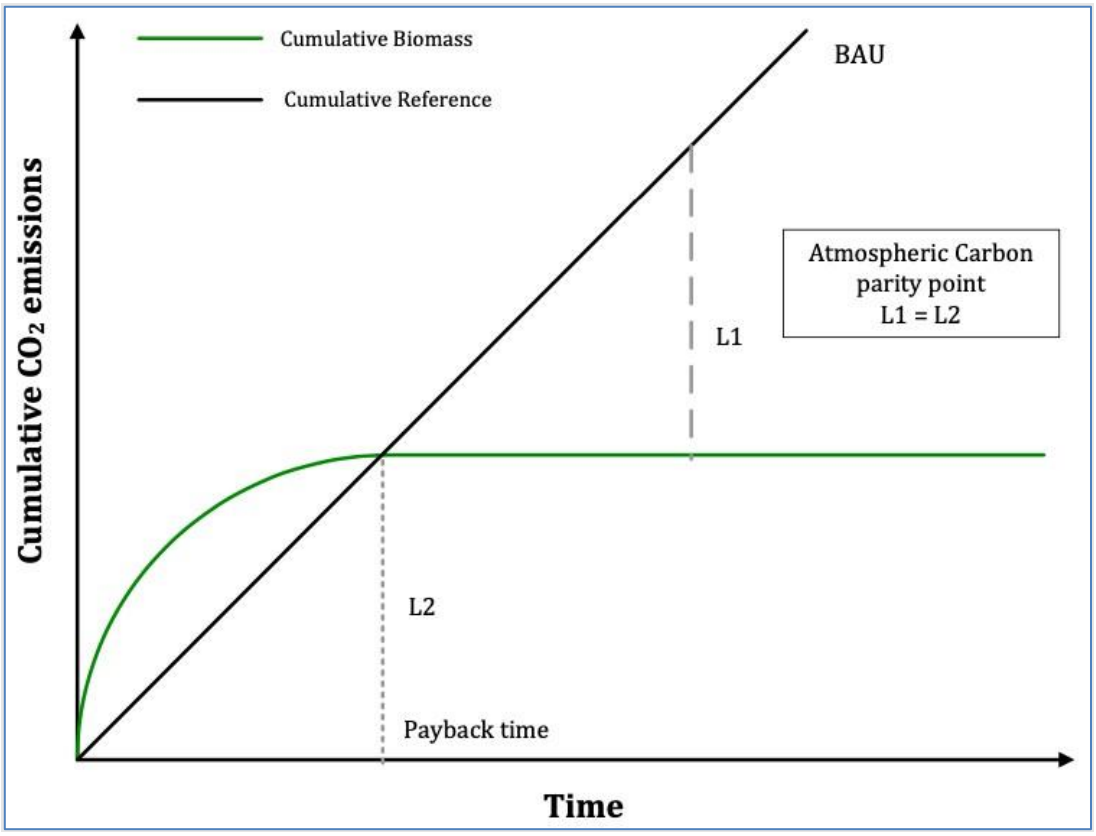
Käesolevas aruandes valitud lähenemisviis on kesktee kahe kirjeldatud äärmuse vahel. See põhineb atributsioonilisel modelleerimisel, nii et mõjusid saab omistada ühele bioenergia arenguteele, kuid arvesse on võetud ka biogeenilise süsiniku ja biomassi hüpoteetiline kasutus. See meetod on käesoleva uurimuse eesmärgi jaoks kõige sobivam.

Selles aruandes ei viida läbi mingeid uusi arvutusi, pigem me usaldame suures osas Agostini et al. (2014) tulemusi, mis on toodud tabelis 5. Need tulemused kehtivad tänaseni ja moodustasid suure osa EL-i REDII (EU, 2016a) kujundamisel kasutatud tõenduspõhisusest. Teiste bioenergeetika arenguteede süsinikumõjude tulemused on samuti kokku kogutud (täieliku loetelu saab autoritelt).

On oluline meenutada mõningaid põhieeldusi tabeli 5 tulemuste taga:

- **Lähtetase ehk hüpotees, st „hüpoteetiline olukord uuritud tootesüsteemita“ (Soimakallio et al., 2015), määratletakse iga arengutee kohta ja sellest antakse üksikasjalikult aru osas 5.9;**

- **biogeeniline süsinik on täies ulatuses arvesse võetud nii hüpoteetilises kui bioenergia arengutees;**
- **kvalitatiivseid mõjusid hinnatakse tabelis 5 erinevas ajamastaabis sellesse kaasatud suundumuste ajast sõltuva olemuse tõttu. Üksikasjalik arutelu on ära toodud uurimuses Agostini et al., 2014, kuid me kordame siin selguse mõttes põhimõisted üle. Käesolevas uurimuses viitab mõiste „süsinikuvõlg" nähtusele, mille puhul bioenergia arengutee võib toota kõrgemaid süsinikuheiteid võrreldes võrdluseks valitud hüpoteetilise/võrdlusalusega ning mõiste „tasuvusaeg" on aeg, mis kulub süsinikuvõla tasumiseks ja selleks, et bioenergiasüsteem hakkaks süsinikuleevendust pakkuma. Aga isegi kui tasuvusaeg kätte jõuab, on bioenergiasüsteem siiski kliimasoojenemisele rohkem kaasa aidanud kui fosiilkütuste süsteem. Joonis 34 illustreerib neid kontseptsioone. Tagasimaksmise ajal on fossiilsete ja bioenergiasüsteemide kumulatiivsed heited samad. Kuid bioenergiasüsteem on atmosfääri heitnud kõrgema kasvuhoonegaasi kontsentratsiooni, mis viib kõrgema radiatiivse sundimiseni pikema perioodi jooksul kui tasuvusaeg. Atmosfäärse süsiniku pariteetsuspunkt on ajahetk, mil bioenergiat võib pidada süsinikuneutraalseks. See punkt saavutatakse siis, kui bioenergiasüsteemi põhjustatud lisaheited kuni tasuvusaja saavutamiseni võrduvad heidetega, mida välditi tänu sellele, et fossiilkütuste põlemine asendati alternatiiviga. Ajahetkel, mis kokkuhoid (L1) võrdub bioenergia põhjustatud heidetega (L2), saavutatakse atmosfäärse süsiniku pariteetsuspunkt.**
- **Lisaks on tabeli 5 tulemused diferentseeritud üle võrdlusena kasutatava fossiilse energia allika, sest eri fossiilkütuste süsinikumahukus mõjutab oluliselt tasuvusaega.**
- **Lõpuks on oluline ka see, et tabeli 5 tulemusi hinnatakse *ceteris paribus*-vaatenurgast, ehk siis bioenergia valikuga seotud turuvahendatud mõjud on sõnaselgelt välja jäetud. See tähendab näiteks seda, et välja on jäetud energiaturu taastumismõjud (Leturq, 2020), kaudsed mõjud puidutoodete turule jne. Selle tulemusel peaks neid tulemusi tõlgendama nii, nagu need esindaksid peamiselt toote suhteliselt väikese hulga tootmist (näit 1MJ) ja mitte nagu need esindaksid bioenergia suuemastaapse kasutamise mõjusid, mis seejärel mõjutaksid paigaldatud tootmisvõimsusi ja viiksid nende rohkete turuvahendatud mõjudeni, mida eespool on mainitud.**



Joonis 34. Tasuvusaja ja atmosfäärisüsiniku pariteetsuspunkti visuaalne kirjeldus. Roheline joon: metsa süsinikuvarude vähenemine bioenergia tootmise tõttu; must joon: süsinikuheidete akumuleeruv vähenemine fossiilkütuste asendamise tulemusena. Allikas: *Agostini et al., 2014*

Cumulative CO_2 emissions – Kumuleeruvad CO_2 heited; Cumulative Biomass – Kumuleeruv biomass; Cumulative reference – Kumulatiivne võrdlus; Atmospheric Carbon parity point – Atmosfäärisüsiniku pariteetsuspunkt; Payback time – Tasuvusaeg; Time - Aeg

Tabel 5. Metsa bioenergia mitme arengutee süsinikuheidete vähendamise kvalitatiivne analüüs võrreldes kahe eri fossiilse allikaga ja kolmes eri ajaraamistikus. Allikas: Agostini et al., 2014

Biomass source	CO_2 emission reduction efficiency					
	Short term (10 years)		Medium term (50 years)		Long term (centuries)	
	coal	natural gas	coal	natural gas	coal	natural gas
Temperate stemwood energy dedicated harvest	---	---	+/-	-	++	+
Boreal stemwood energy dedicated harvest	---	---	-	- -	+	+
Harvest residues*	+/-	+/-	+	+	++	++
Thinning wood*	+/-	+/-	+	+	++	++
Landscape care wood*	+/-	+/-	+	+	++	++
Salvage logging wood*	+/-	+/-	+	+	++	++
New plantation on marginal agricultural land (if not causing iLUC)	+++	+++	+++	+++	+++	+++
Forest substitution with fast growth plantation	-	-	++	+	+++	+++
Indirect wood (industrial residues, waste wood etc)	+++	+++	+++	+++	+++	+++

+/-: the GHG emissions of bioenergy and fossil are comparable; which one is lower depends on specific pathways,

-; --; ---: the bioenergy system emits more CO_2eq than the reference fossil system

+; ++; +++-: the bioenergy system emits less CO_2eq than the reference fossil system

**For residues, thinning & salvage logging it depends on alternative use (roadside combustion) and decay rate*

CO_2 emission reduction efficiency – CO_2 heite vähendamise tõhusus; Biomass source – Biomassi allikas; Short term (10 years) – Lühiajaline (10 aastat); coal – kivisüsi; natural gas – maagaas; Medium term (50 years) – Keskpikk (50 aastat); Long term (centuries) – Pikaajaline (sajandeid); Temperate stemwood energy dedicated harvest – Parasvöötme tüvepuidu ülestöötamine energia tootmiseks; Boreal stemwood energy dedicated harvest – Boreaalse tüvepuidu ülestöötamine energia tootmiseks; Harvest residues – Ülestöötamis ejäägid; Thinning wood – Harvendatud puit; Landscape care wood – Maastikuhoolduse puit; Salvage logging wood – Päästeraie puit; New plantation on marginal agricultural land (if not causing iLUC) – Uus istandik marginaalsel põllumajandusmaal (kui ei põhjusta kaudset maakasutuse muutust); Forest substitution with fast growth plantation – Metsa asendamine kiire kasvuga istandikuga; Indirect wood (industrial residues, waste wood etc) – Kaudne puit (tööstusjäägid, jääkpuit jne); the GHG emissions of bioenergy and fossil are comparable; which one is lower depends on specific pathways – bioenergeetika kasvuhoonegaaside heited on võrreldavad; kumb on madalam, sõltub konkreetsest arengusuundumusest; the bioenergy system emits more CO_2eq than the reference fossil system – bioenergeetiks süsteem eraldab rohkem CO_2 ekvivalenti kui võrdluseks olev fossiilsüsteem; the bioenergy system emits less CO_2eq than the reference fossil system – bioenergeetiks süsteem eraldab vähem CO_2 ekvivalenti kui võrdluseks olev fossiilsüsteem; For residues, thinning & salvage logging it depends on alternative use (roadside combustion) and decay rate – Jääkide, harvenduse ja päästeraie puhul sõltub see alternatiivsest kasutusest (teeäärne põletamine) ja lagunemismäärast

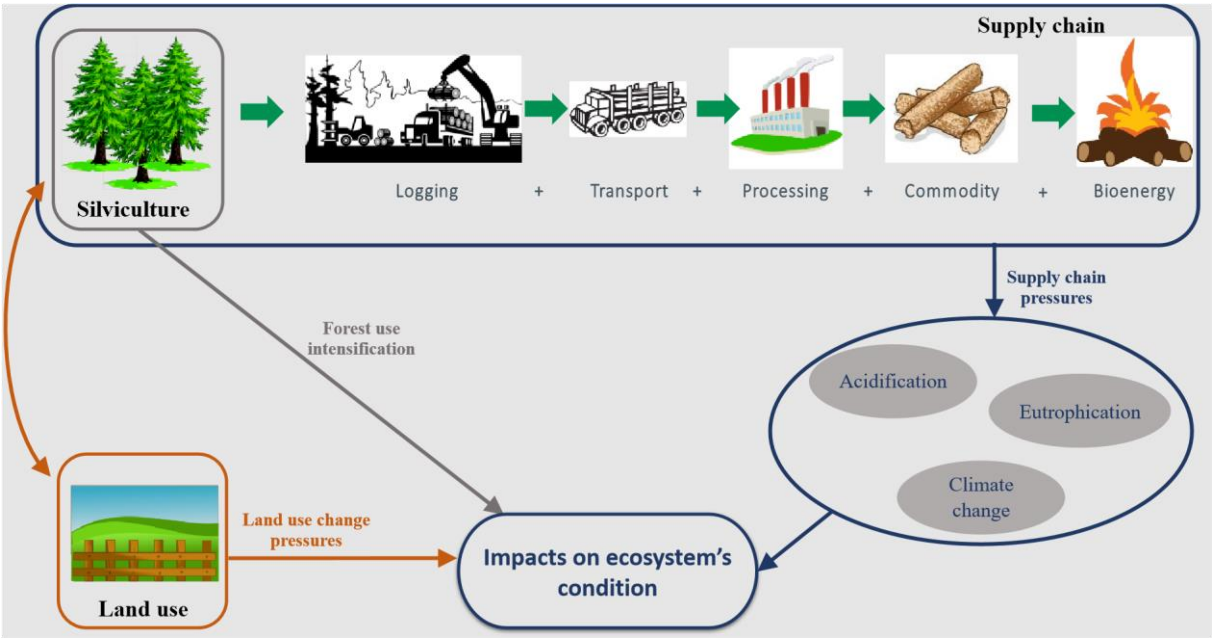
5.7 Metsa bioenergia: mõjud elurikkusele ja ökosüsteemi seisukorrale

Selles osas keskendume võimalikele survetele, mida bioenergia nõudlus võib avaldada metsa ökosüsteemi seisukorrale ja elurikkusele. Ökoloogiakirjandus pakub rohkelt teavet, mis tuleks lõimida bioenergeetikakirjandusse ja otsustajatele adekvaatselt edasi anda. See on käesoleva osa peamine eesmärk.

5.7.1 Elurikkus ja kliimamuutuse kompromissid

Metsa bioenergia mõju hindamine ökosüsteemide seisukorrale üldiselt ja elurikkusele eelkõige on keeruline, sest bioenergia valikud võivad tekitada ökosüsteemidele ja elurikkusele mitmesuguseid pingeid ja samal ajal leevendada teisi. See loob peene kompromisside ja sünergiate maatriksi metsa bioenergia tootmise ning elurikkuse ja metsade seisukorra vahel. Joonis 35 on lihtsustatud mudel võimalikest pingetest, mida metsa bioenergia tootmine tekitab kohalikule ja maailma elurikkusele. Kohalikul tasandil võib intensiivsem metsamajandus täiendava biomassi tootmiseks suurendada

pingeid metsa ökosüsteemidele. Samamoodi võib metsastamisega seotud maakasutuse muutus tuua kaasa positiivseid ja negatiivseid mõjusid kohalikule elurikkusele. Lisaks on bioenergiatoodete valmistamise tarneahel seotud saasteainete heidetega, mis võib kaasa aidata hapestamisele, eutrofeerumisele ja kliimamuutuse süvenemisele. Siiski on maailma tasandil kliimamuutus ise oluline tegur elurikkuse kadumises, mistõttu üleüldine kasu ökosüsteemile ja elurikkusele võib ikka olla suurem ülemaailmsest kliimamuutuse leevendamisest, kui võrrelda ülalmainitud kohaliku tasandi mõjudega.



Joonis 35. Metsa bioenergia tarneahelatest tuleneva elurikkusele ja ökosüsteemide tervisele avaldatava surve skeem. Esmajärjekorras saame eristada maakasutuse muutusest ja maa majandamisest (s.t metsa majandamisest) tingitud kohaliku tasandi otsest survet ning muud survet, mis on põhjustatud tarneahela heidetest, nagu hapestamine, eutrofeerumine ja üleilmne kliimamuutus.

Silviculture – Metsakasvatus; Logging – Raiumine; Processing – Töötlemine; Commodity – Toode; Bioenergy – Bioenergia; Forest use intensification – Metsakasutuse intensiivistumien; Supply chain pressures – Tarneahela surve; Acidification – Happestumine; Eutrophication – Eutrofeerumine; Climate change – Kliimamuutus; Land use – Maakasutus; Land use pressures – Maakasutuse surve; Impacts on ecosystem's condition – Mõju ökosüsteemi olukorrale

Kliimamuutuse leevendamise võimalike pikaajaliste eeliste ja lühiajaliste kohaliku ökosüsteemi kahjustuste vahelist kompromissi on keeruline kvantifitseerida. Seega jätame selle ettevaatusprintsiibina käesolevast analüüsist välja, eeldades, et me ei tohiks hinnata hüpoteetilisi pikaajalisi kasusid vs lühiajalised mõjud ökosüsteemidele.

Selle asemel keskendame oma analüüsi maakasutuse muutustest ja metsamajanduse intensiivistumisest tulenevale võimalikule survele kohalikule elurikkusele ja ökosüsteemidele, et rõhutada võimalikke arenguteid, mis põhjustavad negatiivseid keskkonnakompromisse, ehk „biohälbeid"[38] (Lindenmayer et al., 2012).

5.7.2 Kuidas hinnata mõjusid ökosüsteemi seisukorrale ja elurikkusele?

Sellal kui olelusringi hindamine on toodete ja tarneahelatega seotud keskkonnamõjude aruandluse läbiproovitud meetod, rõhutab Crenna et al. (2020) hiljutine ülevaade, at hoolimata viimastest

[38] Lindenmayer et al. (2012) (Lindenmayer et al., 2012) määratles biohälvet kui „negatiivseid tagajärgi elurikkusele ja keskkonnale, mis tekivad kitsast poliitika- ja majandamisfookusest üksikutele keskkonnaprobleemidele, võtmata arvesse laiemat ökoloogilist konteksti".

edusammudest ei ole kahjuks olemas meetodit, mis oleks täielikult küps ja kujutaks adekvaatselt ja täielikult toodete mõju kõigile elurikkuse tunnustele ja ökosüsteemi seisukorrale.

Järgitava ja selge standardmetoodika puudumisel usaldame juurdunud kontseptuaalseid raamistikke, mis annavad kvalitatiivse hinnangu sellele, kuidas metsa bioenergia mõjutab ökosüsteemi seisukorda. Täpsemalt toetume MAES-i, Euroopa metsade seisukorra ja IPBES-i hindamisraamistike tööle. Ehkki need raamistikud on peamiselt suunatud ökosüsteemide tingimuste tagantjärele seires kasutatavate näitajate komplekti hindamiseks, võib kontseptuaalseid raamistikke kasutada ka hinnatud sekkumiste mõjude (ehk „tulemuste“) klassifitseerimiseks.

Joonis 35 illustreerib käesolevas peatükis kasututud hindamisraamistikku. Ülevalt alustades kaalume võimalikke surveid metsa ökosüsteemidele, mis tulenevad kasvanud nõudlusest metsaressursside järele bioenergia tootmiseks (nagu selgitatud osas 5.5). Nende võimalike reaktsioonide hulgast oleme valinud järgnevad metsamajandustavad, mida sügavuti uurida:

1. **Eri tüüpi raiejääkide suurem äravedu;**
2. **Eri tüüpi mitte-metsamaa metsastamine eri tüüpi metsadega;**
    a. **Alamkategooriana: looduslikult uuenenud metsade muutmine istandikeks.**

Me viime oma terminoloogia vastavusse sellega, mida kasutatakse süstemaatilistes ülevaadetes, ning määratleme neid majandamistavasid kui hinnatud „sekkumisi“.

Nagu kirjeldatud osas 5.5, võib mitut täiendavat metsamajandussekkumist vaadelda kui bioenergia jaoks biomassi tarnimise tegevust. Neid ei vaadeldud üksikasjalikult mitmel põhjusel. Esiteks on paljud sellised sekkumised osa „traditsioonilisemast“ metsamajandustavast, mida on kirjanduses juba ulatuslikult uuritud (vt näit Chaudhary et al., 2016). Teiseks, paljud neist sekkumistest ei anna „täiendavat“ biomassi, vaid toetuvad pigem tarnimistaseme suurendamisele (näit rotatsiooni lühendamisele) või materjalide teisaldamisele teistest sektoritest. Sellisel juhul on teada, et süsiniku mõjud on negatiivsed pika taastusaja puhul (vt tabelit 5), nii et võimalike kompromisside otsimisel polnud eriti lisandväärtust. Teisel juhul on kaudsed mõjud väga olulised ja neid tuleks vaadelda läbi süsteemsema vaatenurga, võrreldes käesolevas aruandes valitud tootepõhise lähenemisviisiga. Meie tulemusi ei tohiks tõlgendada nii, et need hõlmavad bioenergiaga seotud metsamajanduslike sekkumistega seonduvaid võimalikke riske ja tulusid nende kogu ulatuses. Kogu ülevaates hoidume käsitlemast kõiki sekkumisi, mida me pole üksikasjalikult uurinud; kuid teatud juhtumite hindamine võib olla suhteliselt lihtne. Näiteks looduslike, küpsete, kõrge elurikkusliku väärtusega puude raie energia tootmiseks oleks selgelt kõigile kahjulik. Teisest küljest on madalmetsad eriti olulised Vahemere riikides, kus need pakuvad mitmeid ökosüsteemi teenuseid, neil on paljudes maapiirkondades asjaomased sotsiaalmajanduslikud funktsioonid ja neid kasutatakse peamiselt bioenergia tootmiseks. Kuid leidub suuri alasid, kus madalmetsi enam ei majandata või need hüljatakse täielikult, mille tulemuseks on vanad või ülekasvanud ja hääbuvad puistud. Sellistel juhtudel soovitatakse innustada aktiivset metsamajandust, mis tõhustaks nende ökosüsteemide võimekust süsinikku talletada ja teenuseid pakkuda. Olenevalt kohalikest tingimustest, võib eelistatud valik olla madalmetsade aktiivne kõrgmetsaks muutmine või taastamine (vt osa 5.9.2).

Kolm ülalmainitud sekkumist valiti seetõttu, et Giuntoli et al. (2020B) järelduste põhjal olid need kesksed eeldused modelleerimisuuringutes, mille põhjal metsa bioenergia on tõhus vahend süsinikuheidete vähendamiseks. Uurijad leidsid, et uurimused eeldavad sageli, et kasvav bioenergia nõudlus suurendab puidu biomassi hindu, toetades seeläbi aktiivset metsamajandust, kusjuures muutused on suunatud metsa tootlikkuse parendamisele (st osas 5.5 toodud „suurendatud kasvu“ reaktsioon) või metsajääkide suuremale äraveole. Mitu uurimust on ka eeldanud, et suurem nõudlus bioenergia järele stimuleerib metsastamist (näit Galik ja Abt, 2016; Khanna et al., 2015). Valitud sekkumiste eesmärk on tagada „täiendav“ biomass (Lemprière et al., 2013; Searchinger et al., 2009), st kasvav biomass, mida ei toodetaks bioenergia nõudluse puudumisel (ja mis seeläbi suurendab

maapinna süsinikuneeldajat) või kasutades biomassi, nagu jäägid ja jäätmed, mis muidu laguneks või põleks koha peal ära (vähendades seeläbi kasvuhoonegaasi heiteid atmosfääri) (Blanco et al., 2015).

Ehkki Giuntoli et al. (2020B) tõdes ka, et bioenergia laiendamise otsese tagajärjena pole paljusid nimetatud reaktsioonidest siiani soodustatud, on need siiski võimalike leevendamisstrateegiate päevakorras kõrgel kohal (IPCC, 2019) ja võivad kasutust leida metsa biomassi suurenenud nõudluse (sh bioenergia tootmiseks) otsese või kaudse mõjuna. Tõepoolest, hiljutine Euroopa Komisjoni teatis „Euroopa 2030. aasta kliimaeesmärgi suurendamine: investeerimine kliimaneutraalsesse tulevikku meie inimeste hüvanguks" (EL, 2020) soovitab sõnaselgelt propageerida metsastamist kui bioenergia tootmiseks vajaliku biomassi allikat[39].

Kuid ehkki kõigi nende sekkumiste süsinikumõjusid on sügavuti uuritud, leiame, et bioenergeetikat käsitlevas kirjanduses puudub siiani üksikasjalik kokkuvõte nende mõjudest elurikkusele.

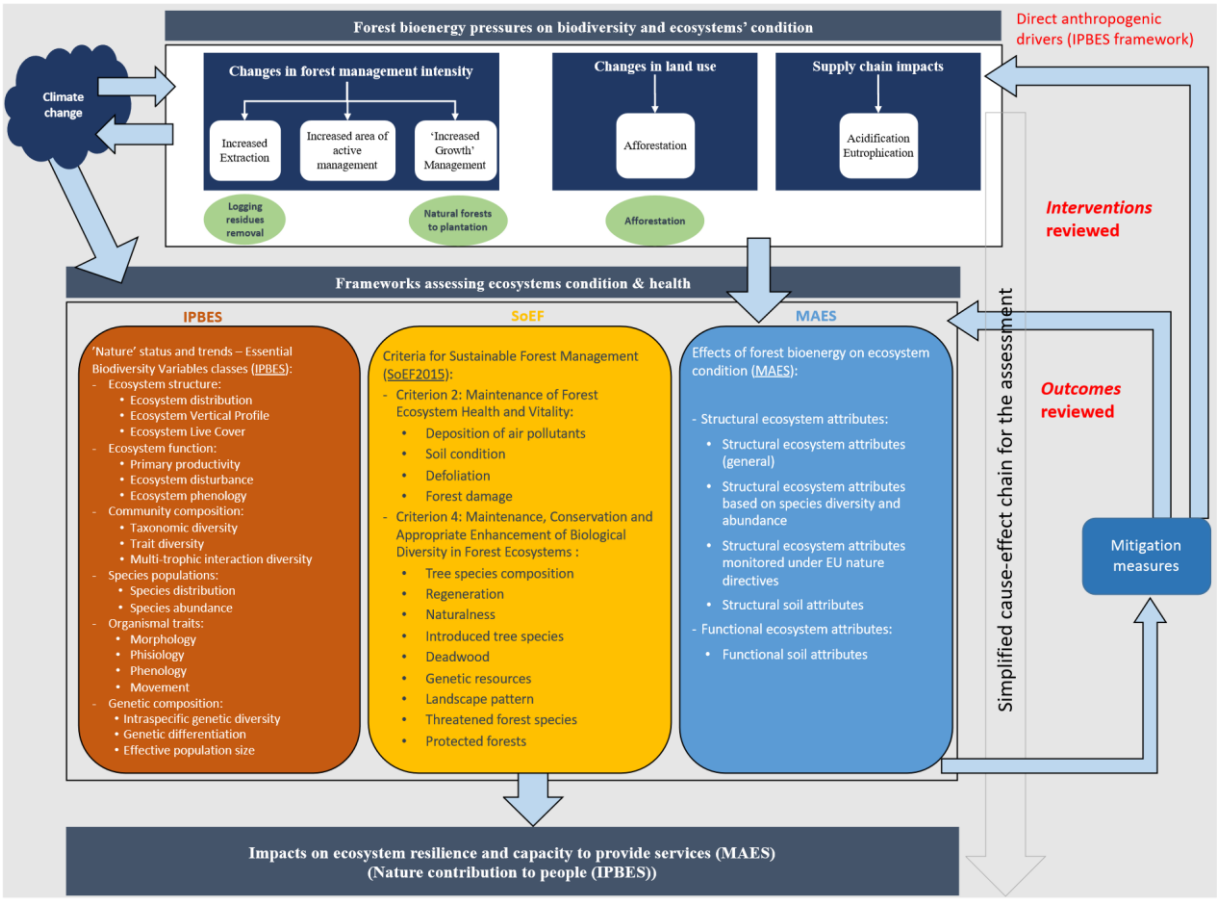


Figure 36. Assessment framework of the literature review in this chapter.

Joonis 36. Selles peatükis kasutatud kirjanduse ülevaate hindamise raamistik.

Forest bioenergy pressures on biodiversity and ecosystems' condition – Metsa bioenergia surve elurikkusele ja ökosüsteemide olukorrale; Direct anthropogenic drivers (IPBES framework) – Otsesed inimtekkelised käivitajad (IPBES raamistik); Climate change – Kliimamuutus; Changes in forest management intensity – Metsamajandamise intensiivsuse muutused; Increased

[39] Teatise KOM(2020) 562 mõjuanalüüs (SWD(2020) 176), lk 122: << *Elurikkuse strateegiaga kaasnevad sünergiad ja ohud on tõelised. Elurikkuse strateegia rakendamine on kooskõlas kasvuhoonegaaside olulise vähendamisega valdkonnas. Ehkki energeetikasüsteemi biomassivajadused kasvavad, on need aastani 2030 piiratud, kuid suurenevad hiljem.* Selle suurenenud biomassivaru tootmine säästliku metsamajanduse, bioloogiliselt mitmekesise metsastamise ja üleüldise säästlike energiakultuuride mõistliku kasutamise kaudu võib omavahel vastavusse viia kliima ja elurikkuse eesmärgid.>>

extraction – Suurenenud tootmine; Increased area of active management – Suurenenud aktiivse majandamise ala; 'Increased Growth' Management – 'Suurenenud kasvu' majandamine; Changes in land use – Maakasutuse muutused; Afforestation – Metsastamine, Supply chain impacts – Tarneahela mõjud; Acidification – Happestumine; Eutrophication – Eutrofeerumine; Logging residues removal – Raiejääkide väljavedu; Natural forests to plantation – Looduslikud metsad istandikeks; Interventions reviewed – Vaadeldud sekkumised; Frameworks assessing ecosystems condition and health – Ökosüsteemide olukorra ja tervise hindamise raamistikud; 'Nature' status and trends – 'Looduse' seisund ja suundumused; Essential biodiversity variables classes – Põhilised elurikkus emuutujate klassid; Ecosysten structure – Ökosüsteemi struktuur; Ecosystem distribution – Ökosüsteemi levik; Ecosystem Vertical Profile – Ökosüsteemi vertikaalprofiil; Ecosystem live cover – Ökosüsteemi eluskate; Ecosystem function – Ökosüsteemi funktsioon; Primary productivity – Esmane tootlikkus; Ecosystem disturbance – Ökosüsteemi häiring; Ecosystem phenology – Ökosüsteemi fenoloogia; Community composition – Koosluse koosseis; Taxonomic diversity – Taksonoomiline mitmekesisus; Trait diversity – Tunnuste mitmekesisus; Multi-trophic interaction diverity – Multitroopse toime mitmekesisus; Species populations – Liikide arvukus; Species distribution – Liikide levik; Species abundance – Liigirikkus; Organismal traits – Organismidele omased tunnused; Morphology – Morfoloogia; Phisiology – Füsioloogia; Phenology – Fenoloogia; Movement – Liikumine; Genetic composition – Geneetiline koostis; Intraspecific genetic diversity – Liigisisene geneetiline mitmekesisus; Genetic differentiation – Geneetiline eristumine; Effective population size – Tõhus populatsiooni suurus; Criteria for sustainable forest management – Kestliku metsamajandamise kriteeriumid; Criterion – Kriteerium; Maintenance of forest ecosystem health and vitality – Metsa ökosüsteemi tervise ja elujõu säilitamine; Deposition of air pollutants – Õhusaastajate sadestumine; Soil condition – Mulla seisund; Defoliation – Lehtedest puhastamine; Forest damage – Metsakahjustused; Maintenance, conservation and appropriate enhancement of biological diversity in forest ecosystems – Elurikkuse hoidmine, säilitamine ja asjakohane suurendamine metsa ökosüsteemides; Tree species composition – Puuliikide koosseis; Regeneration – Uuenemine; Introduced tree species – Sissetoodud puuliigid; Deadwood – Lagupuit; Genetic resources – Geneetilised ressursid; Landscape pattern – Maastikumuster; Threatened forest species – Ohustatud metsaliigid; Protected forests – Kaitstud metsad; Effects of forest bioenergy on ecosystem condition – Metsa bioenergia mõju ökosüsteemi olukorrale; Structural ecosystem attributes (general) – Ökosüsteemi struktuursed omadused (üldised); Structural ecosystem attributes based on species diversity and abundance – Liikide mitmekesisusel ja rohkusel põhinevad ökosüsteemi stuktuursed omadused; Structural ecosystem attributes monitored under EU nature directives – ELi loodusdirektiivide alusel jälgitavad ökosüsteemi struktuursed omadused; Structural soil attributes – Mulla struktuursed omadused; Functional ecosystem attributes – Ökosüsteemi funktsionaalsed omadused; Functional soil attributes – Mulla funktsionaalsed omadused; Simplified cause-effect chain for the assessment – Lihtsustatud põhjuse-tagajärje ahel hindamiseks; Outcomes reviewed – Vaadeldud tulemused; Mitigation measures – Leevendusmeetmed; Impacts on ecosystem resilience and capacity to provide services – Mõju ökosüsteemi vastupidavusele ja teenuste osutamise võimele; Nature contribution to people – Looduse panus inimestele

Oma hinnangu aluseks võtame kirjanduse ülevaate. Iga analüüsi jaoks hindasime nende sekkumiste mõju elurikkuse ja ökosüsteemide seisukorra mitmele tunnusele, nagu määratletud MAES-i (Maes et al., 2020) ja IPBESi (Díaz et al., 2015) raamistikes. Nende tunnuste mõjusid määratletakse kui sekkumise „tulemusi", kasutades aluseks hüpoteetilist ehk võrdlusalust. Esmase kirjandusotsingu üksikasjad ja iga uurimuse hinnang on toodud lisas. Tulemuste kvalitatiivses sünteesis kasutatud täpsed hüpoteesid on toodud hiljem tabelis 11.

Täpsemalt, MAES-i raamistiku põhjal hindasime võimalikke mõjusid:

1. **Struktuursetele ökosüsteemi tunnustele (üldiselt)**
2. **Struktuursetele ökosüsteemi tunnustele liigirikkuse ja liikide arvukuse põhjal**
3. **Struktuursetele ökosüsteemi tunnustele, mida seiratakse ELi loodusdirektiivide alusel**
4. **Struktuursetele mullatunnustele**
5. **Funktsionaalsetele mullatunnustele**

Lisaks laiendame MAES-i raamistikku IPBES-i kesksete elurikkuse muutujate raamistikuga (Pereira et al., 2013), nagu illustreeritud tabelis 6.

Tabel 6. Kesksed elurikkuse muutujate klassid ja näited näitajatest. Allikas: Pereira et al., 2013

Kesksed elurikkuse muutujate klassid	Kesksete elurikkuse muutujate näited

1	Ökosüsteemi struktuur	Ökosüsteemi jaotumine Ökosüsteemi vertikaalprofiil Ökosüsteemi eluskate
2	Ökosüsteemi toiming	Esmane tootlikkus Ökosüsteemi häiring Ökosüsteemi fenoloogia
3	Koosluse koosseis	Taksonoomne mitmekesisus (liigirikkus, liikide kooslused)
		Teisendite mitmekesisus
		Multitroofne suhtluse mitmekesisus
4	Liikide arvukus	Liikide jaotumine
		Liigirikkus
5	Liikide tunnused	Morfoloogia Füsioloogia Fenoloogia Liikumine
6	Geneetiline koostis	Liigisisene geneetiline mitmekesisus Geneetiline liigitus Ideaalne populatsiooni suurus

5.7.3 Kompromisside süntees ja hindamine

Praktikas oli hindamise eesmärk püüda sobitada iga hinnatud sekkumine ühte neljast kategooriast joonisel 37. Sarnase hindamisraamistiku tõi välja uurimus Paterson et al. (2008).

Esimeses ja neljandas kvadrandis on suhteliselt üheselt mõistetavalt arenguteed, kus ilmselged kompromissid puuduvad ja kus peaks seega selgelt kohaldama sihitud riiklikke meetmeid: 1. kvadrandi arenguteid tuleks toetada stiimulitega, 4. kvadrandi omad aga muuta ebasoodsaks.

Metsa bioenergia valikud 1. kvadrandis on need, mis väga tõenäoliselt aitavad kaasa kliimamuutuse leevendamisele lühikeses või keskpikas perspektiivis ja samal ajal tõenäoliselt parandavad kohalike

ökosüsteemide ja elurikkuse seisukorda (või vähemalt ei mõjuta ökosüsteemi taastumise arenguteid).

Arenguteed neljandas kvadrandis on sellised, mis ebatõenäoliselt aitavad kaasa kliimamuutuse leevendamisele lühikeses-keskpikas perspektiivis ning tõenäoliselt kahjustavad veelgi ökosüsteemide seisukorda.

Seevastu arenguteed 2. ja 3. kvadrandis on sellised, mille puhul võib leida või eeldada kompromisse kliimaleevenduse ja elurikkuse vahel. 2. kvadrandi arenguteed on sellised, mis küll tõenäoliselt leevendavad kliimamuutust, kuid tõenäoliselt ka mõjutavad negatiivselt kohalikku elurikkust. Nende arenguteede puhul tuleks uurida kaitse- või leevendusstrateegiaid ning nende leidmise korral võiks kaaluda nende kohustuslikkust kui bioenergia propageerimise tingimust. See on ka ainus juhtum, kus ülalmainitud kompromiss (ülemaailmne kliimamuutuse leevendamine vs kohalik halvenemine) võib mõjutada arenguteele lõpliku hinnangu andmist.

3. kvadrandi arenguteed tõenäoliselt parandavad kohaliku ökosüsteemi seisukorda, kuid see ei pruugi leevendada kliimamuutust lühikeses perspektiivis. Sellistel juhtudel võidakse bioenergia tootmises näha taastustegevuse kõrvalsaadust.

Nii 2. kui 3. kvadrandi puhul tuleb otsustamisprotsessi käigus kaaluda ja arutada kompromisse, millel pole lahendust.

Biodiversity / ecosystem condition / Carbon emissions reduction	Improved	Worsened
Mitigate (in short-medium term)	Quadrant 1: Win – Win	Quadrant 2: Trade-off
Not mitigate (or mitigate in long term)	Quadrant 3: Trade-off	Quadrant 4: Lose – lose

Joonis 37. Metsa bioenergia suundumuste hindamise kategooriad

Biodiversity / ecosystem condition – Elurikkus / ökosüsteemi olukord; Carbon emissions reduction – Süsinikuheidete vähendamine; Improved – Paranenud; Worsened – Halvenenud; Mitigate (in short- medium term) – Leevendamine (lühikese-keskpika aja jooksul); Mot mitigate (or mitigate in long term) – Leevendamata (või leevendada pikas perspektiivis); Quadrant – Kvadrant; Win-Win – Kõik võidavad; Trade-off – Kompromiss; Lose-lose – Kõik kaotavad

Et teha kirjanduse põhjal kokkuvõte, millest võiks olla abi otsuste tegemisel, loome mitu bioenergiavalikute arhetüüpi[40], mida me kvalifitseerime vastavalt nende mõjule süsinikuheidetele (osas 5.6 esitatud analüüsi põhjal) ning nende mõjule elurikkusele ja ökosüsteemi seisukorrale (osas 5.8 toodud kirjanduse ülevaate põhjal).

Mis puudutab süsinikumõjusid, jaotame arhetüübid tabeli 5 tulemuste põhjal laias laastus nelja kategooriasse, peamiselt süsinikuvõla tasuvusaja alusel. Nagu selgitatud osas 5.6, mõjutavad süsinikuaruandluse tulemusi tugevalt analüüsi eeldused, mistõttu tuleb silmas pidada, et üldistamine on võimalik ainult väga laiapiiriliste kategooriate abil.

Süsinikuaruandluse hindamiseks on määratletud järgmised neli kategooriat:

- **Lühiajalised: arenguteed, kus süsinikuheidete kokkuhoid võrreldes fossiilsete allikatega saavutatakse tõenäoliselt kohe või siis ühe või kahe aastakümne jooksul.**
- **Tõenäoliselt keskmise pikkusega: arenguteed, kus süsinikuheidete kokkuhoid saavutatakse tõenäoliselt kolme kuni viie aastakümne jooksul.**
- **Ebatõenäoliselt keskmise pikkusega: arenguteed, kus süsinikuheidete kokkuhoid pole tõenäoliselt saavutatav kiiremini kui viie aastakümnega.**
- **Pikaajalised: arenguteed, kus süsinikuheidete kokkuhoid saavutatakse tõenäoliselt alles sajandi mastaabis või üldse mitte kunagi.**

Sarnaselt määratleme neli laiapiirlist kategooriat iga arhetüübi kvalitatiivse mõju hindamiseks elurikkusele:

- **Kõrge risk (punane rist): negatiivsed mõjud elurikkuse tunnustele või ökosüsteemi seisukorrale;**
- **Neutraalne-positiivne (roheline linnuke): tähtsusetud või positiivsed mõjud elurikkuse tunnustele või ökosüsteemi seisukorrale;**
- **Keskmine/kõrge risk (punane rist + oranž hüüumärk): valikul võivad olla negatiivsed mõjud elurikkusele või ökosüsteemide seisukorrale, kuid tegelik mõju oleneb teistest kaasnevatest muutujatest (näit surnud puidu olemasolu maastikul, kohalikud tingimused, säilitamise strateegiad, kohalik metsamajandus jne.) ja lõplik mõju võib olla neist sõltuvalt positiivne või negatiivne;**
- **Keskmine/madal risk (roheline linnuke ja oranž hüüumärk): tõenäoliselt põhjustab valik vähe või üldse mitte negatiivseid mõjusid kohalikule elurikkusele või ökosüsteemi tingimustele, kuid tuleks uurida täpseid tingimusi, et selles veenduda.**

5.8 Ülevaade mõjudest elurikkusele

Käesolev osa esitleb kirjanduse ülevaate tulemusi; see on jagatud kaheks alampeatükiks, millest kumbki keskendub ühele sekkumisele. Igas alampeatükis vaatleme nende sekkumiste võimalikku rolli bioenergia täiendava nõudluse rahuldamisel ja võtame kokku sekkumise võimaliku põhjuslike seoste ahela, sh olulisimad mõjud, mida me läbivaatamise kaudu hindame. Seejärel võtame kokku läbivaatuse peamised tulemused ja esitame iga uurimuse järelduste sünteesi. Lõpuks võtame järeldused kokku mitme arhetüüpse arengutee mõjude kvalitatiivse hinnanguna.

[40]Mõeldud spetsiifiliste valikutena, mis võtavad kokku üldised järeldused kirjanduse põhjal.

5.8.1 Raiejääkide äravedu: ülevaade ja kokkuvõte

5.8.1.1 Probleemi sõnastamine ja taust: Miks see on bioenergia ja praeguste majandamistavade seisukohalt oluline?

Üks peamisi reaktsioone metsapuidu suuremale tootmisele bioenergia tarbeks on raiejääkide ulatuslikum äravedu. Raiejääkide määratlus on oluline, sest lagupuidu eri tüüpidel on erinevad keskkonnarollid ja seetõttu on nende äraviimisel (või juurdetoomisel) spetsiifilised mõjud. Käesolevas osas teeme vahet järgnevatel jääkide tüüpidel:

- **Peenemõõtmeline kõdupuit e risu (FWD) (sh raidmed, st ladvad ja oksad);**
- **Jäme kõdupuit (CWD) (sh püstisurnud puud, seisvad püstisurnud puud ja kõrged kännud);**
- **Madalad kännud.**

Ehkki mõned uurimused kaasavad ka kaubandusliku väärtuseta väikesi palke, mis on raiutud näiteks kommertskasutuse-eelse harvendamise või puhastustööde käigus, siis meie neid ei kaasa, sest neid ei loeta „lagupuiduks".

Siiski uurime põgusalt ka päästeraie mõju (st lagupuidu eemaldamist pärast mitmesuguseid looduslikke häiringuid).

Stokland et al. (2012) määratlevad terminit *saproksüülne* kui „liik, kes sõltub oma elukaare mingis faasis elavate, nõrgestunud või surnud puude kahjustatud või kõdunevast puidust". Käesolevas peatükis ei kavatse me minna sügavuti saproksüülsesse ökoloogiasse, kuid mõned märkused sellel teemal on olulised, et mõista võimalikke negatiivseid mõjusid, mis võib olla raiejääkide eemaldamisel metsa ökosüsteemidest.

Saproksüülsete toiduvõrkude lihtsustatud skeem hõlmab lagundajaid – seeni ja baktereid–, kes lagundavad ensümaatilise seedimise läbi puidu polümeere, nagu ligniin ja tselluloos, et toota orgaanilisi polümeere ja monomeere, ning detrivoorseid liike, kes tarbivad nii kõdunevat puitu kui ka seeni ja baktereid endid. Detrivooride hulka kuuluvad peamiselt saproksüülsed mardikad, sääsed ja kärbsed, termiidid ja lestad (Stokland, 2012). Mitmed nimetatud liikidest toetavad seente lagundavat funktsiooni kõduneva puidu täiendava mehaanilise lagundamisega (Garrick et al., 2019).

Peale selle on kõduneval lagupuidul teisi ökoloogilisi funktsioone lisaks toimimisele toiduainete esmase allikana; putukate, lindude ja imetajate liigid kasutavad surnud või kõdunevat puitu pesitsemiseks ning epiksüülsed samblikud ja samblad kasutavad lagupuitu kasvusubstraadina.

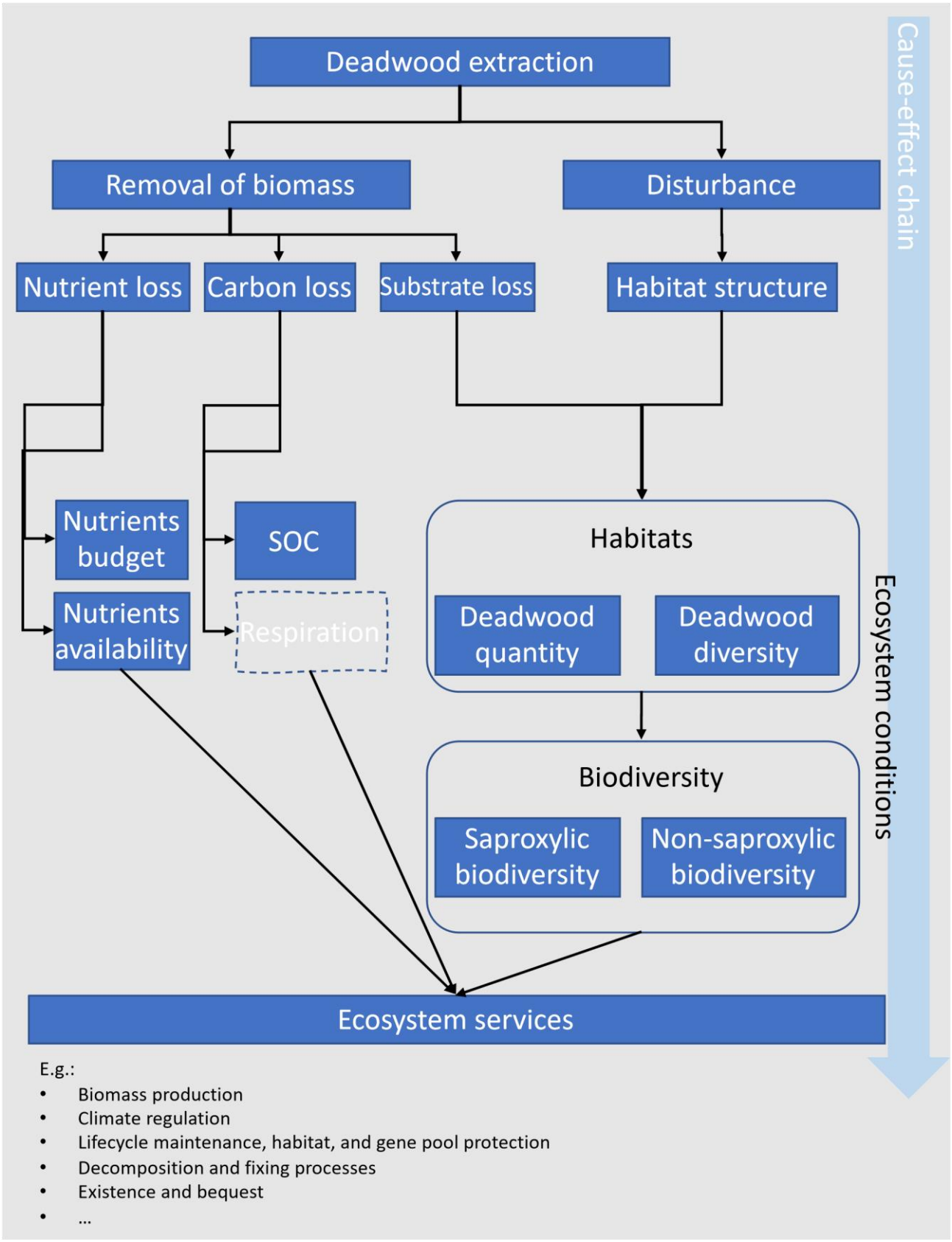
Lisaks on saproksüülsetel liikidel keskne roll toitainete ringluses hoidmisel (mineraliseerimine ja niisutamine) metsa ökosüsteemides, sest nad lagundavad ning viivad toitaineid ja süsinikku tagasi pinnasesse, kus need muutvad kättesaadavaks uutele kasvudele (Ulyshen, 2016).

Seetõttu pole lagupuit kaugeltki mitte tühipaljas „jääk", vaid mängib keskset rolli metsa ökoloogias, ning saproksüülsete liikide vähenemine kajastuks seetõttu tõenäoliselt toiduvõrgustiku kõrgematel astmetel (Moose et al., 2019; Stokland, 2012; Ulyshen, 2016).

Praegu ongi saproksüülsed liigid väga tõsiselt ohustatud taksonoomne rühm, peamiselt intensiivse kommertsmetsanduse võidukäigu tõttu, mis on muutnud metsade ökosüsteeme, vähendades vanade ja veteranpuude hulka ning dramaatiliselt vähendades lagupuidu hulka ja mitmekesisust majandusmetsades (jääkide aktiivse äraveo, päästeraie või siis pärandstruktuure hävitavate raielangu ettevalmistamise tehnikate kaudu) (Davies et al., 2008; Seibold et al., 2015b). Peamised ohustatud liigid on need, kes on spetsialiseerunud puidu kõdunemise hilisematele faasidele ja veteranpuude kõdunemisele.

Joonis 38 esitleb lihtsustatud skeemi kujul raiejääkide ja muu lagupuidumaterjali eemaldamise võimalikke mõjusid ökosüsteemi seisukorrale ja elurikkusele.

1. **Jääkide eemaldamisega:**
    - **Eemaldatakse toitained;**
        - **See võib pikas perspektiivis viia madalama tootlikkuseni;**
        - **Kuid see võib vähendada nitraadileket;**
        - **Ja see võib eemaldada N-immobilisatsiooni allika saproksüülsete seente kasvamise tõttu (eelkõige kändude puhul).**
    - **Eemaldatakse süsinikuallikas:**
        - **See võib viia mulla orgaanilise süsiniku vähenemiseni pikas perspektiivis (koos kaasnevate mõjudega metsa ökosüsteemile).**
        - **Eemaldatakse CO_2 allikas hingamise ja lagunemise kaudu (kuid see on arvesse võetud süsinikuaruandluse protsessis).**
    - **Eemaldatakse substraadid, millest sõltuvad kõik saproksüülsed liigid;**
2. **Raiejääkide kogumise ja äraveo operatsioonid võivad viia:**
    - **Kõrge ökoloogilise väärtusega muu pärandiks jäänud lagupuidu äraveo või kahjustamiseni**
      (näiteks vanemad püstisurnud puud/palgid ja muu jäme kõdupuit)
    - **Ökoloogiliste lõksude loomiseni, kui jäägikuhjad jäetakse metsa ja alles hiljem eemaldatakse ja põletatakse.**



Joonis 38. Raiejääkide äraveole järgnev põhjuslike seoste ahel. Kohandatud väljaandest: Ranius et al., 2018

Deadwood extraction – Lagupuidu äravedu; Removal of biomass- Biomassi eemaldamine; Disturbance – Häiring; Nutrient loss- Toitainete kadu, Carbon loss – Süsinikukadu; Substrate loss – Toitekeskkonna kadu; Habitat structure – Elupaiga struktuur; Nutrients budget – Toitainete eelarve; Nutrients availability – Toitainete

kättesaadavus; SOC – Mulla orgaaniline süsinik; Respiration – Respiratsioon; Habitats – Elupaigad; Deadwood quantity – Lagupuidu kogus; Deadwood diversity – Lagupuidu mitmekesisus; Biodiversity – Elurikkus; Saproxylic biodiversity – Saproksüülne elurikkus; Non-saproxylic biodiversity – Mitte-saproksüülne elurikkus; Ecosystem services – ökosüsteemi teenused; Cause-effect chain – Põhjuse-tagajärje ahel; Esosystems conditions – Ökosüsteemide olukord; E.g. – Näit.; Biomass production – Biomassi tootmine; Climate regulation – Kliima reguleerimine; Lifecycle maitenance, habitat, and genepool protection – Eluringi säilitamine, elupaiga ja geenipanga kaitse; Decomposition and fixing processes – Lagundamise ja peatamise protsessid; Existence and bequest – Olemasolu ja pärandamine

5.8.1.2 Ülevaade mõjudest ökosüsteemi seisukorra tunnustele

Joonise 38 lihtsustatud põhjuslike seoste ahela ja teiste ökosüsteemi seisukorra asjaomaste tunnuste ning joonisel 38 määratletud elurikkuse hinnangu põhjal oleme valinud järgnevad mõjukategooriad, et hinnata kirjanduses toodud raiejääkide äraveo tagajärgi:

- **(a) Elupaiga olulisus: see tunnus on põhjuslike seoste ahela kõrgemal tasandil võrreldes elurikkuse tunnuste tegelike mõjudega, kuid see on valitud jääkide äraveo mõjude näitajaks, sest liikide muutuste ulatust võidakse alahinnata ajalise nihke või muude kaasnevate muutujate tõttu (näit maastiku mõjud). Samuti kasutatakse seda, et kindlaks teha looduskaitse seisukohalt huvi pakkuvate erinevate taksonite ja liikide võimalikke mõjusid.**
- **(b) Jääkide äraveo mõjud koosluse kooseisule (näit muutused liigirikkuse näitajates või koosluste muutused)**
- **(c) Jääkide äraveo mõjud liikide populatsioonidele (näit liikide arvukus)**
- **(d) Mõjud toitainete bilansile ja olemasolule**
- **(e) Mõjud mulla orgaanilisele süsinikule**
- **(f) Mõjud metsa tootlikkusele: see tunnus on põhjuslike seoste ahelas madalamal tasandil, nii et seda võib pidada näitajaks, mis hõlmab ka toitainete kättesaadavuse ja mulla füüsilis-keemilise kvaliteedi mõjusid**

Nagu näidatud osas 5.7.2, määratleb MAES-i raamistik ära suure hulga ökosüsteemide seisukorra tunnuseid. Seetõttu tuleks seda vaadelda just nagu kõigi potentsiaalsete mõjude alamkogumit. Kutsume üles uurima hinnatud mõjusid võimaluse korral alati laiemalt, et saada veelgi täielikum hinnang, näiteks vaadeldes mõjusid teistele mullakvaliteedi ja -kvantiteedi tunnustele (erosioon, tihenemine jne) ning mõjusid põlengute või kahjurite esinemise sagedusele.

Mõjud alluvad tugevalt mitmele tegurile (Seibold et al., 2015a). Alltoodud kirjandusuuringute süntees teeb võimalikult palju vahet nendel teguritel põhinevatel arengusuundumustel (st erinevate omadustega arengusuundumustele on omistatud erinevad ID-d ehk tunnusnumbrid). Peamine erinevus põhineb ökoklimaatilistel tingimustel, bioomi ja ökosüsteemi tüübil ning vaadeldavate jääkide mõõtmetel ja tüübil.

Ulatuslikus kirjanduse tabelis, mille saamiseks võtke palun ühendust autoritega, kirjeldavad iga uurimuse kommentaarid vaadeldava taksonoomse rühma mõjusid, igas uurimuses vaadeldud ruumilisi ja ajalisi mastaape, puude liike ning teisi abiootilisi ja biootilisi tegureid.

5.8.1.3 Ülevaate tulemused: jääkide äravedu

Tabel 7 ja joonis 39 püüavad sünteesida 18 uurimuse tulemusi[41]. Allpool võtame kokku sünteesi peamised tulemused:

— Valitseb üldine üksmeel, et jäme kõdupuit (näit püstisurnud puud, palgid, kõrged kännud) on saproksüülsete liikide elupaigana ökoloogiliselt olulisem kui risu. Paljud uurimused keskenduvadki jämeda kõdupuidu tekitamise mõjule puistutes saproksüülse elurikkuse propageerimise vahendina. Vítková et al. (2018) teatab isegi, et on eksitav arvata raidmed ja madalad kännud lagupuidu kvantiteedi näitajate aruandlusse, sest neil on väga väike ökoloogiline roll (Vítková et al., 2018).

— Kaaludes lagupuidu eri tüüpide ja omaduste olulisust elurikkusele, esitab Vítková et al. (2018) selge kokkuvõtte sellest, mille poole lagupuidu majandamine tootlikes metsades püüdlema peaks:

- **Paiknemise ja korralduse mitmekesisus: päikese käes vs varjus; seisev vs maapinnal lebav lagupuit. Varjulised niisked tingimused annavad eelise seentele ja brüofüütidele, sellal kui kuivad ja soojemad tingimused sobivad saproksüülsetele mardikatele ja samblikele. Seisev lagupuit näib olevat peremeheks suuremale hulgale saproksüülsetele liikidele, kuid maapinnal lebav lagupuit näib olevat parem seentele ja brüofüütidele.**
- **Kõdunemisfaaside mitmekesisus: erinevas kõdunemisfaasis lagupuidult leiab erinevaid kooslusi. Keskmised ja kaugemale arenenud kõdunemisfaasid näivad olevat kõige soodsamad mitmele seeneliigile, sh mitmele punase nimekirja liigile. Väikesed selgroogsed eelistavad varasemas kõdunemisfaasis puid, et sealt toitu otsida.**
- **Puuliikide mitmekesisus: eelistada tuleks aeglaselt kõdunevaid liike (tamm> kuusk> männid> pöök). Laialehistel liikidel on rohkem mikroelupaiku kui okaspuudel.**
- **Lagupuidu suuruste erinevus: suuremõõtmelise lagupuidu (jäme kõdupuit) olemasolu on olulisem kui lagupuidu asend (seisev/maapinnal lebav). Suuremad mõõtmed aeglustavad ka kõdunemist, tänu millele aitavad säilitada sobivaid elupaiku pikemaks ajaks. Suuri palke ei saa asendada sama hulga väiksemate palkidega. Vajalik on ka teatud hulk peenemat risu, sest mõned liigid nõuavad väiksemat tüve ja oksi (uurimus ütleb selgelt, et ainult suurt lagupuitu pikkusega > 1 m ja diameetriga peenemas otsas > 7 cm võib pidada oluliseks saproksüülsete liikide aluseks, igasugust muud lagupuitu ei saa pidada piisavaks elupaigaks, sh väikesi kände diameetriga < 15 cm ja kõrgusega 20–30 cm ei saa pidada oluliseks elupaigaks).**

— Teised uurimused aga ei nõustu kändude ja raidmete kui ökoloogiliselt ebaoluliste kõrvaleheitmisega. Lisaks tehakse tihti vahet madalate kändude mõjude ning raidmete ja risu äraveo mõju vahel.

— Enamik uurimusi tunnistab madalaid kände oluliste elupaikadena. Ranius et al. (2018) ütleb, et põhja- ja parasvöötme metsades on leitud palju liike, sh punasesse nimekirja kantuid, raidmetelt ja kändudelt, ehkki ohustatud liike leidub üldjuhul rohkem teistelt lagupuidu tüüpidelt. Bouget et al. (2012) leidis, et madalad kännud näivad olevat liigirikkamad (männi puhul) või sama liigirikkad kui langetatud suured palgid (kuusk, kask, haab, mänd, tamm), või lausa sama rikkad kui püstisurnud puud (kuusk, tamm). Hiron et al. (2017) leidis oma Rootsi põhjavöötme metsade

[41]Juhime tähelepanu sellele, et kuna enamik läbi vaadatud uurimusi on omakorda „ülevaated" või „metaanalüüsid", siis meie süntees peegeldab palju suurema arvu uurimuste tulemusi.

uuringus, et 20% ohustatud liikidest leiti kändudelt. Ja 20 haruldase liigi puhul leiti üle 50% populatsioonist kändudelt.

— Üleüldine konsensus tundub olevat, et risu on ökoloogiliselt vähemtähtsam kui jäme kõdupuit ja madalad kännud, ka oma suhteliselt kiirema kõdunemistempo pärast, mis tähendab, et see annab elupaiga vaid liikidele, kes on kohanenud kõdunemise algfaasis oleva puiduga. Siiski leidis Bouget et al. (2012), et risu ja suuremate lagupuidu tükkidel leiduvad erinevad liikide kooslused ning et on olemas risule spetsialiseerunud liike. Lisaks ütleb uurimus, et esineb täienduvust erinevatel lagupuidu tüüpidel leiduvate liikide koosluste vahel, ja seega on võimatu asendada ühte lagupuidu kategooriat teisega. Teised uurimused nõustuvad, et lehtpuurisu võib olla peremeheks rohkematele spetsialiseerunud ja ohustatud liikidele kui okaspuujäägid.

— Raidmete ja jämeda kõdupuidu äraveo mõõdetud mõjude osas on selge üksmeel, et jämeda kõdupuidu äraveol on negatiivne mõju nii saproksüülsete liikide rikkusele kui ka arvukusele. Lisaks tõdes Riffell et al. (2011) olulist suurenemist lindude mitmekesisuses ja arvukuses, mis toetas jämeda kõdupuidu olulisust mitte ainult saproksüülsete liikide jaoks, vaid ka troofilises võrgustikus kõrgemal asetsevate uuristavate lindude toidu seisukohalt, samuti õõnsustes pesitsejatele, kes lõikavad kasu jämeda kõdupuidu pakutavast strukturaalsest mitmekesisusest.

— Tundub olevat vähem tulemusi, mis kirjeldavad üksikasjalikult jämeda kõdupuidu ja raidmete äraveo mõju elurikkusele. Nii Ranius et al. (2018) kui ka de Jong et al. (2017) viitavad sellele, et jämeda kõdupuidu äravedu ei too tõenäoliselt kaasa väljasuremist maastiku mastaabis ja et on olemas äraveo läved, mida ületades mõjud ilmnema hakkavad. De Jong et al. (2017) seavad selle läve 40% raidemete äraveole kogu maastikul ja 14% madalate kändude äraveole.

— Madalate kändude äraveo mõjusid seostatakse tavaliselt negatiivsete mõjudega liikide mitmekesisusele ja arvukusele.

— Oluline küsimus, mis kirjanduses välja joonistub, on see, kas mõjusid tuleks hinnata erinevalt, olenevalt asjaomaste liikide kaitsestaatusest. Näiteks de Jong & Dahlberg (2017) keskendusid jääkide äraveo võimalikule mõjule kaitsehuvide seisukohalt olulistele liikidele (SCI) ja punase nimekirja liikidele. Nende argument on see, et sekkumise mõjusid tuleks hinnata mitte lihtsalt suuna ja ulatuse osas, vaid ka selle ökoloogilise olulisuse osas. Seega ütlevad nad, et eesmärk ei tohiks olla mitte põhjustada negatiivset mõju mitte ühelegi liigile, vaid pigem see, et sekkumine ei tohiks põhjustada liikide kohalikku väljasuremist, seega on fookus kaitsehuvide seisukohalt olulistel liikidel, punase nimekirja liikidel või võimalikul mõjul spetsialiseerunud liikidele.

— Teised kasutavad võimalike mõjude kaalumiseks teistsugust kvalifikaatorit. Näiteks Ulyshen (2016) rõhutab teatud taksonite olulisust puidu lagunemisprotsesside edendamisel, nagu näiteks ürasklased ja termiidid, ja seega võivad mõjud nendele funktsionaalsetele rühmadele olla ökoloogiliselt suuremate tagajärgedega kui üleüldistele liigirikkuse näitajatele.

— Teised autorid pole nõus fookuse asetamisega teatud taksonitele või funktsionaalsetele rühmadele, ja toovad põhjendusi „ettevaatlikuma“ lähenemisviisi kasuks, kus iga liigi arvukuse vähenemist vaadeldakse ohtliku ja olulisena. Näiteks Sverdrup-Tygerson et al. (2014) toovad välja võimaliku ajalise nihke sekkumiste ja mõjude vahel ning et hästi tuntud „väljasuremisvõlg“ võib käivituda isegi juhul, kus lühiajalised mõjud näivad väikestena. Teine vastuargument on see, et üks Rahvusvahelise Looduskaitse Liidu (IUCN) ohustatud liikide punasesse nimekirja kandmise kriteerium on arvukuse vähenemine rohkem kui 50% võrra 10 aasta jooksul, mis tähendab, et liigid, mis pole veel punases nimekirjas, võivad sekkumise tagajärjel sinna sattuda. Snäll et al. (2017) toob selle nähtuse kohta selge näite: nad modelleerisid madalate kändude erinevate äraveoprotsentide mõju mitmetele epiksüülsete samblike metapopulatsioonidele ja avastasid, et kändude suurem äravedu võib põhjustada kuuest samblikuliigist viie kandmise punasesse nimekirja, kuna nende populatsioonid vähenevad üle 50%.

— Mis puudutab mõjusid mulla orgaanilistele ainetele, siis Thiffault et al. (2011) tõdes kogu puu raie mõjude suurt varieerumist mulla orgaanilisele süsinikule, kusjuures pooled tulemused näitasid negatiivset mõju ja teine pool mulla orgaanilise süsiniku paranenud koostist. Uurijad järeldasid, et jääkide äraveol võib olla halvem mõju muldadele, mis on juba madala süsinikusisaldusega või asuvad põhjavööndi puistutes. Kuid uuemad metaanalüüsid on jõudnud erinevatele järeldustele. Achat et al. (2015) leidis, et kogu puu raiumine võib kuni 10% võrra vähendada mulla orgaanilise süsiniku varu kõigis pinnasekihtides, võrreldes vaid tüvede langetamisega. Ehkki autorid kaasasid oma metaanalüüsi igat tüüpi jääkide äraveo (st oksad, kännud, lehestiku või nende kombinatsioonid), jagab Achat et al. (2015B) mõjud äraveetud jääkide tüübi alusel ja leiab, et ainult okste äraveol on piiratud mõju, sellal kui okstele lisaks ka lehestiku ja kändude äravedu põhjustab mulla orgaanilise süsiniku kõige suuremat kadu. Wan et al. (2018) toetab neid järeldusi, ehkki selle hinnangul on peamine erinevus mullaprofiili esimeses 20 cm, ning järeldab, et see mõju võib olla ajutine, sest erinevus mulla orgaanilises süsinikus näib ajaga vähenevat.

— Samad uurimused on ka hinnanud jääkide äraveo võimalikku mõju mulla toitainereservidele. Nii Achat et al. (2015b) kui ka Thiffault et al. (2011) tõdevad olulist lämmastiku ja fosfori kontsentratsiooni vähenemist pärast jääkide äravedu.

— Nagu toodud joonisel 38, võivad mõjud mulla orgaanilisele süsinikule, toitainete olemasolule, aga ka elurikkusele, negatiivselt mõjutada mitmeid ökosüsteemide teenuseid. Biomassi tootlikkus ja puude kasv on kaks selgepiirilist muutujat, mida on võimalik jälgida, et hinnata jääkide äraveo kombineeritud mõju. Kirjandus ei näi viitavat konsensusele seoses mõjudega metsa kasvule ja tootlikkusele. Thiffault et al. (2011) tõdes olulist istikute kõrguse vähenemist jääkide äravedamisel kuni 25 aastat pärast raiet; nad omistasid selle eelkõige lämmastiku väiksemale kättesaadavusele. Achat et al. (2015b) leidis samasugust vähenemist puukasvu parameetrites, kuid peamiselt seoses töötlusprotsessidega, nagu okste ja lehestiku äravedu, sellal kui kasvu ei mõjutanud oluliselt see, et ära veeti ainult oksad. Ranius et al. (2018) tõdes, et ainult kolmandik uurimustest järeldas puude kasvu vähenemist jämeda kõdupuidu äraveol, sellal kui kaks kolmandikku uurimustest ei leidnud mingit vahet. Madalate kändude äraveo osas leidis kolmandik uurimustest tegelikult, et kändude äraveo järel kasv suurenes. Lõpetuseks, Persson & Egnell (2018) põhjendab viimast järeldust sellega, et kändude äraveol või kändude ja raidmete äraveol ei ole negatiivseid mõjusid puistute kasvule Rootsis ja Soomes läbiviidud katsetes pikas perspektiivis (24–36 aastat pärast raiet).

— Lõpuks, selle sekkumise alamkategooriana oleme me kaasanud hiljutise Thorn et al. (2018) metaanalüüsi, mis uuris päästeraie mõju mitmele taksonile. See avastas ulatuslikke negatiivseid mõjusid saproksüülsetele liikidele eelkõige päästeoperatsioonide käigus pärast põlenguid ning tuuleheiteid ja tuulemurde. Uurijad ütlevad, et need häiringud loovad paljudele liikidele spetsiifilisi elupaiku ja struktuure, mis päästeoperatsioonide käigus ära viiakse, mis omakorda aitab lisaks kaasa olemasolevate pärandstruktuuride hävimisele. Siiski järeldavad nad, et püstisurnud puude ja loodusliku häiringu kahjustatud elementide alles jätmine ning maastikuplaneering, sh päästeraie keelutsoonid, võib oluliselt leevendada päästeraie negatiivseid mõjusid. Lisaks leiavad nad, et kahjurite puhangute järel läbi viidud päästeoperatsioonid mõjuvad taksonitele positiivselt.

Tabel 7. Raiejääkide äraveo sekkumise juhtumiuuringud ja mõjuhinnang. Halliga tähistatud hinnang tähendab, et hindamise selgitamiseks on vaja täiendavaid kommentaare.

Uuring	Geograafiline ulatus		Sekkumise üksikasjad		Mõjukategooriad					
					Elupaiga olulisus	**Koosluse koosseis (saproksüülne)**	**Liikide populatsioonid (saproksüülne)**	**Toitained**	**Mulla orgaaniline süsinik (SOC, Soil Organic Carbon)**	**Tootlikkus**
	Bioom	**Riik**	**Lagupuidu omadused** **Lagupuidu tüüp**		**Kvalitatiivne hinnang**	**Mõjuhinnang**	**Mõjuhinnang**		**Mõjuhinnang**	**Mõjuhinnang**
Koivula, 2020	Põhja/parasvööde	SE, NO, FI, EE	Jämedamõõtmeline kõdupuit (CWD, Coarse Woody Debris)			+	↘			
Gustafsson (2020)	Põhja/parasvööde	SE, NO, FI, EE, LV, LT, RU	Jämedamõõtmeline kõdupuit (CWD, Coarse Woody Debris)	kõrged kännud		+				
Gustafsson (2020)	Põhja/parasvööde	SE, NO, FI, EE, LV, LT, RU	Jämedamõõtmeline kõdupuit (CWD)	Päikese käes		+				
Sandstrom (2019)	Põhja/parasvööde	FI, EE, SE, NO, UK, US, CA, EE, AU, DE.	Jämedamõõtmeline kõdupuit (CWD)				↘	↘		
Vitkova (2018)	Parasvööde	Kesk-Euroopa	Jämedamõõtmeline kõdupuit (CWD)			+				
de Jong & Dahlberg (2017)	Põhja/parasvööde	Peamiselt SE	Jämedamõõtmeline kõdupuit (CWD)	Kõik		+				

Seibold et al. (2015)	Põhja/parasvööde	Üle maailma	Jämedamõõtmeline kõdupuit (CWD)		↘						
Lassauce et al. (2011)	Põhja/parasvööde	Üle maailma	Jämedamõõtmeline kõdupuit (CWD)	Raiepalgid	↘						
Lassauce et al. (2011)	Põhja/parasvööde	Üle maailma	Jämedamõõtmeline kõdupuit (CWD)	Seisvad püstisurnud puud	↘						
Riffell (2011)	Põhja/parasvööde	USA / CA	CWD + madalad kännud			→	↘				
Ranius et al. (2018)	Põhja/parasvööde	Põhja-Euroopa, CA, USA, AU.	Madalad kännud		+		↘			→	↗
Bouget et al. (2012)	Põhja/parasvööde	Euroopa	Madalad kännud		+						
Lassauce et al. (2011)	Põhjavööde	Üle maailma	Madalad kännud			↗					
Lassauce et al. (2011)	Parasvööde	Üle maailma	Madalad kännud			→					
Hiron et al. (2017)	Põhjavööde	SE	Madalad kännud	kuusk/kask	+						
Persson & Egnell (2018)	Põhja/parasvööde	SE, FI, CA	Madalad kännud		+ / =	↘	↘		→		→
de Jong & Dahlberg (2017)	Põhja/parasvööde	Peamiselt SE	Risu (FWD) + madalad kännud	okaspuuliigid	-						
de Jong & Dahlberg (2017)	Põhja/parasvööde	Peamiselt SE	Risu (FWD) + madalad kännud	lehtpuuliigid	+						
de Jong (2017b)	Põhja/parasvööde	Peamiselt SE	Risu (FWD) + madalad kännud			↘	→				

Mayer (2020)	Põhja/parasvööde	Üle maailma	Risu (FWD) + madalad kännud					↘		
Vitkova (2018)	Parasvööde	Kesk-Euroopa	Risu (FWD) + madalad kännud		-					
Achat et al. (2015)	Põhjavööde/ parasvööde/ troopika /subtroopika	Ülemaailmne	Risu (FWD)/ madalad kännud / lehestik					↘		
Achat et al. (2015b)	Põhjavööde/ parasvööde/ troopika /subtroopika	Üle maailma	Risu (FWD) + madalad kännud + lehestik				↘	↘	↘	
de Jong (2017b)	Põhja/parasvööde	Peamiselt SE	Risu (FWD)			↘ →				
Bouget et al. (2012)	Põhja/parasvööde	Euroopa	Risu (FWD)		+ / =					
Thiffault et al. (2011)	Põhja/parasvööde	Üle maailma	Risu (FWD)				↘ →	→	↘	
Wan et al. (2018)	Põhjavööde/ parasvööde/ troopika /subtroopika	Üle maailma	Risu (FWD)					↘		
Achat et al. (2015b)	Põhjavööde/ parasvööde/ troopika /subtroopika	Ülemaailmne	Risu (FWD)				→	→	→ ↘	
Hiron et al. (2017)	Põhjavööde	SE	Risu (FWD)	kask	+ / =					
Hiron et al. (2017)	Põhjavööde	SE	Risu (FWD)	kuusk	=					
Ranius et al. (2018)	Põhja/parasvööde	Põhja-Euroopa, CA, USA, AU.	Risu (FWD)		+				→ ↘	
Thorn et al. (2017)	Põhja/parasvööde	US, CA, ES, FR, IT, AT, EE, KR, AU	Päästeraie	pärast metsapõlengut		↘				

Thorn et al. (2017)	Põhja/parasvööde	US, CA, ES, FR, IT, AT, EE, KR, AU	Päästeraie	pärast tuulist tormi	↘
Thorn et al. (2017)	Põhja/parasvööde	US, CA, ES, FR, IT, AT, EE, KR, AU	Päästeraie	pärast putuka-puhanguid	→

5.8.1.4 Tõendite kokkuvõte

Nagu üksikasjalikult kirjeldatud osas 5.7, määratlesime ülalkirjeldatud kirjandusülevaate põhjal mõningad arenguteede arhetüübid, mis esindavad raiejääkide äravedu; seejärel oleme eelmises osas esitatud kirjanduse ülevaatele toetudes omistanud kvalifikaatori nende poolt elurikkusele avaldatavale mõjule. Arengusuundumuste arhetüübid koos vastavate kvalitatiivsete hinnangutega on kujutatud joonisel 39.

Selguse nimel määratleme siinkohal neli laiapiirlist kategooriat iga arhetüübi kvalitatiivse mõju hindamiseks elurikkusele:

- **Kõrge risk (punane rist): negatiivsed mõjud elurikkuse tunnustele või ökosüsteemi seisukorrale;**
- **Neutraalne-positiivne (roheline linnuke): tähtsusetud või positiivsed mõjud elurikkuse tunnustele või ökosüsteemi seisukorrale;**
- **Keskmine/kõrge risk (punane rist + oranž hüüumärk): valikul võivad olla negatiivsed mõjud elurikkusele või ökosüsteemide seisukorrale, kuid tegelik mõju oleneb teistest kaasnevatest muutujatest (näit lagupuidu olemasolu maastikul, kohalikud tingimused, säilitamise strateegiad, kohalik metsamajandus jne.) ja lõplik mõju võib olla neist sõltuvalt positiivne või negatiivne;**
- **Keskmine/madal risk (roheline linnuke ja oranž hüüumärk): tõenäoliselt põhjustab valik vähe või üldse mitte negatiivseid mõjusid kohalikule elurikkusele või ökosüsteemi tingimustele, kuid tuleks uurida täpseid tingimusi, et selles veenduda.**

Nimetatud nelja kategooriat ja arhetüüpe tuleks vaadelda lihtsustustena, mis kujutavad kokkuvõtlikku pilti kogu tõendusmaterjali korpusest ega püüa hõlmata kõiki eelkirjeldatud häiringuid. Ometi leiame, et süntees pakub olulist teavet, mida on seejärel võimalik analüüsida koos süsinikumõjude teabega, et teha järeldusi võimalike kompromisside kohta (vt osa 5.9). Lisaks võib neid arhetüüpe võtta kui arutelu algatust, mida võib tulevikus täiendavalt osadeks jagada ja lihvida, ning võib lisada detaile, et arhetüüpe parandada või uusi lisada. Tuleb silmas pidada ka seda, et joonisel 39 toodud kvalifikaatorid kujutavad endast arengusuundumustega kaasnevat teoreetilist riski, sellal kui nendel arenguteedel tegelikult tekkivat riski tuleks hinnata olemasolevate kohalike õigusaktide ja juhiste põhjal ning selliste reguleerivate või vabatahtlike põhimõtete tegeliku rakendamise ja jõustamise põhjal. Kuna hinnang on üldise iseloomuga, meenutame arengusuundumuste juures, millele see on kohaldatav, võimalikke turvameetmeid, mis sisalduvad säästva metsamajanduse üldpõhimõtetes ja normides ning sellega seotud sertifitseerimise programmides (metsahoolde nõukogu, 2015; Metsade Sertifitseerimise Kinnitamise Programm, 2018). Arengusuundumused, mille sertifitseerimisnormid või metsamajanduse soovitused on olulisel määral kaitstud turvameetmetega, on joonisel 39 märgitud tärniga.

Joonise 39 tulemused võib kokku võtta järgmiste punktidena:

1. **Jämedad puidujäätmed nagu püstisurnud puud, kõrged kännud ja raiepalgid omavad saproksüülsete liikide jaoks suurimat ökoloogilist rolli. Arengusuundumus nr 1 tekitab seega metsade ökosüsteemidele ilmselgelt kõrge riski. PEFC standardid soovitavad sõnaselgelt, et seisvat või langenud lagupuitu tuleb kohale jätta vajalikul hulgal ja paiknemisega, et kaitsta elurikkust. Kuid Johansson et al. (2013), Jonsson et al. (2016) ja Kuuluvainen et al. (2019) leidsid, et selle põhimõtte kajastamine praktilistes juhistes oli ebapiisav nii kvantitatiivselt kui kvalitatiivselt, ega vastanud elujõuliste ökosüsteemide säilitamise vajadustele.**
2. **De Jong & Dahlberg (2017), de Jong et al. (2017) ja teised rõhutavad, kui oluline on rakendada allesjätmise (või äraveo) lävesid ka risu ja madalate kändude jaoks. Rootsis tehtud ökoloogilise modelleerimise ja sealsete tingimuste põhjal pakuvad nad, et 50%**

raidmete ja 10–20% kändude äraveol valdavalt kuuski kandvatel maastikel võib olla piiratud või väheoluline mõju elurikkusele üldiselt ning selge mõju ainult vähestele liikidele. Thiffault et al. (2015) uuris raiejääkide (peamiselt raidmete, kännud jäeti välja) äraveo hulka põhja- ja parasvöötme katsemetsades ning tõdes, et ära veeti keskmiselt 50%, Soomes ja Rootsis aga 76%. Vabatahtlikud sertifitseerimisstandardid ei maini sõnaselgelt raidmete või madalate kändude allesjätmist, kuid kohalikud metsamajandussoovitused ja -juhised võivad seda käsitleda. Näiteks Nilsson et al. (2018) toob ära Rootsi metsaameti soovitused jätta lageraielankidel alles vähemalt 20% risust (ladvad ja raidmed). Fritts et al. (2016) toob ära USA sarnased juhised. Kirjanduse põhjal on selge, et risu ja, veelgi halvem, madalate kändude täielik äravedu kahjustaks ökosüsteemi, mistõttu kõiki arenguteid nimetatakse „väga riskantseteks", kui äravedu ületab läve.

3. **Suur osa intensiivselt majandatavatel lageraielankidel olevast lagupuidust koosneb sageli peamiselt raidmetest ja madalatest kändudest, mis võivad pakkuda olulist elupaika mitmele liigile. Ometi on selge, et lagupuidu majandamist tuleks läbi viia maastiku mastaabis (Mason and Zapponi, 2016), ja et on võimalik rakendada allesjätmise strateegiaid, et parandada ökosüsteemi seisukorda saproksüülsete liikide toetamiseks, näit jämeda kõdupuidu allesjätmine ja struktuuride, näit kõrgete kändude tekitamine, mis oleks ökoloogiliselt olulisem kui risu. Just sellisele järeldusele jõudis de Jong et al. (2017), teatades, et looduskaitse seisukohalt oleks ehk mõistlikum suurendada erinevate lagupuidu struktuuride hulka (näit kõrged kännud, jäme kõdupuit), selle asemel, et piirata madalate kändude äravedu ja – mis veelgi ebatõhusam – raidmete äravedu. Nagu rõhutatud osas 5.8.1, hoiatab Bouget et al. (2012) seevastu, et erinevad lagupuidu tüübid täiendavad üksteist elupaikadena. Nende argumentide ja alltoodud punktide põhjal kvalifitseerime arenguteid 3, 5 ja 7 kui keskmise või madala riskiga.**

4. **De Jong et al. (2017) ütleb, et lehtpuude raidmete ja kändude äravedu okaspuumetsaga maastikel tuleks vältida, ning et raidmete ja kändude äravedu lehtpuumetsaga maastikel tuleks vältida või piirata. Neid soovitusi peegeldavad arengusuundumused nr 6 ja 7, kusjuures 7. arengusuundumust kirjeldatakse kui keskmise/madala riskiga lehtpuurisu suhteliselt suurema tähtsuse tõttu.**

5. **Arengusuundumused 2 ja 3 peegeldavad lehestiku ja okaste äraveo võimalikku ohtlikkust toitainetele ja puude kasvule, nagu on rõhutanud Achat et al. (2015b). Samuti annavad metsamajandussoovitused nõu jätta jäägid koha peale teatud ajaks enne kokku kogumist, et okkad ja lehed kuivaksid ja pudeneksid. Seevastu Nilsson et al. (2018) leidis Rootsis tehtud katse põhjal, et eemaldatakse samasugune osakaal okastest olenemata sellest, kas jäägid jäetakse raielangule virna kogu suveks või viiakse kohe maanteeserva. Uurimus leidis, et allesjätmise lävi mängib toitainete säilitamisel suuremat rolli kui okaste eemaldamine. Samuti võib leida soovitusi toitainete kompenseerimiseks tuha ringlussevõtmise kaudu, olenevalt kohaliku objekti tingimustest ja jääkide äraveo tasemest. See kinnitab kõigi arenguteede puhul hinnatud kõrget riski juhtudel, kui äravedu ületab kohalikul tasandil määratletud läve. Lisaks hinnatakse arengusuundumust 3 keskmise/madala riskiga suundumuseks, sest toitainete kompenseerimine võib osutuda teatud objektidel vajalikuks.**

6. **Arengusuundumused 8 ja 9 näitavad konsensuse puudumist ja kohalike erijoonte olulisust madalate kändude äraveo mõjude hindamisel. Ehkki enamik uurimusi on ühel meelel, et äraveole maksimaalse läve seadmine on vajalik, näib puuduvat konsensus madalate kändude tegeliku ökoloogilise olulisuse osas. Persson & Egnell (2018) viitavadki sellele, et ehkki madalad kännud kujutavad endast Rootsi majanduspuistutes asuva lagupuidu peamisi komponente ja on seega oluline elupaik paljudele mittespetsialiseerunud saproksüülsetele**

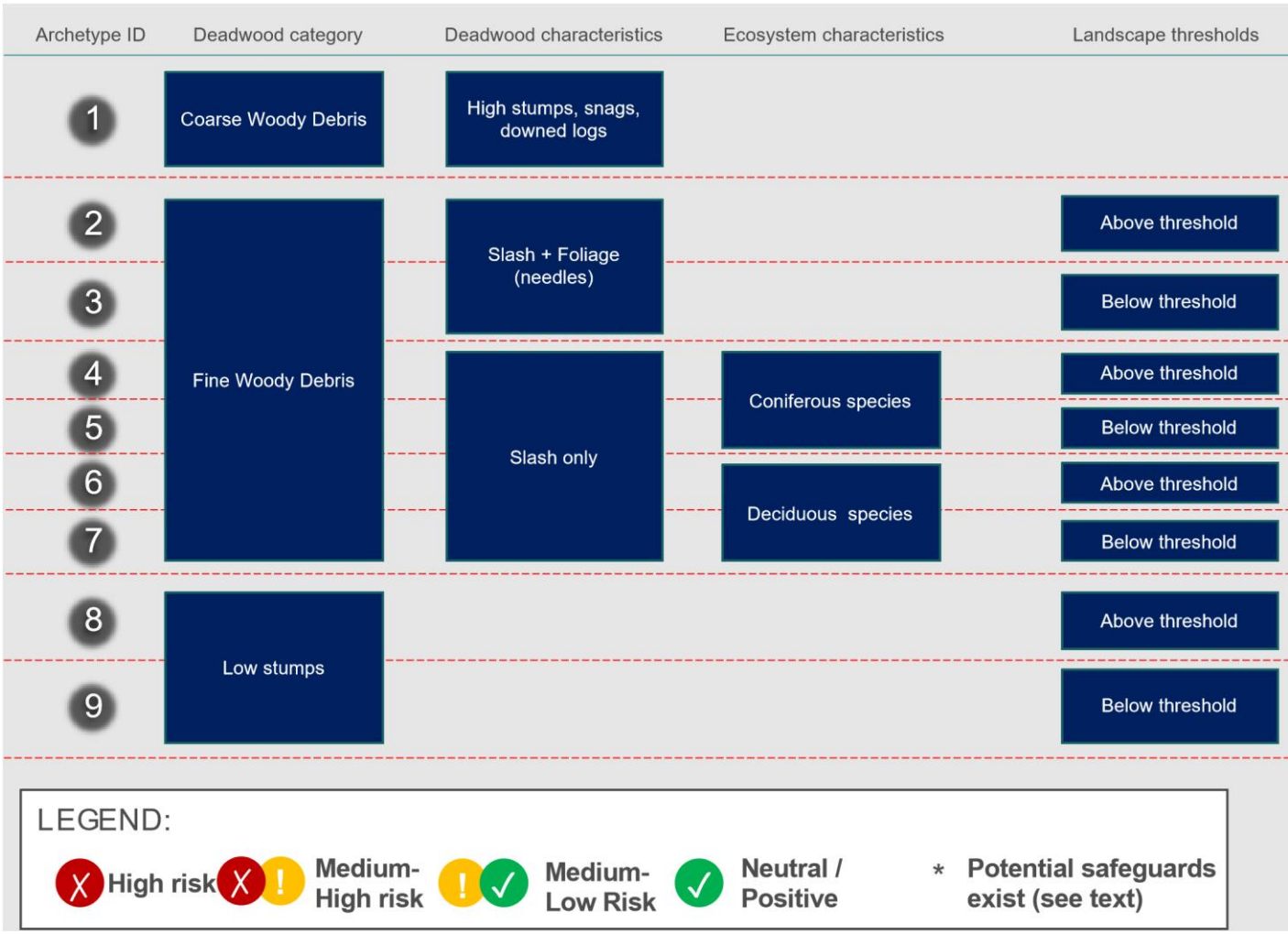
liikidele, ei põhjustaks nende äravedu väljasuremisohtu isegi spetsialiseerunud liikidele, kui äravedu piirdub 10% kogu lageraie alast.

120

Nagu rõhutatud osas 5.8.1, ei toeta teised uurimused fookuse seadmist ainult haruldastele ja punasesse nimekirja kantud liikidele. On tõenäoline, et on olemas kohalikult määratletud juhised ja soovitused kändude äraveo reguleerimiseks, nagu näiteks kirjutab Rootsi kohta Persson and Egnell (2018). Meie hinnangul tekitaks kändude äravedu üle kohalikult määratletud künnise ökosüsteemile suure riski, sellal kui kändude äravedu kuni künniseni võib siiski tekitada keskmise/kõrge riski ja seda tuleks hoolikalt kaaluda igal juhul eraldi.

7. **Lisaks hoiatab mitu uurimust, et vaja on raiejuhiseid ja raiejääkide äraveo alast koolitust, et minimeerida kahjusid teistele alles jäänud struktuuridele (näit kõrged kännud ja langetatud surnud palgid). Selle võimaliku kahjuga tegeleb säästva metsamajanduse standard (SFM); näiteks PEFC standardid ütlevad, et „hooldus- ja raietöid viiakse läbi viisil, mis ei põhjusta püsivat kahju ökosüsteemidele. Igal võimaliku juhul kohaldatakse praktilisi meetmeid elurikkuse säilitamiseks või parendamiseks“ (Metsade Sertifitseerimise Kinnitamise Programm, 2018).**

8. **Vastavalt Duncker et al. (2012) määratletud metsamajanduse lähenemisviiside raamistikule, kohalduvad kõik need arenguteed keskmise kuni kõrge intensiivsusega metsamajandusele. Madala intensiivsusega, looduslähedane metsamajandus seevastu põhineks ainult tüvede raiel.**



Joonis 39. Arhetüüpsed arengusuundumused, mis esindavad osas 5.8.1.3 kirjeldatud tõendite kokkuvõtet. Riskitäpsustid viitavad võimalikule riskile, s.t riskile, mida ei leevenda olemasolevad õigusaktid, soovitused või vabatahtlikud sertifitseerimiskavad. Tärniga arengusuundumused viitavad võimalikele turvameedetele, mida kirjeldatakse osas 5.8.1.3

Archetype ID – Arhetüübi tunnusnumber; Deadwood category – Lagupuidu liik; Deadwood characteristics – Lagupuidu tunnused; Ecosystem characteristics – Ökosüsteemi tunnused; Landscape thresholds – Maastikukünnised; Synthesis for biodiversity & ecosystem condition – Elurikkuse ja ökosüsteemi olukorra kokkuvõte; Coarse woody debris – Jäme kõdupuit; Fine woody debris – Peenemõõtmeline kõdupuit; Low stumps – Madalad kännud; High stumps, snags, downed logs – Kõrged kännud, surnud puud, langetatud palgid; Slash -+ foliage (needles) – Raifmed – lehed (okkad; Slash olny – Ainult raidmed; Coniferous species – Okaspuude liigid; Deciduous species – Lehtpuude liigid; Above threshold – Ülalpool künnist; Below threshold – allpool künnist; High risk – Kõrge risk; Medium-high risk – Keskmine-kõrge risk; Medium-low risk – Keskmine-madal risk; Neutral/positive – Neutraalne/Positiivne; Potential safeguards exist (see text) – Olemas võimalikud turvameetmed (vt teksti)

5.8.2 Metsastamine ja istandikeks muutmine: ülevaade ja kokkuvõte

Metsa laienemisest rääkides kasutatakse kirjanduses hulgaliselt eri termineid, millest igaühel on oma tähendusnüanss, mis tavaliselt kajastab analüüsitava tegevuse põhieesmärki. Mõned näited kasutatavatest terminitest on: metsamaastiku taastamine, puude istutamine, metsastamine, taasmetsastamine, kasvukoha uuendamine, metsiku looduse taastamine jne.

Käesolevas aruandes kasutame FAO (2020) antud termineid. Eriti oluline on teha selgeks metsastamise ja taasmetsastamise erinevus FAO määratluste järgi ning laiemas taastamisökoloogia alases kirjanduses kasutatud mõistete tähendus. Viimases kasutatakse sageli tähendust, et *metsastamine* on puude istutamine sinna, kus neid ajalooliselt ei olnud (kuigi kliimatingimused

võivad metsa ökosüsteeme toetada), samas kui termin *taasmetsastamine* tähistab puude istutamist (või muud looduslikku uuenemist toetavat tegevust) aladel, mis on praegusel ajal raadatud. FAO määratlusi järgides loeme me käesolevas osas siiski metsastamiseks puude ettekavatsetud istutamist või seemnetest külvamist metsata maale vaatamata sellele, milline oli ajalooline maakasutus.

5.8.2.1 Probleemi sõnastamine ja taust: miks see on bioenergia & praeguste majandamistavade seisukohalt oluline?

Griscom et al., (2017) uurisid, kuidas loodus võiks kaasa aidata kliimamuutuse leevendamisele. Nad esitasid ulatusliku analüüsi selle kohta, mida nemad nimetasid „looduslikeks kliimalahenduseteks" (NCS) (kasutatud ka terminit looduspõhised lahendused): 20 säilitamise, taastamise ja/või tõhustatud maa haldamise meedet, mis suurendaksid süsiniku ladustamist ja/või hoiaksid ära kasvuhoonegaaside heiteid üleilmsetes metsades, märgaladel, rohumaadel ja põllumajanduslikes ökosüsteemides. Metsastamine ja puude istutamine on looduslike kliimalahenduste olulised osad ning suudavad arvamuste kohaselt kliimamuutust leevendada, suurendades süsinikuvarusid biosfääris ja tootes puitu materjalide ja energeetika jaoks, samal ajal taastades kasvukohti ja parendades sellega ökosüsteemi olukorda.

Seda narratiivi võib kohata kõikjal, elurikkuse poliitikatest ja strateegiatest (EL, 2020) kliimamuutuse leevendamise mudeliteni (Harper et al., 2018), ning kindlasti bioenergeetika alases kirjanduses (Giuntoli et al., 2020b). Kuid viimasel ajal avaldatud väljaannetest nähtub, et puude istutamiste ei tuleks tingimata pidada loomupäraselt heaks, vaid seda tuleks sama põhjalikult uurida kui muid maakasutuse muutmisi (Holl and Brancalion, 2020; Lewis et al., 2019).

Lisaks võib intensiivselt majandatavate puuistandike laienemine toimuda mitte ainult praegusel metsata maal, vaid pigem kõrge keskkonnaalase väärtusega metsade arvel, näiteks looduslikult uuenevate metsade ja looduslike metsade ökosüsteemide või isegi ürgmetsade ja põlismetsade arvel. Sellise ümberkujundamisega kaasneb elurikkusele ja ökosüsteemidele märkimisväärselt negatiivse mõju avaldumise oht.[42] Selline üleminek võib olla otsene, kui ülestöötatud looduslike metsade asemele istutatakse tihe ühest kõrge tootlikkusega liigist puistu – selle näiteks on looduslike metsa ökosüsteemide asendamine kõrge tootlikkusega männiistandikega USA lõunaosas (Baker and Hunter, 2002) ning eukalüptiistandikega Loode-Hispaanias (Calviño-Cancela et al., 2012; Goded et al., 2019). Selline muutus võib toimuda ka kaudselt, turujõudude vahenduse tulemusena: näiteks kui kasumit mitte toov põllumajandusmaa jäetakse maha ja metsastatakse puuistandikega, samas kui muud loodusliku metsa alad raadatakse, et luua uus põllumajandusmaa. Hua et al. (2018) tutvustab õpetlikku näidet Hiina metsastamiskogemusest: kui metsastamise käivitajateks on lihtsalt turujõud, näiteks kui tekib suurenenud nõudlus bioenergia järele, ilma tingimuslike nõueteta, siis saab uue metsamaa peamiseks eesmärgiks tootlikkus, mis toob sageli kaasa monokultuuride istandike rajamise madala tootlikkusega põllumaale, aga kui samal ajal olemasolev nõudmine põllumajandustoodete järele ei vähene, siis võidakse osa (või kogu) metsastatud põllumaa tagasi võtta loodusliku metsa raadamisega kusagil mujal. Samuti leidis Heilmayr et al. (2020), et Tšiili metsastamistoetuste tulemuseks oli istandike netokasv otseselt või kaudselt looduslike metsade arvel, mis tõi kaasa süsinikuvarude ja elurikkuse netolanguse. Seega, hästituntud mehhanismis, mis on juba kaasa toonud toidu ja söödataimedel põhinevate biokütuste tarbimise piiramise ning Komisjoni ettepaneku taksonoomia alase delegeeritud õigusakti kohta, millega toidupõhised biokütused ja tööstuslikud lähteained arvataks välja kliimamuutuse leevendamise ja sellega

[42] Pawson et al. (2013) (Pawson et al., 2013), pag. 1205: „Maailmas, kus on suured taasmetsastamiseks sobivad kahjustatud (varem metsaga kaetud) alad, on need istandikud, mis tekkivad looduslike metsade asemele, õigusega ära teeninud kriitika."

kohanemise kestliku rahastamise süsteemist, võib ka metsastamistegevus käivitada kaudse maakasutuse muutuse, kus looduslik mets asendatakse kaudselt monokultuursete istandikega.

Nende võimalike mehhanismide alusel püütakse käesolevas osas uurida metsastamise ja istandikeks muutmise võimalikku mõju kohalikule elurikkusele.

5.8.2.2 Ülevaade mõjudest ökosüsteemi seisukorra omadustele

Metsastamise ja muutmise sekkumiste üldine mõju ökosüsteemi olukorrale ja elurikkusele sõltuvad peamiselt järgmistest parameetritest, mida on kujutatud joonisel 40:

- **ajalooline maakasutus ja kohaliku ökosüsteemi tüüp;**
- **maakasutuse üleminek (s.t eelmine maakasutus);**
- **rajamise meetod (s.t looduslik uuenemine *vs* istutamine või seemnete külvamine);**
- **istutatud metsa erisused (s.t liikide tüüp, liikide segu, istutustihedus, istandiku suurus, maastikumosaiik);**
- **istutamisjärgse majandamise eesmärgid (s.t koha ettevalmistamine, koha hooldamine, ülestöötamise meetod);**
- **maakasutuse muutusega seotud võimalik kaudne mõju**



Joonis 40. Tegurid, mis mõjutavad maakasutuse või maa majandamise muutumise mõju.

Maa kasutuse ja maa majandamise muutused võivad kohalikku elurikkust ja ökosüsteemide olukorda mitmel viisil mõjutada. Näiteks MacKay et al. (2014) ja Demarais et al. (2017) rõhutavad, et puuistandike ökoloogiline väärtus on looduslike metsadega võrreldes tihti madal mitmete tegurite tõttu, nagu näiteks:

- **puude vananemisega seotud elupaigakomponentide, nagu surnud puidu ja vanade puude vähesus**
- **nii võrastiku (ühtlase vanusega, monokultuur) kui alustaimestiku (hõre, sageli aktiivselt eemaldatud) piiratud struktuuriline mitmekesisus.**

Läbivaadatud kirjanduse põhjal võime teha kokkuvõtte, et käesoleva aruande jaoks olulised peamised mõjukategooriad on järgmised:

- **mõju koosluse koosseisule;**
- **mõju liikide arvukusele;**
- **mõju süsinikuvarule;**
- **mõju veeringlusele (metsastamisel);**
- **mõju pinnase kvaliteedile (istandikeks muutmisel).**

5.8.2.3 Ülevaate tulemused: Metsastamine

Tabel 8[43] esitab loetelu rohkem kui 30 juhtumiuuringust, kus mõõdeti metsastamise mõju mõnele ülalmainitud neljale kategooriale. Allpool võtame kokku kirjanduse ülevaate peamised tulemused:

- **Kuigi juhtumiuuringutes ei ole seda laialdaselt kajastatud, on kirjanduses selge konsensus, et ürgsete, igivanade, mitte kunagi metsa all olnud rohumaade metsastamisel võib olla väga kahjulik mõju kohalikule elurikkusele; mõned autorid võrdlevad seda mõju raadamise hävitava mõjuga (Abreu et al., 2017; Bond, 2016; Bond et al., 2019; Feurdean et al., 2018; Veldman et al., 2015a, 2015b).**
- **Poollooduslikud rohumaad ja inimtekkelised nõmmed on ökosüsteemid, kus liituses võradega mets ei kujunenud ajalooliselt välja looduslike protsesside, nagu tule või megafauna tõttu, või kohalike inimeste poolse ekstensiivse majandamise tõttu. Neis ökosüsteemides on arengu jooksul välja kujunenud kohalik elurikkus, mis on kohanenud avatud ruumiga ning liituses võradega metsaga metsastamist või puude istutamist loetakse märkimisväärseks ohuks kohalikule elurikkusele, on esile tõstnud IPBES (2018a, b). Bubová et al. (2015) kirjeldas, kuidas traditsioonilise rohumaa majandamisest loobumine, millele järgneb loodusliku metsaga asendumine või aktiivne metsastamine, on liblikaliikide mitmekesisuse vähenemise peamine tõukejõud Euroopas.**
- **Metsastamise üldine süsinikumõju tuleks õigesti välja arvutada, võttes arvesse biogeenseid süsinikuvarusid ja neeldajaid, värskelt toodetud puidu asendamise kasutegureid ning turu vahendusega maakasutusmuutuse lõplikku mõju. Üldiselt peetakse metsastamise süsinikumõju tervikuna positiivseks, kuigi selle ajaskaala võib pikk olla (Agostini et al., 2014; Giuntoli et al., 2020b). Siiski ei näita äsja istutatud metsad alati suuremaid süsinikuvarusid kui olemasolevad ökosüsteemid, eriti kui silmas pidada süsinikku mulla orgaanilises aines. Mitmes meie ülevaates kajastatud uuringus püütakse sellesse selgust tuua. Bárcena et al. (2014) leidsid, et endise põllumaa ja nõmmeala metsastamisel Põhja-Euroopas mulla orgaanilise süsiniku hulk suurenes, kuid endise rohumaa metsastamine tegelikult vähendas mulla orgaanilise süsiniku hulka isegi täiskasvanud metsade puhul (>30 aastat). Laganière et al. (2010) said oma üleilmsel metaanalüüsil samasuguseid tulemusi, et endiste põllumaade metsastamine tõi kaasa mulla orgaanilise süsiniku märkimisväärse suurenemise, kuid endiste karjamaade ja looduslike rohumaade puhul mulla orgaanilises süsinikus märkimisväärseid muutusi ei olnud. Lisaks sellele jõudsid nad järeldusele, et puuliigid (ja seega istandiku erisused) mõjutavad lõpptulemust – laialehelised metsad tekitavad kõige suurema mulla orgaanilise süsiniku kasvu ja okaspuumetsadel on sama mulla orgaanilise süsiniku tase kui eelmise maakasutuse korral. Li et al. (2012) leidsid samamoodi suurenenud mulla orgaanilise süsiniku uutes metsades endisel põllumaal ja karjamaal, kuid stabiilse või vähenenud mulla orgaanilise süsiniku hulga endisel rohumaal.**
- **Kliimamuutuse kogumõju ei määra mitte ainult süsinikubilanss, vaid ka biogeofüüsiliste parameetrite muutused, näiteks pinna peegeldumisnäitaja (albeedo) ja aurumine, avaldavad**

[43] [lisada lõppredaktsiooni, koostamisel]

tugevat mõju planeedi üldisele energiabilansile (Baldocchi and Penuelas, 2019; EU, 2016b). Kuigi see ei ole käesoleva aruande teema, on siiski huvitav märkida, et uued metsad avaldavad kindlasti mõju nii maa peegeldumisnäitajale kui veeringlusele ja kõigi nende muutuste netomõju tuleks metsastamise kui kliimamuutuse leevendamise strateegia kogumõju hindamisel asjakohaselt arvesse võtta.

- **Metsastamise mõju veeringlusele tuleks hoolikalt kaaluda, kuigi tõendid on seni veel ebaselged.. Näiteks kirjeldab Cao et al. (2011) paradoksaalset olukorda, kus metsastamist propageeriti, et peatada kuivade ja poolkuivade regioonide kõrbestumist Hiinas, kuid selle meetme tahtmatuks tagajärjeks oli, et uued kasvavad puud pidid ellujäämiseks toetuma sügavale mullaveele, mis tõi kaasa selle, et põhjaveekiht langes madalamale, mille tulemusena muud taimed surid ning ala veevaegus suurenes. Samasugustest uuringutulemustest teatas Filoso et al. (2017), kes oma metaanalüüsi kõikides uuringutes kõikide paikade kohta leidis, et metsastamistegevus avaldab negatiivset mõju veeannile. Siiski rõhutavad nad, et kõik uuringud olid lühiajalised ning pikemas perspektiivis võib veeand stabiliseeruda. Dye & Versfeld (2007) leidsid, et Lõuna-Aafrika rohumaadele rajatud eukalüptiistandikud tõid kaasa loodusliku rohumaaga võrreldes märkimisväärselt suurema aurustumise, mis omakorda tekitas äravoolu vähenemise. Cordero-Rivera et al. (2017) leidsid, et Hispaanias põhjustavad eukalüptikasvandused looduslike metsadega võrreldes märkimisväärse vee eemaldamise kohalikest vooluveekogudest.**

- **Kirjandusest võib samuti lugeda, et istandikud võivad olla seotud kõrge metsatulekahju ohuga ja madalama vastupanuvõimega kahjuritele. García-Gonzalo et al. (2012) kinnitas vanemas kirjanduses toodud tõendeid, et eukalüptipuistud on kõige kergemini süttivad, neile järgnevad okaspuud (s.t männiliigid). Kuid sellele vaidles vastu Fernandes et al. (2019), kus ei leitud märkimisväärset korrelatsiooni eukalüptipuudega metsastamise ja tulekahjude vahel Portugalis. Siiski juhtisid nad tähelepanu alamajandatud ja mahajäetud sinise eukalüpti istandike ohtudele, eriti pärast suurte tulekahjude hooaega. Cunningham et al. (2005) võrdles sinise eukalüpti istandike putukafaunat loodusliku valdavalt *Eucalyptus marginata* 'st koosneva allesjäänud metsamaa omaga, näidates, et mõned istandikes valdavad putukaliigid olid tuntud metsakahjurid.**

Elurikkusele avaldatava mõju osas rühmitame kirjandusest leitud tulemused kahe peamise juhtumi alla: 1) metsastamine intensiivselt majandatavate monokultuuri istandikega; 2) metsastamine segaliikidega (polükultuurid), kohalike puuliikidega ja madala intensiivsusega majandamine.

1) Metsastamine intensiivselt majandatavate monokultuuri istandikega

- **Elurikkusele avaldatava mõju kohta teatab Brockerhoff et al. (2008), et metsastamisel on intensiivselt majandatava põllumajandusliku põllumaaga võrreldes positiivne mõju kohalikule elurikkusele vaatamata sellele, millise istandikuga on tegemist (nt monokultuur või polükultuur). Siiski on istandiku erisustel ja istutamisjärgsel majandamisel oluline roll. Tõepoolest, Hua at al. (2016) ja Wang et al. (2019) leidsid, et Hiinas vaesunud põllumaadele intensiivselt majandatavate uute monokultuuri, nagu eukalüpti, bambuse või krüptomeeria (sugi), metsade rajamise tulemuseks oli madalam lülijalgsete ja mesilaste liigirikkus ning sama lindude liigirikkus ja arvukus. Samamoodi leidis Calviño-Cancela et al. (2012), et Loode-Hispaania eukalüptiistandikes oli madalam alustaimestiku mitmekesisus kui looduslikul võsamaal, mis kujunes välja esimesena pärast põllumaa mahajätmist.**

- **Mitmed uuringud, sealhulgas MacKay et al. (2014), Brockerhoff et al. (2008) ja Paquette & Messier (2010), tõstavad esile, et monokultuuri istandikest võib olla kasu maastiku tasandi elurikkusele:**
    - **lähedalasuvate elupaikade ressursside asendamise ja täiendamisega;**

- **leviku soodustamisega, luues koridore ja ühendades allesjäänud taimestikuga maalappe;**
- **killustunud elupaikade ümber puhvertsoonide loomisega, vähendades sel teel negatiivseid servaefekte.**

— **Tavaliselt kasutatakse metsastamisel kiiresti kasvavaid liike, näiteks perekonda *Pinus* ja *Eucalyptus* kuuluvaid puid, rajades intensiivselt majandatavaid monokultuuriistandikke. Kuid Lindenmayer et al. (2012) hoiatab jõuliselt, et väljaspool nende algset kasvukohta kasutamisel võivad need liigid olla invasiivsed ning seega tuleks nende istutamisse suhtuda ettevaatusega. Näiteks analüüsisid Calviño-Cancela ja Rubido-Bará (2013) *Eucalyptus globulus*'e invasiivset iseloomu kõige tavalisemat tüüpi ümbritsevates elupaikades Loode-Hispaanias ja tegid ettepaneku eemaldada kõik uued eukalüptivõrsed 15m raadiuses istandikust.**

2) Metsastamine segaliikidega (polükultuurid), kohalike puuliikidega ja madala intensiivsusega majandamine

— **Hua et al. (2016) ja Wang et al. (2019) uuringud näitavad, et vähese arvu liikidega (2 kuni 5 liiki) segaistandikud võivad luua paremaid elupaiku kohaliku elurikkuse jaoks. Tõesti, Wang et al. (2019) leidis, et lülijalgsete mitmekesisus oli segaistandikes monokultuuridega võrreldes märkimisväärselt suurem ja kõrgem kui põllumaadel, mida nad asendasid. Samuti leidis Hua et al. (2016), et segaliikide istutamisega põllumaale linnurikkus suurenes. Uurides muutusi taimede liigirikkuses (kõikide taksonite elurikkuse näitajana), jõudis Bremer & Farley (2010) järeldusele, et teisese metsa (mõeldud olema looduslikult uuenev mets mahajäetud mitte-metsamaal) asendamine eksootiliste liikide istandikega tõi tegelikkuses kaasa liigirikkuse vähenemise, samas kui metsastamine kohalike liikidega tõi kaasa üldise liigirikkuse suurenemise. Felton et al. (2016) uuris spetsiaalselt, milline mõju on kuuse monokultuuride asendamisel kuuse ja kase või kuuse ja hariliku männi segaliikidega puistutega Rootsis ning jõudis järeldusele, et liigirikkus ja mitmete liikide arvukus paraneks.**

— **Isegi kui elurikkuse säilitamine võib olla metsastamise sekkumiste peamine eesmärk (mida bioenergia nõudlusega seotud turujõud tõenäoliselt üksinda ei edenda, sest tõenäolisemalt toetatakse intensiivselt majandatavaid istandikke; Freer-Smith et al., 2019), võib siiski minna palju aega (sajandeid), enne kui teisesed metsad saavutavad kohalike, looduslike metsade elurikkuse taseme, näitab Curran et al. (2014).**

— **Nagu monokultuuridel, võivad ka polükultuuridel olla oluline osa maastikumosaiigi mitmekesisuse optimeerimisel, nt uute metsade paigutamisel küpsete, allesjäänud looduslike metsade lähedusse (Gomez-Gonzalez et al., 2020; Hall et al., 2012).**

Tabel 8. Metsastamise sekkumise juhtumiuuringud ja mõjuhinnang. Halliga tähistatud hinnang tähendab, et hindamise selgitamiseks on vaja täiendavaid kommentaare.

Uuring	Geograafiline ulatus	Sekkumise üksikasjad			Mõjukategooriad			
				Märkused	**Koosluse koosseis**	**Liikide arvukus**	**Süsinikuvaru**	**Veeringlus**
	Riik	**Eelmine maakasutus / võrdlus**	**Taasmetsastamise andmed**		**Mõjuhinnang**	**Mõjuhinnang**	**Mõjuhinnang**	**Mõjuhinnang**
Hall, 2012	Costa Rica	Põllumaa+karjamaad	Loodusliku metsa uuendamine	Maastiku tasandi analüüs. Peamine suundumus: loodusliku metsa laienemine	↗		↗	
Hall, 2012	Vietnam	Alepõllunduslik põllumaa	Mahajätmine & looduslik uuenemine	Maastiku tasandi analüüs. Peamine suundumus: loodusliku metsa laienemine	↗		↗	
Hua, 2016	Hiina	Põllumaa	Istandike monokultuurid (eukalüpt, bambus, krüptomeeria)	Eukalüpt: eksootiline, invasiivne, 7-aastane rotatsioon Bambus: kohalik, keskmine/kõrge intensiivsus, valikraie 1/2 aastas. Krüptomeeria: kohalik, keskmine intensiivsus, 18/20 aastane rotatsioon.	→ ↘	→ ↘		
Hua, 2016	Hiina	Põllumaa	Segamets (2–5 puuliiki)	Lepp, krüptomeeria, bambus, toona, rõõmupuu: kohalikud, majandatakse kui monokultuuri istandikke	↗	→ ↘		
Wang, 2019	Hiina	Põllumaa	Istandike monokultuurid	Eukalüpt: eksootiline, invasiivne, 7-aastane rotatsioon	↘			

			(eukalüpt, bambus, krüptomeeria)	Bambus: kohalik, keskmine/kõrge intensiivsus, valikraie 1/2 aastas. Krüptomeeria: kohalik, keskmine intensiivsus, 18/20 aastane rotatsioon.				
Wang, 2019	Hiina	Põllumaa	Segamets (2–5 puuliiki)	Lepp, krüptomeeria, bambus, toona, rõõmupuu: kohalikud, majandatakse kui monokultuuri istandikke	→			
Brockerhoff, 2008	Brasiilia	Põllumaa	Männiliikide, eukalüpti, araukaaria istandikud	Eksootiline	↗			
Bacena, 2014	Taani, Leedu, Rootsi, Soome	Põllumaa	Metsad	Andmed puuduvad			↗	
Laganiere (2010)	US, IT, Etioopia, CA, DK, Hiina	Põllumaa	Metsad	Eukalüpt, laialehised segametsad, mänd, muud okaspuud			↗	
Li (2012)	Üleilmne	Põllumaa	Metsad	Eukalüpt, laialehised segametsad, mänd, muud okaspuud			↗	
Brockerhoff, 2008	ÜK	Karjamaad	Pinus Picea, Larix istandikud	Eksootiline	↗			
Brockerhoff, 2008	Uus-Meremaa	Karjamaa / kahjustatud maa	Kiirja männi istandikud	Eksootiline. Ca 27-aastane rotatsioon	↗			
Hoogmoed (2012)	Austraalia	Karjamaad	Metsad	mitmed uuringud, sealhulgas: ühe kohaliku liigi istandikud, kohalikud segaliigid, üks eksootiline liik			→	

Laganiere (2010)	Uus-Meremaa, Austraalia, Kanada, Island	Karjamaa	Metsad	Eukalüpt, laialehised segametsad, mänd, muud okaspuud			→	
Li (2012)	Üleilmne	Karjamaa	Metsad	Eukalüpt, laialehised segametsad, mänd, muud okaspuud			↗	
Felton (2010)	Üleilmne	Karjamaa (ilma allesjäänud taimestikuta)	Istandik	Uuring keskendub 5 taksonile: linnud, taimed, imetajad, roomajad/kahepaiksed, selgrootud. Metaanalüüsil saadi märkimisväärselt teistsuguseid tulemusi, kui võrreldav maa (karjamaa) jagati allesjäänud puude/taimestikuga või ilma nendeta osadeks. Puuduvad selged andmed istandike või karjamaa majandamise kohta.	↗	↗		
Felton (2010)	Üleilmne	Karjamaa (ilma allesjäänud taimestikuta)	Istandik	Uuring keskendub 5 taksonile: linnud, taimed, imetajad, roomajad/kahepaiksed, selgrootud. Metaanalüüsil saadi märkimisväärselt teistsuguseid tulemusi, kui võrreldav maa (karjamaa) jagati allesjäänud puude/taimestikuga või ilma nendeta osadeks. Puuduvad selged andmed				

				istandike või karjamaa majandamise kohta.				
Felton (2010)	Üleilmne	Karjamaa (allesjäänud taimestikuga)	Istandik	Uuring keskendub 5 taksonile: linnud, taimed, imetajad, roomajad/kahepaiksed, selgrootud. Metaanalüüsil saadi märkimisväärselt teistsuguseid tulemusi, kui võrreldav maa (karjamaa) jagati allesjäänud puude/taimestikuga või ilma nendeta osadeks. Puuduvad selged andmed istandike või karjamaa majandamise kohta.	↘			
Felton (2010)	Üleilmne	Karjamaa (allesjäänud taimestikuga)	Istandik	Uuring keskendub 5 taksonile: linnud, taimed, imetajad, roomajad/kahepaiksed, selgrootud. Metaanalüüsil saadi märkimisväärselt teistsuguseid tulemusi, kui võrreldav maa (karjamaa) jagati allesjäänud puude/taimestikuga või ilma nendeta osadeks. Puuduvad selged andmed	→	→		

				istandike või karjamaa majandamise kohta.				
Bremer (2010)	Üleilmne	Eksootiline või kahjustatud karjamaa	Istandik		↗			
Bremer (2010)	Üleilmne	Võsamaa	Istandik	Metsastamine	↘			
Calviño-Cancela et al. (2012)	Hispaania	Võsamaa	Istandik	*Eucalyptus globulus*	↘			
Hall, 2012	Ecuador	Rohumaa	Männiistandikud	Peamine suundumus maastiku tasandil: looduslikust rohumaast istandikuks	↘		↘	
Bacena, 2014	Iirimaa	Rohumaa	Metsad	puudub			↘	
Laganiere (2010)	Uus-Meremaa, US, UK, Brasiilia, Saksamaa, Ecuador	Rohumaa	Metsad	Eukalüpt, laialehised segametsad, mänd, muud okaspuud			→	
Li (2012)	Üleilmne	Rohumaa	Metsad	Eukalüpt, laialehised segametsad, mänd, muud okaspuud			→	
Dye (2007)	Lõuna-Aafrika	Rohumaa	Istandikud					↘
Bremer (2010)	Üleilmne	Rohumaa	Istandik	Loodusliku rohumaa metsastamine	↘			
Bacena, 2014	Üleilmne	Nõmmemaa	Metsad	puudub			↗	
Felton (2016)	Rootsi	Monokultuuri istandik (>90% harilik kuusk)	Segapuude istandik	Kuuse-kase segu (kask looduslikult uuenev)	↗			

Felton (2016)	Rootsi	Monokultuuri istandik (>90% harilik kuusk)	Segapuude istandik	Kuusk - harilik mänd (mänd looduslikult uuenev)	↗			
Bremer (2010)	Üleilmne	Teisene mets	Istandik (kohalikud liigid)	Teisene mets = looduslikult uuenev mets mahajäetud maal, mis varem ei olnud mets.	↗			
Bremer (2010)	Üleilmne	Teisene mets	Istandik (eksootilised liigid)	Teisene mets = looduslikult uuenev mets mahajäetud maal, mis varem ei olnud mets.	↘			

5.8.2.4 Ülevaate tulemused: Istandikuks muutmine

Tabelis 8 on toodud looduslike metsade või ürgmetsade istandikeks muutmise mõjusid uurinud kirjandusest kogutud juhtumiuuringute loetelu.

- **Kirjanduses valitseb üldine üksmeel, et looduslike, looduslikult uuenevate metsade asendamine intensiivselt majandatavate istandikega toob vaadeldud piirkondades ja taksonites kohaliku elurikkuse jaoks kaasa negatiivsed tagajärjed. Seda kinnitavad analüüsitud juhtumiuuringud ning mitmed ülevaated istandike rolli kohta elurikkuse säilitamisel ja kliimamuutuse leevendamisel (Brockerhoff et al., 2013, 2008; Paquette and Messier, 2010; Pawson et al., 2013).**
- **Esiteks, valitseb üldine üksmeel, et piiratud majandamisega või mittemajandatavate ürgmetsade ja põlismetsade asendamisel istandikega on negatiivne mõju, nagu näitavad Bremer et al. (2010) ja Chaudhary et al. (2016) esitatud tulemused. Paljude liikide levik on rangelt piiratud looduslike põlismetsadega ja nad kaovad, kui need muudetakse istandikeks (Eckelt et al., 2018).**
- **Castaño-Villa et al. (2019) hiljutine metaanalüüs tõi esile, kuidas looduslike metsade asendamisel istandikega on negatiivne mõju lindude liigirikkusele ja asurkondade arvukusele. Nad leidsid, et eksootilistest liikidest koosnevatel istandikel oli suurem negatiivne mõju elurikkusele kui kohalike liikide istandikel. Nad selgitasid, et erinevalt eksootilistest liikidest toetab kohalike liikide istandike ja loodusliku metsa ühine evolutsiooniajalugu kohalikku, endeemset elurikkust. Lisaks sellele leidsid nad, et segaliikidega istandikel oli väiksem negatiivne mõju kui monokultuuridel, kuna struktuuriline mitmekesisus toetab lindude elurikkust. Lõpetuseks leidsid nad, et kohalike segaliikidega istandikud, mida majandatakse säilitamise eesmärgil (nt pikad rotatsiooniajad ja ühendus allesjäänud kohaliku taimestikuga maalappidega) võivad avaldada neutraalset või isegi positiivset mõju lindude liigirikkusele ja arvukusele. Neid tulemusi toetavad ka konkreetsed ja eri taksoneid käsitlevad juhtumiuuringud, millest on kirjutanud Calviño-Cancela et al. (2012), Fierro et al. (2017), Goded et al. (2019), Hua et al. (2016) ja Wang et al. (2019).**
- **MacKay et al. (2014) tõestas, et isegi küpsed istandikud (40–50 aastased kuuseistandikud Kanadas) ei suuda pakkuda sobivat elupaika lindudele, kes on kohanenud küpses vanuses metsade ja põlismetsadega. Haskell et al. (2006) toetas seda järeldust, leides, et tõrvikumänni istandikes USA kirdeosas oli linnuriikide mitmekesisus võrreldes kohalike tamme-hikkoripuu metsadega igas istandiku vanusejärgus vaesem. Nad leidsid, et männiistandikud olid vaesemad isegi linnalähedaste inimeste valduses olevate aladega võrreldes. Nad jõudsid järeldusele, et määratlused, milles istandikud looduslike metsadega kokku pannakse, annavad istandike ökoloogilisest rollist vale pildi, mis võib looduskaitsepoliitika tõsiselt eksiteele viia.**
- **Sellise haruldase ressursi nagu maa kasutuse muutmisega kaasnevad peaaegu alati kaudsed, turu vahendatud mõjud. Seega tuleb metsastamisse suhtuda nagu mis tahes muusse maakasutuse muutmisesse ning teise ja kolmanda järgu tagajärgi tuleks tähelepanelikult uurida (Hua et al., 2018).**
- **Muu kaudne mõju võib olla seotud inimkasutuses ja looduse tarbeks oleva maa eraldamise ning looduse ja inimese vahel maa jagamise (*land sparing vs. land sharing*) strateegiatega. Paquette & Messier (2010) rõhutab, et kõrge tootlikkusega istandike kasv võivad luua tingimused muude metsaalade intensiivsuse vähendamiseks ja täieliku kaitse all olevate alade laiendamiseks.**
- **Liao et al. (2010) üleilmse metaanalüüsi tulemuste kohaselt olid kogu ökosüsteemi süsinikuvarud istandikes loodusliku metsaga võrreldes 28% madalamad. See tulemus oli järjepidev kõikides süsiniku talletajates, vaatamata istandiku vanusele või istutatud puude liigile. See langeb kokku Sterman et al. (2018) süsinikuarvestuse uuringuga, mille kohaselt USA kirdeosas tamme-hikkoripuu metsade asendamine tõrvikumänni istandikega bioenergia tootmiseks ei tooks kaasa**

kliimamuutuse leevendamist enne, kui on möödunud 60–70 aastat (kui pidada silmas kivisöe asendamist) või isegi >120 aastat, kui võtta aluseks maagaasi asendamine. Samuti toob Lewis et al. (2019) välja, et looduslike metsade taastamise tulemuseks võib olla palju kõrgem süsiniku sidumise tase kui istandikes.

— **Lõpetuseks, teine Liao et al. (2012) metaanalüüs leidis, et võrreldes looduslike metsadega on istandikes märkimisväärselt halvemad mullakvaliteedi parameetreid, sealhulgas mulla lasuvustihedus ning mulla süsiniku ja lämmastiku kontsentratsioon. Seega järeldavad nad, et istandikel ei ole looduslike metsadega võrreldes mulla viljakuse säilitamisel sama funktsiooni.**

Tabel 9. ’Istandikuks muutmise’ sekkumise juhtumiuuringud ja mõjuhinnang. Halliga tähistatud hinnang tähendab, et hindamise selgitamiseks on vaja täiendavaid kommentaare.

Uuring	Geograafiline ulatus		Sekkumise üksikasjad			Mõjukategooriad			
						Koosluse koosseis	**Liikide arvukus**	**Süsinikuvaru**	**Mullakvaliteet**
	Riik	**Valdav kohalik ökosüsteem**	**Looduslik võrdlus**	**Istandiku tüüp**	**Märkused**	**Mõjuhinnang**	**Mõjuhinnang**	**Mõjuhinnang**	**Mõjuhinnang**
Hua, 2016	Hiina	Laialehine, subtroopiline igihaljas	Looduslik mets	Istandike monokultuurid (eukalüpt, bambus, krüptomeeria)	Eukalüpt: eksootiline, invasiivne, 7-aastane rotatsioon Bambus: kohalik, keskmine/kõrge intensiivsus, valikraie 1/2 aastas. Krüptomeeria: kohalik, keskmine intensiivsus, 18/20 aastane rotatsioon.	↘	↘		
Hua, 2016	Hiina	Laialehine, subtroopiline igihaljas	Looduslik mets	Segamets (2–5 puuliiki)	Lepp, krüptomeeria, bambus, toona, rõõmupuu: kohalikud, majandatakse kui monokultuuri istandikke	↘	↘		
Wang, 2019	Hiina	Laialehine, subtroopiline igihaljas	Looduslik mets	Istandike monokultuurid (eukalüpt, bambus, krüptomeeria)	Eukalüpt: eksootiline, invasiivne, 7-aastane rotatsioon Bambus: kohalik, keskmine/kõrge	↘			

					intensiivsus, valikraie 1/2 aastas. Krüptomeeria: kohalik, keskmine intensiivsus, 18/20 aastane rotatsioon.				
Wang, 2019	Hiina	Laialehine, subtroopiline igihaljas	Looduslik mets	Segamets (2–5 puuliiki)	Lepp, krüptomeeria, bambus, toona, rõõmupuu: kohalikud, majandatakse kui monokultuuri istandikke	→			
Fierro (2017)	Tšiili	Maulino mets: heitlehised liigid, valdavalt sinihall lõunapöök (*Nothofagus glauca)*	Looduslik mets	Kiirjas mänd (*Pinus radiata)*	Uuring keskendub kõdupuidus elavatele mardikatele ja kättesaadava lagupuidu kui saproksüülse elupaiga asendaja hulgale.	→ ↘			
Fierro (2017)	Tšiili	Maulino mets: heitlehised liigid, valdavalt sinihall lõunapöök (*Nothofagus glauca)*	Looduslik mets	Eukalüpt (*Eucalyptus globulus)*	Uuring keskendub kõdupuidus elavatele mardikatele ja kättesaadava lagupuidu kui saproksüülse elupaiga asendaja hulgale.	↘			
Castano-Villa (2019)	Üleilmne		Looduslik mets	Kõik	Ei hõlma õlipalmi, kohvi, kakao,	↘	↘		

					banaani, hübriidpapli istandikke				
Castano-Villa (2019)	Üleilmne		Looduslik mets	Kõik	Kohalikud liigid	↘	→		
Castano-Villa (2019)	Üleilmne		Looduslik mets	Kõik	Eksootilised liigid	↘	↘		
Castano-Villa (2019)	Üleilmne		Looduslik mets	Kõik	Segaliigid	→	→		
Castano-Villa (2019)	Üleilmne		Looduslik mets	Kõik	Monokultuurid	↘	↘		
Castano-Villa (2019)	Üleilmne		Looduslik mets	Kõik	Troopilised regioonid	↘	↘		
Castano-Villa (2019)	Üleilmne		Looduslik mets	Kõik	Parasvöötme regioonid	↘	↘		
Castano-Villa (2019)	Üleilmne		Looduslik mets	Kõik	Kaitsvad istandikud	→			
Castano-Villa (2019)	Üleilmne		Looduslik mets	Kõik	Kaubanduslikud istandikud	↘	↘		
Liao, 2012	Üleilmne		Looduslik mets	Kõik					↘
Liao, 2010	Üleilmne		Looduslik mets	Kõik				↘	
MacKay (2014)	Kanada	Kohalikud okaspuuliigid: punane, kanada	Looduslik mets	Istandik	Küpses vanuses istandikud (40–50 aastat), peamiselt	↘			

		ehk valge, must kuusk, palsamnulg			kanada ja must kuusk. Kommertskasutuse eelne, kaubanduslik harvendus, istutusjärgne herbitsiidide kasutamine				
Haskell (2006)	Ühendriigid	Looduslikud metsad koosnevad enamasti lehtpuuliikidest. Uuritud juhtumites koosneb mets enamasti tamme ja hikkoripuu puistutest.	Looduslik mets	Istandik	Tõrvikumänni istandik. Intensiivne majandamine. Uuringus võeti arvesse noorte, keskealiste ja küpses vanuses männiistandike elurikkus, kuid üldised tulemused ei muutunud.	↘	↘ →		
Cordero-Rivera et al. (2017)	Hispaania	Looduslikud metsad, kus domineerivad *Alnus glutinosa, Betula alba, Quercus robur, Salix sp., Castanea sativa, Frangula alnus, Corylus avellana* ja *Fraxinus excelsior*	Looduslik mets	Istandik	*Eucalyptus globulus*	↘			
Calviño-Cancela et al. (2012)	Hispaania	Looduslikud metsad, kus domineerib	Looduslik mets	Istandik	*Eucalyptus globulus*	↘			

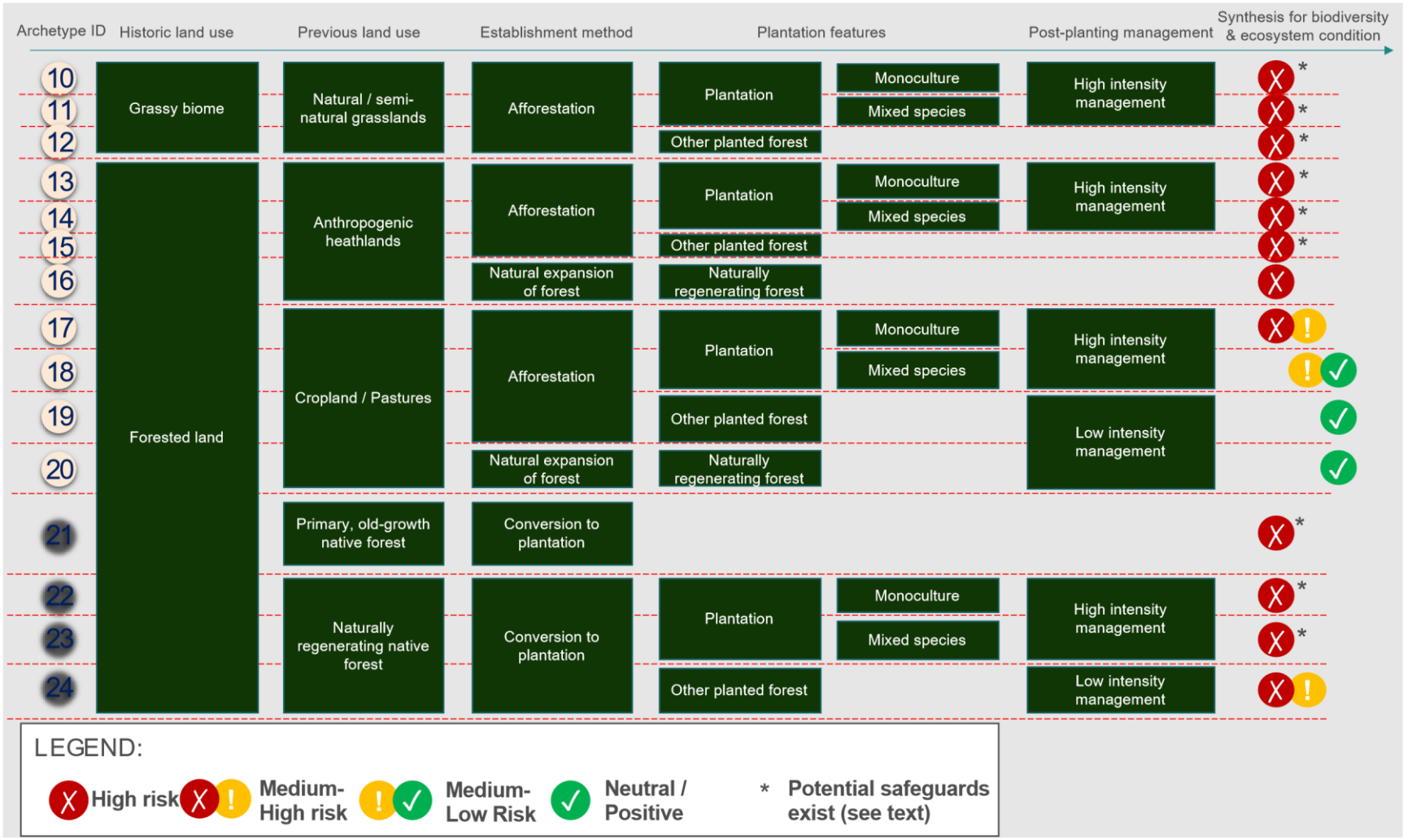
		Quercus robur							
Goded et al. (2019)	Hispaania	Looduslik heitlehine mets koosneb põhiliselt tammest (*Quercus robur*), kastanist (*Castanea sativa*) ja kasest (*Betula alba*), klassifitseeritud	Looduslik mets	Istandik	*Eucalyptus globulus*	↘	↘		
Hall, 2012	Tšiili	Parasvöötme vihmamets	Looduslik mets	Männiistandikud	Peamine suundumus maastiku tasandil: looduslikust metsast istandikuks	↘		↘	
Bremer (2010)	Üleilmne		Ürgmets	Istandik	Ürgmets = põlismets (sealhulgas vanad Euroopa metsad > 200 aastat)	↘			
Chaudhary (2016)	Üleilmne		Ürgmets	Istandik (puit)	Arvesse võetud kõik istandikutüübid (s.t sega - mono; kohalik - eksootiline jne). Aga eesmärk on puidutootmine, näiteks tuuakse tiikpuu ja palisandripuu.	↘			

Chaudhary (2016)	Üleilmne		Ürgmets	Istandik (kütus & tselluloos)	Arvesse võetud peamiselt kiirestikasvavate puukultuuride, nagu mänd, eukalüpt või akaatsia, monokultuuri istandikud. Peamine eesmärk on puidutootmine kütuseks või tselluloositootmine paberi valmistamiseks.	↘			
Chaudhary (2016)	Euroopa		Ürgmets	Istandik (puit)	Arvesse võetud kõik istandikutüübid (s.t sega - mono; kohalik - eksootiline jne). Aga eesmärk on puidutootmine, näiteks tuuakse tiikpuu ja palisandripuu.	↘			
Chaudhary (2016)	Euroopa		Ürgmets	Istandik (kütus & tselluloos)	Arvesse võetud peamiselt kiirestikasvavate puukultuuride, nagu mänd, eukalüpt või akaatsia, monokultuuri istandikud. Peamine eesmärk	→			

					on puidutootmine kütuseks või tselluloositootmine paberi valmistamiseks.				

5.8.2.5 Tõendite kokkuvõte

Eespool käsitletud kirjanduse uurimistulemuste põhjal määratlesime mõned metsastamise ja istandikuks muutmise sekkumistega seotud arengusuundade arhetüübid, võttes arvesse mõju elurikkusele ja ökosüsteemi olukorrale. Ka siin kehtivad samad kaalutlused kui osas 5.8.1.4.



Joonis 41. Osas 5.7.3 toodud tõendite kokkuvõtet kirjeldavate arengusuundade näidised. Heleoranž näidise tüübi number viitab metsastamisega seotud sekkumistele, kuid helesinine näidise tüübi number viitab istandiks muutmisele. Riskitäpsustid viitavad võimalikule riskile, s.t riskile, mida ei leevenda olemasolevad õigusaktid, soovitused või vabatahtlikud sertifitseerimiskavad.

Archetype ID – Arhetüübi number; Historic land use – Ajalooline maakasutus; Previous land use – Eelnev maakasutus; Establishment method – Rajamisviis; Plantation features – Istandiku kirjeldus; Post- planting management – Istutusjärgne majandamine; Grassy biome – Rohtlabioom; Natural/seminatural grasslands – Looduslikud/poollooduslikud rohumaad; Afforestation – Metsastamine; Plantation – Istandik; Other planted forest – Muu istutatud mets; Monoculture – Monokultuur; Mixed species – Segaliigid; High intensity management – Kõrge intensiivsusega majandamine; Forested land – Metsastatud maa; Anthropogenic heathlands – Inimtekkelised nõmmed; Natural expansion of forest – Metsa looduslik laienemine; Naturally regenerating forest – Looduslikult uuenev mets; Low intensity management – Madala intensiivsusega majandamine; Cropland / Pastures – Põllumaa / Karjamaad; Primary, old growth native forest – Ürgmets, looduslik põlismets; Conversion to plantation – Istandikuks muutmine; Naturally regenerating native forest – Looduslikult uuenev kohalik mets; High risk – Kõrge risk; Medium-High risk – Keskmine-kõrge risk; Medium-Low Risk – Keskmine-madal risk; Neutral / Positive – Neutraalne / Positiivne; Potential safeguards exist (see text) – Võimalikud kaitsemeetmed olemas (vt tekst)

Joonise 41 tulemused võib kokku võtta järgmiste punktidena:

- **Kirjanduse ülevaade on esile toonud mitu arengusuundumust, mis võivad olla kohalikule elurikkusele ja ökosüsteemide olukorrale kahjulikud. Arengusuundumused 10–12 näitavad vanade rohtla bioomide liituses võradega metsadeks muutmise negatiivset mõju. Samamoodi kajastavad arengusuundumused 13–16 inimtekkelisel nõmmemaal puude istutamise või loodusliku metsa uuenemise võimaldamisega kaasnevaid ohte koos sellega seotud avamaastiku ökosüsteemidega kohanenud liikide kadumisega. Tähelepanu tuleb pöörata sellele, et metsade sertifitseerimise programmi (PEFC) standardite kohaselt peaksid need arengusuundumused olema ebasoovitavad või täiesti keelatud: „Standardi nõuet kohaselt ei tohi toimuda ökoloogiliselt oluliste mittemetsa ökosüsteemide metsastamist, välja arvatud põhjendatud juhtudel […]" (Programme for the Endorsement of Forest Certification, 2018). Samuti oleksid need sekkumised vastuolus üleeuroopaliste taasmetsastamise ja metsastamise suunistega (Suunis nr. 18). Sellest hoolimata annavad nende suuniste vabatahtlik iseloom ja nende võimalik piiratud rakendamine väljaspool ELi põhjust kasutada nende arengusuundade iseloomustamiseks sõnu „kõrge riskiga".**
- **Samamoodi hõlmab arengusuundumus 21 ürgmetsade istandikeks muutmise kahjulikku mõju ümbritsevat konsensust. See arengusuundumus oleks ka vastuolus PEFS ja FSC standarditega, mis ei aktsepteeri mis tahes metsa muutmist istandikuks, mõned erandid välja arvatud. Lisaks sellele hõlmavad põlismetsad ELis parimal juhul 4% kogu metsaalast ning enamik neist on juba kaitse all. Kuid väljaspool Euroopat on olukord teistsugune ning seetõttu tuleb see arengusuundumus märkida kui kõrge riskiga.**
- **Arengusuundumused 17–20 kirjeldavad nüüdisajal põllumajanduslikel eesmärkidel raadatud ökosüsteemide metsastamist. Nad on osadeks jaotatud, et anda edasi võimalikke eri põhjuseid ja seega ka võimalikke erisuguseid majandamise eesmärke. Cunningham et al. (2015) käsitleb nelja laiemat keskkonnale toodava kasu kategooriat, mida metsastamine võib kaasa tuua põllumajandusliku maakasutusega võrreldes: süsiniku sidumine, elurikkuse säilitamine, veeand ja vee kvaliteet. Nad ütlevad otse, et mitte ükski metsastamisstrateegia tüüp ei vii samaaegselt kõiki keskkonnakasu kategooriaid maksimumini, mida on selgelt näha ka eelpool esitatud ülevaatest. Seda arvestades kirjeldavad arengusuundumused 19 ja 20 olukordi, milles metsastamise peamiseks eesmärgiks ei ole mitte ainult puidu tootmine, vaid pigem tootmine ja elurikkuse kaitsmine korraga. Seepärast võib selline metsa laienemine toimuda aktiivse puudeistutamise teel või loodusliku metsa järelkasvu jaoks tingimuste loomisega. Istutamisstrateegial ja istutamisjärgsel majandamisel on oluline osa elurikkuse jaoks positiivsete tulemuste saavutamisel. Mitmed uuringud (Calviño-Cancela et al., 2012; Castaño-Villa et al., 2019; MacKay et al., 2014; Paquette and Messier, 2010; Pawson et al., 2013) annavad mõningaid praktilisi soovitusi elurikkuse suurendamiseks istutatud metsades. Kui rakendada järgmisi majandamisstrateegiaid (mida me määratleme kui „madala intensiivsusega majandamine" ja mis sarnaneb Dunckeri määratlusega „looduslähedane metsandus" (Duncker et al., 2012)), siis võib need arengusuundumused lugeda kohalikule elurikkusele positiivse mõjuga suundumusteks. Samuti arvatakse, et need arengusuundumused on suurendanud vastupidavust looduslikele häiringutele ja seega vähendanud haavatavust tulevase kliimamuutuse suhtes (Seidl et al., 2016). Tähelepanu tuleks pöörata veel sellele, et üleeuroopalised metsastamise ja taasmetsastamise suunised soovitavad samuti mitut mainitud lähenemisviisidest, sealhulgas kohalike liikide eelistamist (nr 19), võimalike invasiivsete eksootiliste liikide vältimist (nr 21), struktuurilise ja liikide mitmekesisuse edendamist (nr 23), maastiku ühenduvuse edendamist (nr 24), keemiliste ainete vältimist (nr 25) ning mulla ja vee kvaliteedi ja kvantiteedi kaitsmist (nr 26).**
    - **Puistu tasandil:**
        - **vältida loodusliku taimestiku kõrvaldamist enne istutamist;**
        - **eelistada tuleks kohalike liikide istutamist;**

- **eksootiliste liikide istutamisel vältida võimaliku invasiivse iseloomuga liike;**
- **rakendada puude struktuurilist ja liigilist mitmekesisust (s.t polükultuurid, segaliikide istutamine);**
- **struktuuriline ja liigiline mitmekesisus on soovitav ka alustaimestikus, seega vähendada konkurentsi kontrollimise intensiivsust;**
- **pikad rotatsiooniajad ja pärandstruktuuride alleshoidmine (s.t küpses eas puud või lagupuit).**

- **Maastiku tasandil:**
  - **allesjäänud loodusliku ja põlismetsa kaitse;**
  - **puistuvanuste ja puuliikide mosaiikide loomine, sealhulgas puistud, millel lastakse saavutada küps vanus;**
  - **elupaiku ühendavate koridoride loomine.**

— **Arengusuundumused 17 ja 18 kajastavad tingimusi, milles rajatakse istandikud peamise eesmärgiga maksimeerida puidu tootlikkust ja mida seetõttu intensiivselt majandatakse. Need suundumused langeksid kategooriatesse, mida Duncker et al. (2012) määratleb kui „intensiivne ühtlase vanusega metsandus ja „lühikese rotatsiooniga metsandus“, mis hõlmab selliseid tegevusi nagu nt lühikesed rotatsioonid, väetamine, asukoha ettevalmistamine, surnud puidu väljavedu, kiire kasvuga liigid jne. Neid arengusuundumusi eristatakse ühe liigi või mitme liigi istutamise põhjal. Läbivaadatud kirjandus on tõesti välja toonud, et monokultuuridega metsastamisel võib olla mõningane negatiivne mõju kohalikule elurikkusele ja kohalikule veeringlusele. Sellele vaatamata võib monokultuuride istandikel olla oluline osa maastikumosaiigis ning isegi eri liikidest moodustatud monokultuuri puistute võrgustik võib kahjustatud endise põllumajandusmaaga võrreldes luua piisavalt mitmekesise struktuuri kohaliku elurikkuse säilitamiseks või parendamiseks (Hua et al., 2016). Seetõttu loetakse suundumuse 17 riskitaset keskmiseks-kõrgeks. Teisest küljest võivad puuliikide segu kasutavad istandikud olla sama tootlikud või tootlikumadki kui monokultuurid (Hulvey et al., 2013). Selles valdkonnas on uurimine alles käimas ja uurimistöö keskendub kõrge vastastikuse täienduvusega tõhusate liikidesegude väljatöötamisele, et sel viisil tagada kõrge tootlikkus, suurendades samal ajal vastupanu ja kohanemise võimekust ning paranenud struktuurset ja funktsionaalset mitmekesisust (Forrester, 2014; Liu et al., 2018; Thompson et al., 2014). Lisaks sellele tuleks kavandada paremaid istandikke, et suurendada vastupanuvõimet kahjuritele ja kliimamuutusega kohanemise võimekust (Brockerhoff et al., 2013; Paquette and Messier, 2010; Pawson et al., 2013). Seetõttu loetakse suundumuse 18 riskitaset keskmiseks-madalaks, sest istutamiste kavandamise optimeerimist on võimalik saavutada.**

Need suundumused võivad olla tihedalt seotud bioenergia nõudlusega, sest kui metsastamise käivitajaks on peamiselt majanduslikud jõud, võib lühiajalise majandusliku kasu surve toetada kiiresti kasvavatel eksootilistel liikidel põhinevate intensiivselt majandatavate monokultuuride rajamist (Freer-Smith et al., 2019).

— **Suundumused 22–24 kajastavad mitme uuringu järeldust, et kohalikke looduslikult uuenevaid metsi ei tohiks muuta istandikeks. Arengusuundumuste arhetüübid kajastavad ainult võimalikke otseseid mõjusid ja ei käsitle kaudseid tegureid. Sellel põhjusel klassifitseeritakse suundumused 22 ja 23 kui kõrge riskiga, vaatamata võimalusele, et istandike rajamine võib kaudselt aidata kaasa maastikul paiknevate looduslike metsade säilitamisele ja täielikule kaitsele (nagu on arvanud Paquette & Messier (2010). Kui säilitamine ja täielik kaitse tehtaks muutmise tingimusteks, siis võiks üldine mõju olla teistsugune, aga käesoleva kokkuvõtte eesmärgiks ei ole seda hinnata. Lisaks sellele võib istandike lihtsustatud struktuur muuta nad looduslike metsadega võrreldes vähem vastupanuvõimeliseks**

looduslikele häiringutele ja rohkem mõjutatavaks kliimamuutuse poolt (Seidl et al., 2016). Tuleb märkida, et FSC standard nr 6.9 keelab sõnaselgelt looduslike metsade muutmise istandikeks ja standardi nr 6.10 kohaselt võetakse kõigilt pärast 1994. aastat looduslike metsade asemele rajatud istandikelt sertifitseerimise võimalus, teatavad erandid välja arvatud.

— Lõpetuseks, suundumus 24 hõlmab olukordi, kus looduslikult uuenev mets muudetaks madala majandamisintensiivsusega istutatud metsaks. Castaño-Villa et al. (2019) teatavad, et sellisel muutmisel on lindude liigirikkusele neutraalne mõju ja arvukusele isegi positiivne mõju. Siiski määratakse sellele keskmine-kõrge riskitase, sest negatiivse mõju vältimiseks tuleb hinnata mitmeid kohalikke tingimusi. Sellele vaatamata võib see arengusuundumus olla väga oluline, sest istutatud metsade ja istandike osakaal on suurenemas, samas kui looduslikud metsad vähenevad. Kuna nõudlus puidu ja eriti bioenergia järele kasvab, võib istutatud metsadel olla üha suurem roll metsa elurikkuse jaoks sobivate elupaikade säilitamisel.

5.9 Kokkuvõte ja hinnang: kliima ja ökosüsteemide tervis

5.9.1 Kvalitatiivne hinnang

Nagu osas 5.7 kirjeldati, on meie eesmärgiks püüda tuua välja võimalikud kompromissid süsinikumõju ja elurikkuse vahel mitmete bioenergia arhetüüpsete arengusuundumuste puhul. Elurikkusele avaldatava mõju kvalitatiivse hindamise tulemused on üksikasjalikult esitatud osas 5.8, aga tabeli 10 eesmärgiks on selgitada süsinikumõju hinnanguid.

Tabel 10. Analüüsitud arengusuundumuste arhetüüpide tasuvuse aja hindamine

Arengusuundumuse arhetüüp	Eeldatav mõju bioenergia süsinikuarvestusele
Suurenenud peenemõõtmelise kõdupuidu väljavedu, madalad kännud, jäme kõdupuit	Sõltub tugevalt arvestatavatest lagunemisnäitajatest. Näiteks, (Giuntoli et al., 2015) ja (Giuntoli et al., 2016) leidsid, et jäägid lagunemiskiirusega 11,5%/aastas leevendaksid kliimamuutust maagaasiga kütmise ja maagaasielektriga võrreldes pärast ligikaudu 20 aastat, aga jääkidel, mille lagunemiskiirus on väiksem kui 2,7%/aastas, kulub tasuvuse saavutamiseks maagaasiküttega võrreldes rohkem kui 86 aastat või ELi praeguse energiatootmise seguga võrreldes rohkem kui sajand. **Seega saavutab peenemõõtmeline kõdupuit süsinikuheite leevendamise tõenäoliselt lühikese ajaga.** Kuid teadete kohaselt on madalate kändude lagunemiskiirus vahemikus 0,7%/aastas kuni lausa 11%/aastas (Persson and Egnell, 2018) olenevalt kliimatingimustest ja liigist. Kui lugeda parasvöötme/boreaalsete metsade tüüpiliseks lagunemiskiiruseks vahemikku 3 kuni 6%/aastas, tähendab see, et kännud ei jõua kliima leevendamiseni enne 50 aastat. Seda kinnitab ka (Laganière et al., 2017). Kuid muude kliimamuutuste tasemete osas osutame me määrematuse vahemikule. **Jämeda kõdupuidu tõenäoline lagunemiskiirus on madal ja tasuvuse aeg väga pikk.**
Looduslike metsade muutmine kiiresti kasvavateks istandikeks.	Selline üleminek toob kaasa suure süsiniku vabanemise muutmise ajal koos madalama süsinikuvaruga puistu küpsuse ajal ning võimaliku madalama süsinikuvaru mullas. (Agostini et al., 2014) leidis, et keskpikas perspektiivis on tõesti võimalik saavutada leevendamine biomassi tootmise suurema ulatuse tõttu istandikus.. (Sterman et al., 2018a, 2018b) uuris seda suundumust USA lõunaosas ja leidis, et kivisöe asendamise korral oleks tasuvuse aeg 60–70 aastat ja maagaasi asendamise korral 120 aastat.
Metsastamine	Metsastamistegevuse tulemusena toodetud bioenergia saavutaks süsinikuheite leevendamise lühikese ajaga, mõnest aastast mõne aastakümneni, sõltuvalt taasmetsastatud maa taimestiku tüübist, hulgast ja olukorrast ning taasistutatud liikidest, nende mitmekesisusest ja vajalikust tegevusest (Agostini et al., 2014; Gaboury et al., 2009; Lemprière et al., 2013). **Selle tulemuseks olev metsastamissuundumuste süsinikutasakaal pärineks kahe peamise komponendi kogumõjust: 1) maapealse süsinikuvaru kogunemise dünaamika ja üldine erinevus püsiseisundis; 2) toodetud bioenergia asendusmõju.** **Kui teine punkt hakkaks mõju avaldama alles pärast esimest raiet (s.t ühe rotatsiooniperioodi aega sõltuvalt istandiku tüübist ja istandikujärgsest majandamisest), võib esimene komponent hakata kasulikku mõju avaldama juba lühikese aja jooksul sõltuvalt maa eelmisest kasutusest ja seisukorrast.** **Näiteks oletatakse, et süsinikuheite leevendamine looduslikult uuenevate ja madalama intensiivsusega majandatavate metsades on istandikega võrreldes aeglasem nende madalama kasvukiiruse tõttu.** **Kuigi ülevaade näitab, et rohumaade metsastamisel oleksid istandike mulla orgaanilise süsiniku varud samasugused või isegi madalamad kui looduslikel rohumaadel, võib maapealse biomassi kasvu ja fossiilsete allikate asendamise mõju tulemusena seotud täiendav süsinikuvaru leevendada kliimamuutust keskmises perspektiivis.** **Tähelepanu tuleks pöörata sellele, et käesolev analüüs ei kajasta kaudset mõju; endiste põllumajandusmaade laiaulatuslik metsastamine võib põhjustada kaudset maakasutuse muutust, mida tuleks nõuetekohaselt hinnata.**

Lisaks sellele on tabelis 11 kokku võetud biomassi või maakasutuse võrdlusalused / alternatiivid iga sekkumistüübi jaoks. Neid alternatiive peetakse samaks mõjude hindamisel nii ökosüsteemide olukorrale

kui süsinikuheidetele. Hinnangu kvalitatiivse iseloomu ja laiaulatuslike valitud kategooriate tõttu ei pruugi konkreetse valitud alternatiivi roll olla lõpptulemuse jaoks määravaks teguriks, kuid sellele vaatamata tuleks tabelis 12 ja tabelis 13 toodud mõjuhinnangut alati tõlgendada arvesse võetud alternatiividest sõltuvana. Tähelepanu tuleks pöörata sellele, et kõik arvesse võetud alternatiivid kajastavad *status quo* jätkumist.

Tabel 11. Iga sekkumistüübi korral arvesse võetud alternatiivide kokkuvõte

Sekkumise tüüp	Alternatiiv biomassi/maa kohta	Energiaallika alternatiiv
Raiejääkide äravedu	**Ainult tüvede raie. Jäägid jäetakse metsa alla eri kiirusega lagunema (vt tabel 10)**	**Fossiilsed allikad**
Metsastamine	**Endine maakasutus säilitatakse**	**Fossiilsed allikad**
Istandikuks muutmine	**Looduslikult uueneva metsa majandamisrežiim jätkub muutusteta.**	**Fossiilsed allikad**

Tabel 12 ja tabel 13 võtavad kokku kahe mõjukategooria kõik arhetüübid ja kvalitatiivse hinnangu. Joonisel 42 on kujutatud tulemusi graafiliselt, et tõsta esile kompromisse. Kuigi arvame, et selline kokkuvõtlik hinnang võib olla esialgseks aluseks läbirääkimistele ja arutelule metsa bioenergia tuleviku üle, rõhutame siiski, et see hinnang on puhtalt kvalitatiivne ja kajastab paratamatult meie isiklikku arvamust; teised autorid võivad täpselt sama kirjandust läbi vaadates jõuda mõnevõrra teistsugustele järeldustele. Seega kutsume teadlasi üles samasuguseid hinnanguid esitama, kas meie omadega sarnaseid kvalitatiivsete meetodite abil või kasutades kvantitatiivseid vahendeid (kui võimalik ja kui need on saadaval), et toetada poliitika kujundajaid nende juhtimises lühikese ajaga kliimamuutust leevendavate ning samal ajal kohalikku metsa elurikkust säilitavate või suurendavate bioenergia arengusuundade suunas.

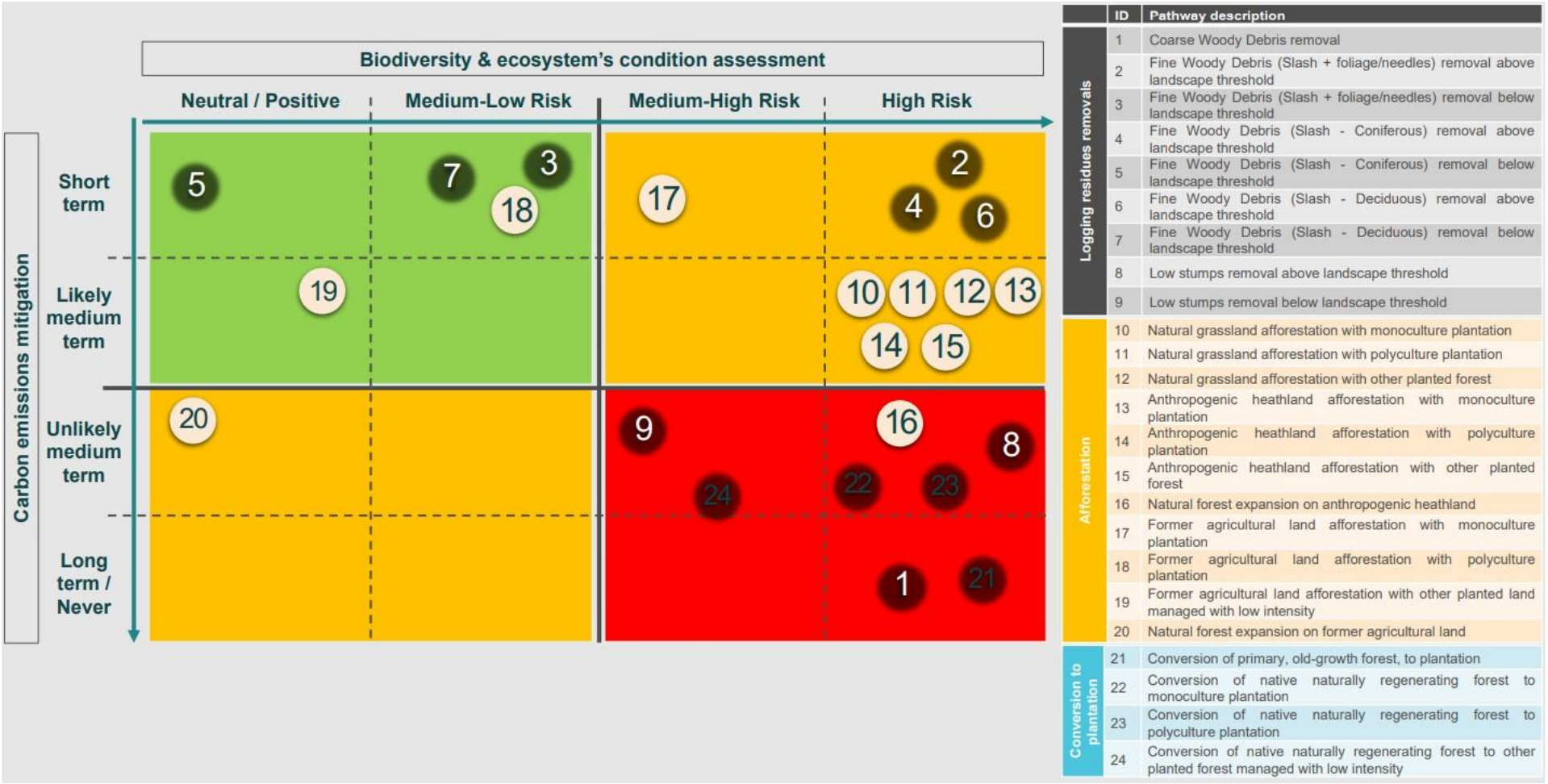
Tabel 12. Elurikkuse ja süsinikuarvestuse hinnangute kokkuvõte arengusuundumuse kohta seoses raiejääkide väljaveoga.

Sekkumine	Arhetüübi nr	Suundumuse kirjeldus	Elurikkuse mõjuhinnang	Süsiniku tasuvusaja hinnang
Raiejääkide äravedu	1	Jäme kõdupuit	Kõrge	Pikaajaline
Raiejääkide äravedu	2	Peenemõõtmeline kõdupuit. Raidmed + lehed/okkad	Kõrge	Lühiajaline
Raiejääkide äravedu	3	Peenemõõtmeline kõdupuit. Raidmed + lehed/okkad	Keskmine-madal	Lühiajaline
Raiejääkide äravedu	4	Peenemõõtmeline kõdupuit. Raidmed	Kõrge	Lühiajaline
Raiejääkide äravedu	5	Peenemõõtmeline kõdupuit. Raidmed	Neutraalne	Lühiajaline
Raiejääkide äravedu	6	Peenemõõtmeline kõdupuit. Raidmed	Kõrge	Lühiajaline

Raiejääkide äravedu	7	Peenemõõtmeline kõdupuit. Raidmed	Keskmine-madal	Lühiajaline
Raiejääkide äravedu	8	Madalad kännud	Kõrge	Ebatõenäoline keskmise pikkusega
Raiejääkide äravedu	9	Madalad kännud	Keskmine-kõrge	Ebatõenäoline keskmise pikkusega

Tabel 13. Elurikkuse ja süsinikuarvestuse hinnangute kokkuvõte arengusuundumuse kohta seoses metsastamise ja istandikega.

Sekkumine	nr	Suundumuse kirjeldus	Elurikkuse mõjuhinnang	Süsiniku tasuvusaja hinnang
Metsastamine	10	Looduslik rohumaa monokultuuri istandikuks	Kõrge	Tõenäoliselt keskmise pikkusega
Metsastamine	11	Looduslik rohumaa polükultuuri istandikuks	Kõrge	Tõenäoliselt keskmise pikkusega
Metsastamine	12	Looduslik rohumaa muuks istutatud metsaks	Kõrge	Tõenäoliselt keskmise pikkusega
Metsastamine	13	Inimtekkeline nõmmemaa monokultuuri istandikuks	Kõrge	Tõenäoliselt keskmise pikkusega
Metsastamine	14	Inimtekkeline nõmmemaa polükultuuri istandikuks	Kõrge	Tõenäoliselt keskmise pikkusega
Metsastamine	15	Inimtekkeline nõmmemaa muuks istutatud metsaks	Kõrge	Tõenäoliselt keskmise pikkusega
Metsastamine	16	Loodusliku metsa laienemine inimtekkelisele nõmmemaale	Kõrge	Ebatõenäoline keskmise pikkusega
Metsastamine	17	Endine põllumajandusmaa monokultuuri istandikuks	Keskmine-kõrge	Lühiajaline
Metsastamine	18	Endine põllumajandusmaa polükultuuri istandikuks	Keskmine-madal	Lühiajaline
Metsastamine	19	Endine põllumajandusmaa muuks madala intensiivsusega majandatud täisistutatud maaks	Neutraalne-positiivne	Lühiajaline/ Tõenäoliselt keskmise pikkusega
Metsastamine	20	Loodusliku metsa laienemine endisele põllumajandusmaale	Neutraalne-positiivne	Ebatõenäoline keskmise pikkusega
Istandikuks muutmine	21	Ürgmetsa, põlismetsa muutmine istandikuks	Kõrge	Pikaajaline
Istandikuks muutmine	22	Kohaliku looduslikult uueneva metsa muutmine monokultuuri istandikuks	Kõrge	Ebatõenäoline keskmise pikkusega
Istandikuks muutmine	23	Kohaliku looduslikult uueneva metsa muutmine polükultuuri istandikuks	Kõrge	Ebatõenäoline keskmise pikkusega
Istandikuks muutmine	24	Kohaliku looduslikult uueneva metsa muutmine madala intensiivsusega majandatavaks muuks istutatud metsaks	Keskmine-kõrge	Pikaajaline



	ID	Pathway description
Logging residues removals	1	Coarse Woody Debris removal
	2	Fine Woody Debris (Slash + foliage/needles) removal above landscape threshold
	3	Fine Woody Debris (Slash + foliage/needles) removal below landscape threshold
	4	Fine Woody Debris (Slash - Coniferous) removal above landscape threshold
	5	Fine Woody Debris (Slash - Coniferous) removal below landscape threshold
	6	Fine Woody Debris (Slash - Deciduous) removal above landscape threshold
	7	Fine Woody Debris (Slash - Deciduous) removal below landscape threshold
	8	Low stumps removal above landscape threshold
	9	Low stumps removal below landscape threshold
Afforestation	10	Natural grassland afforestation with monoculture plantation
	11	Natural grassland afforestation with polyculture plantation
	12	Natural grassland afforestation with other planted forest
	13	Anthropogenic heathland afforestation with monoculture plantation
	14	Anthropogenic heathland afforestation with polyculture plantation
	15	Anthropogenic heathland afforestation with other planted forest
	16	Natural forest expansion on anthropogenic heathland
	17	Former agricultural land afforestation with monoculture plantation
	18	Former agricultural land afforestation with polyculture plantation
	19	Former agricultural land afforestation with other planted land managed with low intensity
	20	Natural forest expansion on former agricultural land
Conversion to plantation	21	Conversion of primary, old-growth forest, to plantation
	22	Conversion of native naturally regenerating forest to monoculture plantation
	23	Conversion of native naturally regenerating forest to polyculture plantation
	24	Conversion of native naturally regenerating forest to other planted forest managed with low intensity

Joonis 42. Arengusuundade näidiste kvalitatiivne hinnang nende mõju alusel kliimale ja elurikkusele. Mustad sümbolid tähistavad arengusuundi, mis on seotud „raiejääkide äraveo“ sekkumisega, kollased sümbolid viitavad „metsastamisele“ ja sinised sümbolid viitavad „istandikeks muutmise“ sekkumistele. Määramatuse vahemik on paigutatud sinna, kus süsinikuheidete tasuvusaega ei olnud võimalik paigutada ühtegi juba üldjoontes määratletud tasemesse. Sekkumiste koht igas alljaotuses on meelevaldne.

Biodiversity and ecosystem's condition assessment – Elurikkuse & ökosüsteemi olukorra hinnang; Neutral/Positive – Neutraalne/positiivne; Medium-Low Risk – Keskmine-madal risk; Medium-High Risk – Keskmine-madal risk; High Risk – Kõrge risk; Carbon emissions mitigation – Süsinikuheidete leevendamine; Short term – Lühiajaline; Likely medium term – Tõenäoliselt keskpikk; Unlikely medium term – Mittetõenäoliselt keskpikk; Long term / Never – Pikaajaline / Mitte kunagi; Logging residues removals – Raiejääkide äraveod; Afforestation – Metsastamine; Conversion to plantation – Istandikuks muutmine; Pathway description – Suundumuse kirjeldus; Coarse woody debris removal – Jämeda kõdupuidu väljavedu; Fine woody debris (slash + foliage/needles) removal above landscape threshold – Peenemõõtmelise kõdupuidu (raidmed + lehed/okkad) väljavedu ülaltpoolt maastikukünnist; Fine woody debris (slash + foliage/needles) removal below landscape threshold – Peenemõõtmelise kõdupuidu (raidmed + lehed/okkad) väljavedu altpoolt maastikukünnist; Fine woody debris (slash – coniferous) removal above landscape threshold – Peenemõõtmelise kõdupuidu (raidmed – okaspuud) väljavedu ülaltpoolt maastikukünnist; Fine woody debris (slash – coniferous) removal below landscape threshold – Peenemõõtmelise kõdupuidu (raidmed – okaspuud) väljavedu altpoolt maastikukünnist; Fine woody debris (slash – deciduous) removal above landscape threshold – Peenemõõtmelise kõdupuidu (raidmed – lehtpuud) väljavedu ülaltpoolt maastikukünnist; Fine woody debris (slash – deciduous) removal below landscape threshold – Peenemõõtmelise kõdupuidu (raidmed – lehtpuud) väljavedu altpoolt maastikukünnist; Low stumps removal above landscape threshold – Madalate kändude väljavedu ülaltpoolt maastikukünnist; Low stumps removal below landscape threshold – Madalate kändude väljavedu altpoolt maastikukünnist; Natural grassland afforestation with monoculture plantation – Loodusliku rohumaa metsastamine monokultuuri istandikuga; Natural grassland afforestation with polyculture plantation – Loodusliku rohumaa metsastamine polükultuuri istandikuga; Natural grassland afforestation with other planted forest – Loodusliku rohumaa metsastamine muu istutatud metsaga; Anthropogenic heathland afforestation with monoculture plantation – Inimtekkelise nõmmemaa metsastamine monokultuuri istandikuga; Anthropogenic heathland afforestation with polyculture plantation – Inimtekkelise nõmmemaa metsastamine polükultuuri istandikuga; Anthropogenic heathland afforestation with other planted forest – Inimtekkelise nõmmemaa metsastamine muu istutatud metsaga; Natural forest expansion on anthropogenic heathland – Loodusliku metsa laienemine inimtekkelisele nõmmemaale; Former agricultural land afforestation with monoculture plantation – Endise põllumajandusmaa metsastamine monokultuuri istandikuga; Former agricultural land afforestation with polyculture plantation – Endise põllumajandusmaa metsastamine polükultuuri istandikuga; Former agricultural land afforestation with other planted land managed with low intensity – Endise põllumajandusmaa metsastamine madala intensiivsusega majandatud täisistutatud maaga; Natural forest expansion on former agricultural land – Loodusliku metsa laienemine endisele põllumajandusmaale; Conversion of primary, old-growth forest, to plantation – Ürgmetsa, põlismetsa muutmine istandikuks; Conversion of native naturally regenerating forest to monoculture plantation – Kohaliku looduslikult uueneva metsa muutmine monokultuuri istandikuks; Conversion of native naturally regenerating forest to polyculture plantation – Kohaliku looduslikult uueneva metsa muutmine polükultuuri istandikuks; Conversion of native naturally regenerating forest to other planted forest managed with low intensity – Kohaliku looduslikult uueneva metsa muutmine madala intensiivsusega majandatavaks muuks istutatud metsaks

Kvalitatiivse hinnangu tulemused joonisel 42 näitavad, et teisest küljest on tõesti võimalik tõsta esile arengusuundumusi, mis võivad lühikese aja jooksul vähendada kasvuhoonegaaside heiteid, samas mitte kahjustades või isegi parendades metsa ökosüsteemide seisundit. Konkreetselt leiame, et raidmete kogumine kohalikult soovitatava künnise piires võiks toota energiat ilma metsa ökosüsteeme kahjustamata ja panustaks samal ajal tõenäoliselt kasvuhoonegaaside heitmete vähendamisse. Samamoodi suurendaks endise põllumajandusmaa metsastamine segaliikidega istandikega või looduslikult uuenevate metsadega maapealset neeldajat isegi enne energia jaoks biomassi tootmist ning aitaks seega kaasa kliimamuutuste leevendamisele, parendades samal ajal ökosüsteemide seisukorda.

Teisest küljest paigutatakse mitmed suundumused kõigile kahjuliku kvadranti ja neid loetakse ebasoovitavaks. Näiteks võib jämeda kõdupuidu ja madalate kändude väljavedu olla metsa ökosüsteemidele kahjuliku mõjuga, kuid samal ajal fossiilsete allikatega võrreldes mitte aidata kaasa süsiniku heidete vähenemisele lühikese või isegi keskpika aja jooksul. Kuid madalate kändude kokkukogumine ja kasutamine kohalikul tasandil kehtestatud piires kõrge lagunemismääraga kliimaaladel võiks potentsiaalselt kaasa tuua süsinikuheidete leevendamise ilma kohalikku elurikkust kahjustamata, kuid seda suundumust tuleks hinnata igal konkreetsel juhul ja selle kasutegureid ei tohiks pidada enesestmõistetavaks. Lisaks sellele, nagu võis arvata, oleks looduslike metsade ja põlismetsade muutmine istandikeks, mille eesmärk on toota puitu bioenergia jaoks, äärmiselt negatiivse mõjuga kohalikule elurikkusele ning samas ei tooks see kaasa süsiniku leevendamist lühikese-keskpika aja jooksul ning seega ei tuleks seda soovitada. Samasugused kaalutlused kehtivad ka looduslikult uuenevate metsade muutmisel kõrge intensiivsusega majandatavateks istandikeks: mõju kohalikule elurikkusele on äärmiselt negatiivne, isegi kui puidutootmine suureneb, kogunevad süsinikuheite leevendamise kasutegurid kõigest keskmise või pika aja jooksul.

Seega näitavad selle peatüki kirjanduse ülevaade ja teadmiste kokkuvõte selgelt, et sõltuvalt konkreetsest ökosüsteemist ja asjaomasest sekkumisest kaasneb igal üksikjuhul bioenergiaga seotud sekkumiste hindamisega ainult nende süsinikuheidete vähendamise potentsiaali põhjal oht vähendada selliste sekkumiste negatiivset mõju kohalikule ökosüsteemile, on oht, et koos kliimakriisi leevendamisega halveneb samas elurikkuse kriisi.

Sellest hoolimata tuleb kvadranti 2 ja 3 langevaid suundumisi hinnata ettevaatlikult. Näiteks, nagu osas 5.7 on kirjeldatud, võivad suundumused kvadrandis 2 anda märkimisväärse panuse kliimamuutuse korral, millest oleks kasu üleilmsetele ökosüsteemidele ja elurikkusele, isegi kui selle käigus kahjustatakse kohalikke ökosüsteeme. Kuid see on väga ebakindel kompromiss ja oleks vastuolus ettevaatusprintsiibiga, nagu on selgitatud osas 5.7. Näiteks võime sellest kvadrandist leida endise põllumajandusmaa metsastamise monokultuuri istandikega: see sekkumine toob tõenäoliselt lühiajalises perspektiivis kaasa süsinikuga seotud kasu, kuid mõju kohalikule ökosüsteemile tuleks hoolikalt hinnata, näiteks maastikumosaiigi haldamise ja kliimamuutustele vastupidavuse raamistikus. Looduslike rohumaade või inimtekkeliste nõmmede metsastamine tooks ka keskpikas perspektiivis kaasa kasu süsinikuheidete vallas, aga mõju kohalikule elurikkusele, eriti avamaastikuga kohanenud liikidele, võib olla laastav. Tegelikult on need tavad juba üleeuroopalistes metsastamise ja taasmetsastamise suunistes mittesoovitatavateks tunnistatud, aga kogu maailmas on nad siiski levinud (Veldman et al., 2015b, 2015a). Lisaks klassifitseeritakse selles kvadrandis tegevused, mis peaksid kestliku majandamise suunistes juba olema tunnistatud ebasoovitavateks; raidmete väljavedu väga suurtes kogustes võib olla kahjulik kohalikule elurikkusele.
Kvadrandi 3 arengusuundumuste aluseks ei ole tõenäoliselt bioenergia nõudlus, kuid nad võivad kindlasti olla olulised kaitsvate sekkumiste seisukohalt ja toota biomassi bioenergia jaoks.

5.9.2 Edasine uurimistöö

Me ei väida, et meie hinnang suudab täpselt edasi anda iga arengusuundumuse mõju; pigem on selle ülesandeks olla aluseks edasistele aruteludele ja uuringutele. Seega teeme ettepanekud mõnede tulevaste uurimissuundade kohta, mis võiksid laiendada saadaolevat tõendite baasi vastavalt käesoleva peatüki eesmärgile ja ulatusele. Kindlasti tuleb bioenergia kestlikkuse edasisel uurimisel tutvuda ka integreeritud hinnangutega sotsiaalmajanduslike mõõtmete kohta, mis jäävad käesoleva töö ulatusest välja.

Esiteks on selgelt vaja rohkem empiirilisi uuringuid andmete kogumiseks mitmete metsa majandamise tavade mõju kohta ökosüsteemide olukorrale ja elurikkuse omadustele ning kokkuvõtet, et koguda nende tulemused kokku eri distsipliinide ühendamatutest süsteemidest. Jõupingutusi selles suunas juba tehakse, näiteks käivitas Teadusuuringute Ühiskeskus hiljuti just sellel eesmärgil elurikkuse teadmuskeskuse[44].

Teiseks, seoses süsinikuheidete hindamisega: käesolevas töös käsitletud mõjud põhinevad eeldusel, et muud tingimused püsivad muutumatutena (*ceteris paribus*), seega saab selle alusel kirjeldada ainult väikese ulatusega muutusi ja see ei sobi bioenergia suuremastaapse kasutamise üldise mõju käsitlemiseks, kuna ei võta arvesse turu vahendatud mõjusid teistele sektoritele. Kirjandusest (Giuntoli et al., 2020b) võib leida mitmeid terviklikke hinnanguid bioenergia võimalikule osale kliimamuutuste leevendamise strateegiates. Kutsume uurijaid üles laiendama oma ulatuslikke süsteemseid hinnanguid, et minna süsinikuarvestusest edasi ning hõlmata rohkem elurikkuse ja ökosüsteemi olukorra näitajaid. Kuigi elurikkuse mõjuhinnangu kvantitatiivsed meetodid on alles väljatöötamisel, ei ole tavapärane metsakatte muutuste kasutamine elurikkusele avaldatava mõju analoogidena (vt nt Forsell et al., 2016) piisavalt täpne. Majandamistavade muutustel võib juba olla märkimisväärne mõju ökosüsteemidele, mis võidakse jätta kahe silma vahele, kui kasutatakse ainult maakasutuse analooge. Soovitame teadlastel tutvuda ökosüsteemide ja nende teenuste kaardistamise ja hindamise (MAES) raamistiku näitajatega, koostmaks oluliste tunnuste ja näitajate nimekirja, mida saaks kasutada ökosüsteemide olukorrale avaldatavate mõjude kvantifitseerimiseks. Võiks töötada välja mitmete kõnealuste näitajate kondamise metoodikad, et luua ökosüsteemidele avaldatava mõju kokkuvõtlikum kvantitatiivne näitaja.

Kolmandaks, elurikkusele avaldatava mõju hindamise kohta: kuigi meie keskendusime sekkumiste ja ökosüsteemide omaduste valitud alamrühmale, soovitame me teadlastel laiendada uuringut muudele sekkumistele (nt harvendamine, agrometsanduse rajamine, madalmetsade muutmine või taastamine) ning muudele omadustele (nt mõju mulla füüsilistele omadustele).

Lõpetuseks, meie tehtud hinnang eelistab kokkuvõtet konkreetsetele juhtumiuuringutele. Kuid kohalikel biootilistel, abiootilistel ja kliimatingimustel on määrav roll võimaliku elurikkusele avaldatava mõju hindamisel ning isegi kliimamuutuste mõju hindamisel. Näiteks raiejääkide äraveo mõju võib olla suures osas mõjutatud kohalikult määratletud äraveo maastikukünniste poolt ja kliimatingimused mõjutavad jääkide lagunemiskiirust ning seega nendest toodetud bioenergia mõju kliimale. Sellel põhjusel kutsume teadlasi üles tutvuma juhtumiuuringutega väiksemas ruumilises plaanis, mis võiks aidata otsustajatel edendada kohalikul tasandil kõigile kasulikke suundumusi (vt näiteks Fingerman and Carman, 2019).

5.10 Peatüki järeldused ja kesksed sõnumid

- **Selles peatükis esitatud ülevaade ja teadmiste kokkuvõte näitavad, et kõigile kasulikke metsa bioenergia suundumusi on võimalik esile tuua. Need võivad nii lühiajalises**

[44] https://knowledge4policy.ec.europa.eu/biodiversity_en

perspektiivis kasvuhoonegaaside heitmeid vähendada kui ka samal ajal mitte kahjustada või isegi parendada metsa ökosüsteemide olukorda.

- **Raidmete kogumist kohalikul tasandil soovitavate künniste piirides võib kasutada energia tootmiseks ilma metsa ökosüsteeme kahjustamata, aidates samas tõenäoliselt kaasa kasvuhoonegaaside heitmete vähendamisele.**
- **Endise põllumajandusmaa metsastamine segaliikidega istandikega või looduslikult uuenevate metsadega suurendaks maapealset neeldajat isegi enne jaoks biomassi tootmist materjaliks ja energeetikas kasutamiseks ning aitaks seega kaasa kliimamuutuste leevendamisele, parendades samal ajal ökosüsteemide seisukorda.**
- **Sõltuvalt kohalikest tingimustest, mis määravad lagunemiskiiruse metsa all, võib jämeda kõdupuidu ja madalate kändude väljavedu olla metsa ökosüsteemidele kahjuliku mõjuga, kuid samal ajal fossiilsete allikatega võrreldes mitte aidata kaasa süsiniku heitmete vähenemisele lühikese või isegi keskpika aja jooksul. Kuid madalate kändude kokkukogumine ja kasutamine kohalikul tasandil kehtestatud piires kõrge lagunemismääraga kliimaaladel võiks potentsiaalselt kaasa tuua süsinikuheidete leevendamise ilma kohalikku elurikkust kahjustamata; selliste juhtudel tuleks hinnata kohalikke tingimusi.**
- **Looduslike metsade ja põlismetsade muutmine istandikeks, mille eesmärk on toota puitu bioenergia jaoks, oleks äärmiselt negatiivse mõjuga kohalikule elurikkusele ning samas ei tooks see kaasa süsiniku leevendamist lühikese-keskpika aja jooksul ning seega ei tuleks seda soovitada. Tõenäoliselt on need suundumused olulisemad imporditud biomassi kui kodumaiste lähteainete puhul.**
- **Samasugused kaalutlused kehtivad ka looduslikult uuenevate metsade muutmisel kõrge intensiivsusega majandatavateks istandikeks: mõju kohalikule elurikkusele on äärmiselt negatiivne, isegi kui puidutootmine suureneb, kogunevad süsinikuheite leevendamise kasutegurid kõigest keskmise või pika aja jooksul.**
- **Esile toodud riskide leevendamiseks on vajalikud olemasolevad vabatahtlikud standardid ning riiklikud suunised, kuid neist võib mitte piisata. Näiteks ei saa me kommenteerida, kas sertifitseerimise standardite kohalikust ja riiklikust tõlgendamisest piisab tervemate ökosüsteemide edendamiseks ning samuti ei saa me kommenteerida selliste meetmete rakendamise edukust. Lisaks sellele jäävad sertifitseerimisstandardid vabatahtlikuks ja isegi kui sertifitseerimine on Euroopas laialt levinud, ei ole see nii ELi välistest riikidest pärinevate lähteainete puhul.**
- **Vaja on rohkem uuringuid andmete kogumiseks ökosüsteemide olukorra ja elurikkuse omaduste kohta ning kokkuvõtet, et koguda nende tulemused kokku eri distsipliinide ühendamatutest süsteemidest.**
- **Kutsume uurijaid üles laiendama oma ulatuslikke süsteemseid hinnanguid, et minna süsinikuarvestusest edasi ning hõlmata veelgi rohkem elurikkuse ja ökosüsteemi olukorra näitajaid.**
- **Ökosüsteemide ja nende teenuste kaardistamise ja hindamise (MAES) raamistiku näitajad annavad oluliste tunnuste ja näitajate nimekirja, mida saaks kasutada ökosüsteemi olukorrale avaldatava mõju hindamiseks.**
- **Käesolev aruanne keskendub sekkumiste ja ökosüsteemide omaduste valitud alamrühmale, ning meie arvates oleks hea laiendada uuringut muudele sekkumistele (nt**

harvendamine, agrometsanduse rajamine, madalmetsade muutmine või taastamine) ning muudele omadustele (nt mõju mulla füüsilistele omadustele).

- **Peame oluliseks tutvuda juhtumiuuringutega väiksemas ruumilises plaanis, mis võiks aidata otsustajatel edendada kohalikul tasandil kõigile kasulikke suundumusi.**

Metsa bioenergia süsinikumõju arvestamisest:

- **LULUCF-i määruse 2018/841 kaudu kajastub mis tahes majandamise või puidukasutuse muutuse süsinikumõju riikide kliimaaruandluses.**
- **Ettekavatsematute tulemuste (nt metsa biomassi ülemäärane kasutamine ettevõtjate poolt, mille tulemuseks on LULUCF-i arvepidamisdeebet riigi tasandil) riski ohjamiseks on ennekõike vaja riikide kõrgemat teadlikkust REDII/ETS-LULUCF seostest ja nendega seotud kompromissidest. See teadlikkus peaks siis kajastuma riikide asjakohastes kavades (riikide energeetika- ja kliimakavad) sidusate poliitikate ja finantsstiimulite kaudu riigi ja kohalikul tasandil, kombineerituna puidu energiatootmiseks kasutamise õigeaegse ja usaldusväärse seiramisega.**
- **Üldpõhimõttena jääb metsa bioenergia positiivse kliimamõju võimalikul suurendamisel määravaks jääkide kasutuse eelistamine ja puidu kaskaadkasutus.**
- **Imporditud biomassi osas peaks kriteeriumite eesmärgiks olema samade keskkonnastandardite hoidmine kui ELis rakendatakse.**

Viited, 5. peatükk

Abreu, R.C.R., Hoffmann, W.A., Vasconcelos, H.L., Pilon, N.A., Rossatto, D.R., Durigan, G., 2017. The biodiversity cost of carbon sequestration in tropical savanna. Sci. Adv. 3, 1–8. https://doi.org/10.1126/sciadv.1701284

Abt, K.L., Abt, R.C., Galik, C.S., Skog, K.E., 2014. Effect of Policies on Pellet Production and Forests in the U.S. South. A Technical Document Supporting the Forest Service Update of the 2010 RPA Assessment.

Achat, D. L., Deleuze, C., Landmann, G., Pousse, N., Ranger, J., Augusto, L., 2015. Quantifying consequences of removing harvesting residues on forest soils and tree growth - A meta-analysis. For. Ecol. Manage. 348, 124–141. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.03.042

Achat, David L., Fortin, M., Landmann, G., Ringeval, B., Augusto, L., 2015. Forest soil carbon is threatened by intensive biomass harvesting. Sci. Rep. 5, 1–10. https://doi.org/10.1038/srep15991

Agostini, A., Giuntoli, J., Boulamanti, A.K., Marelli, L., 2014. Carbon accounting of forest bioenergy conclusions and recommendations from a critical literature review. (No. JRC EUR27254 EN). Publications Office of the European Union.

Agostini, A., Booth, M.S., Cabin, R., Caserini, S., Chivian, E., Christensen, N., Collins, S.L., Daily, G.C., Davidson, E.A., DeCicco, J.M., Foster, D., Franklin, J., 2017. Re: Concerns about UK Bioenergy Policy.

Agostini, A., Giuntoli, J., Marelli, L., Amaducci, S., 2020. Flaws in the interpretation phase of bioenergy LCA fuel the debate and mislead policymakers. Int. J. Life Cycle Assess. 25, 17–35. https://doi.org/10.1007/s11367-019-01654-2

Baker, J.C., Hunter, W.C., 2002. Effects of Forest Management on Terrestrial Ecosystems, in: Southern Forest Resource Assessment. pp. 91–112.

Baldocchi, D., Penuelas, J., 2019. The physics and ecology of mining carbon dioxide from the atmosphere by ecosystems. Glob. Chang. Biol. 25, 1191–1197. https://doi.org/10.1111/gcb.14559

Bárcena, T.G., Kiær, L.P., Vesterdal, L., Stefánsdóttir, H.M., Gundersen, P., Sigurdsson, B.D., 2014. Soil carbon stock change following afforestation in Northern Europe: A meta-analysis. Glob. Chang. Biol. 20, 2393– 2405. https://doi.org/10.1111/gcb.12576

Beddington, J., Berry, S., Caldeira, K., Cramer, W., Creutzig, F., Duffy, P., Kammen, D., Lambin, E.F., Levin, S., Lucht, W., Mace, G.M., Moomaw, W.R., Raven, P., Searchinger, T.D., Stenseth, N.C., van Ypersele, J.P., 2018. Letter From Scientists To the EU Parliament Regarding Forest Biomass. Euractiv.

Birdsey, R., Duffy, P., Smyth, C., Kurz, W.A., Dugan, A.J., Houghton, R., 2018. Climate, economic, and environmental impacts of producing wood for bioenergy. Environ. Res. Lett. 13. https://doi.org/10.1088/1748-9326/aab9d5

Blanco, J.A., Dubois, D., Littlejohn, D., Flanders, D.N., Robinson, P., Moshofsky, M., Welham, C., 2015. Fire in the woods or fire in the boiler: Implementing rural district heating to reduce wildfire risks in the foresturban interface. Process Saf. Environ. Prot. 96, 1–13. https://doi.org/10.1016/j.psep.2015.04.002

Bond, W.J., 2016. Ancient grasslands at risk. Science (80-.). 351, 120–122. https://doi.org/10.1126/science.aad5132

Bond, W.J., Stevens, N., Midgley, G.F., Lehmann, C.E.R., 2019. The Trouble with Trees: Afforestation Plans for Africa. Trends Ecol. Evol. 34, 963–965. https://doi.org/10.1016/j.tree.2019.08.003

Booth, M.S., 2018. Not carbon neutral: Assessing the net emissions impact of residues burned for bioenergy. Environ. Res. Lett. 13. https://doi.org/10.1088/1748-9326/aaac88

Bouget, C., Lassauce, A., Jonsell, M., 2012. Effects of fuelwood harvesting on biodiversity - a review focused on the situation in Europe. Can. J. For. Res. 42, 1421–1432. https://doi.org/10.1139/X2012-078 Brack, D., 2017. Woody Biomass for Power and Heat. Impacts on Global Climate. London, UK.

Bremer, L.L., Farley, K.A., 2010. Does plantation forestry restore biodiversity or create green deserts? A synthesis of the effects of land-use transitions on plant species richness. Biodivers. Conserv. 19, 3893– 3915. https://doi.org/10.1007/s10531-010-9936-4

Brockerhoff, E.G., Jactel, H., Parrotta, J.A., Quine, C.P., Sayer, J., 2008. Plantation forests and biodiversity: Oxymoron or opportunity? Biodivers. Conserv. 17, 925–951. https://doi.org/10.1007/s10531-008-9380-x

Brockerhoff, E.G., Jactel, H., Parrotta, J.A., Ferraz, S.F.B., 2013. Role of eucalypt and other planted forests in biodiversity conservation and the provision of biodiversity-related ecosystem services. For. Ecol. Manage. 301, 43–50. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.09.018

Bubová, T., Vrabec, V., Kulma, M., Nowicki, P., 2015. Land management impacts on European butterflies of conservation concern: a review. J. Insect Conserv. 19, 805–821. https://doi.org/10.1007/s10841-0159819-9

Buckley, P., 2020. Coppice restoration and conservation: a European perspective. J. For. Res. 25, 125–133. https://doi.org/10.1080/13416979.2020.1763554

Calviño-Cancela, M., Rubido-Bará, M., van Etten, E.J.B., 2012. Do eucalypt plantations provide habitat for native forest biodiversity? For. Ecol. Manage. 270, 153–162. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.01.019

Calviño-Cancela, M., Rubido-Bará, M., 2013. Invasive potential of Eucalyptus globulus: Seed dispersal, seedling recruitment and survival in habitats surrounding plantations. For. Ecol. Manage. 305, 129–137. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.05.037

Cao, S., Chen, L., Shankman, D., Wang, C., Wang, X., Zhang, H., 2011. Excessive reliance on afforestation in China's arid and semi-**arid regions: Lessons in ecological restoration. Earth-Science Rev. 104, 240–245. https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2010.11.002**

Capizzi, F., Das, A., Dauwe, T., Moorkens, I., Saarikivi, R.J., Tomescu, M., 2019. Renewable energy in europe - 2019. Recent growth and knock-on effects (No. ETC/CME 2019/8). Copenhagen.

Castaño-Villa, G.J., Estevez, J. V., Guevara, G., Bohada-Murillo, M., Fontúrbel, F.E., 2019. Differential effects of forestry plantations on bird diversity: A global assessment. For. Ecol. Manage. 440, 202–207. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.03.025

Chaudhary, A., Burivalova, Z., Koh, L.P., Hellweg, S., 2016. Impact of Forest Management on Species Richness: Global Meta-Analysis and Economic Trade-Offs. Sci. Rep. 6. https://doi.org/10.1038/srep23954

Cordero-Rivera, A., Martínez Álvarez, A., Álvarez, M., 2017. Eucalypt plantations reduce the diversity of macroinvertebrates in small forested streams. Anim. Biodivers. Conserv. 40, 87–97. https://doi.org/10.32800/abc.2017.40.0087

Cornwall, W., 2017. Is wood a green source of energy? Scientists are divided [WWW Document]. Science (80-.). URL https://www.sciencemag.org/news/2017/01/wood-green-source-energy-scientists-are-divided (accessed 4.20.20).

Cowie, A., Berndes, G., Junginger, H.M., Ximenes, F., 2017. Response to Chatham House report "Woody Biomass for Power and Heat: Impacts on the Global Climate" [WWW Document]. URL https://www.chathamhouse.org/sites/default/files/publications/2017-04-05-IEABioenergy.pdf

Crenna, E., Marques, A., La Notte, A., Sala, S., 2020. Biodiversity Assessment of Value Chains: State of the Art and Emerging Challenges. Environ. Sci. Technol. https://doi.org/10.1021/acs.est.9b05153

Cunningham, S.C., Mac Nally, R., Baker, P.J., Cavagnaro, T.R., Beringer, J., Thomson, J.R., Thompson, R.M., 2015. Balancing the environmental benefits of reforestation in agricultural regions. Perspect. Plant Ecol. Evol. Syst. 17, 301–317. https://doi.org/10.1016/j.ppees.2015.06.001

Curran, M., Hellweg, S., Beck, J., 2014. Is there any empirical support for biodiversity offset policy? Ecol. Appl. 24, 617–632. https://doi.org/10.1890/13-0243.1

Dale, V.H., Kline, K.L., Parish, E.S., Cowie, A.L., Emory, R., Malmsheimer, R.W., Slade, R., Smith, C.T.T., Wigley, T.B. BEN, Bentsen, N.S., Berndes, G., Bernier, P., Brandão, M., Chum, H.L., Diaz-Chavez, R., Egnell, G., Gustavsson, L., Schweinle, J., Stupak, I., Trianosky, P., Walter, A., Whittaker, C., Brown, M., Chescheir, G., Dimitriou, I., Donnison, C., Goss Eng, A., Hoyt, K.P., Jenkins, J.C., Johnson, K., Levesque, C.A., Lockhart, V., Negri, M.C., Nettles, J.E., Wellisch, M., 2017. Status and prospects for renewable energy using wood pellets from the southeastern United States. GCB Bioenergy 9, 1296–1305. https://doi.org/10.1111/gcbb.12445 Davies, Z.G., Tyler, C., Stewart, G.B., Pullin, A.S., 2008. Are current management recommendations for saproxylic

invertebrates effective? A systematic review. Biodivers. Conserv. 17, 209–234. https://doi.org/10.1007/s10531-007-9242-y

de Jong, J., Akselsson, C., Egnell, G., Löfgren, S., Olsson, B.A., 2017. Realizing the energy potential of forest biomass in Sweden – How much is environmentally sustainable? For. Ecol. Manage. 383, 3–16. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.06.028

de Jong, J., Dahlberg, A., 2017. Impact on species of conservation interest of forest harvesting for bioenergy purposes. For. Ecol. Manage. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.09.016

Demarais, S., Verschuyl, J.P., Roloff, G.J., Miller, D.A., Wigley, T.B., 2017. Tamm review: Terrestrial vertebrate biodiversity and intensive forest management in the U.S. For. Ecol. Manage. 385, 308–330. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.10.006

Díaz, S., Demissew, S., Carabias, J., Joly, C., Lonsdale, M., Ash, N., Larigauderie, A., Adhikari, J.R., Arico, S., Báldi, A., Bartuska, A., Baste, I.A., Bilgin, A., Brondizio, E., Chan, K.M.A., Figueroa, V.E., Duraiappah, A., Fischer, M., Hill, R., Koetz, T., Leadley, P., Lyver, P., Mace, G.M., Martin-Lopez, B., Okumura, M., Pacheco, D., Pascual, U., Pérez, E.S., Reyers, B., Roth, E., Saito, O., Scholes, R.J., Sharma, N., Tallis, H., Thaman, R., Watson, R., Yahara, T., Hamid, Z.A., Akosim, C., Al-Hafedh, Y., Allahverdiyev, R., Amankwah, E., Asah, T.S., Asfaw, Z., Bartus, G., Brooks, A.L., Caillaux, J., Dalle, G., Darnaedi, D., Driver, A., Erpul, G., Escobar-Eyzaguirre, P., Failler, P., Fouda, A.M.M., Fu, B., Gundimeda, H., Hashimoto, S., Homer, F., Lavorel, S., Lichtenstein, G., Mala, W.A., Mandivenyi, W., Matczak, P., Mbizvo, C., Mehrdadi, M., Metzger, J.P., Mikissa, J.B., Moller, H., Mooney, H.A., Mumby, P., Nagendra, H., Nesshover, C., Oteng-Yeboah, A.A., Pataki, G., Roué, M., Rubis, J., Schultz, M., Smith, P., Sumaila, R., Takeuchi, K., Thomas, S., Verma, M., Yeo-Chang, Y., Zlatanova, D., 2015. The IPBES Conceptual Framework - connecting nature and people. Curr. Opin. Environ. Sustain. https://doi.org/10.1016/j.cosust.2014.11.002

Dorning, M.A., Smith, J.W., Shoemaker, D.A., Meentemeyer, R.K., 2015. Changing decisions in a changing landscape: How might forest owners in an urbanizing region respond to emerging bioenergy markets? Land use policy 49, 1–10. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.06.020

Duncker, P.S., Barreiro, S.M., Hengeveld, G.M., Lind, T., Mason, W.L., Ambrozy, S., Spiecker, H., 2012. Classification of forest management approaches: A new conceptual framework and its applicability to European forestry. Ecol. Soc. 17. https://doi.org/10.5751/ES-05262-170451

Dye, P., Versfeld, D., 2007. Managing the hydrological impacts of South African plantation forests: An overview. For. Ecol. Manage. 251, 121–128. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.06.013

Eckelt, A., Müller, J., Bense, U., Brustel, H., Bußler, H., Chittaro, Y., Cizek, L., Frei, A., Holzer, E., Kadej, M., Kahlen, M., Köhler, F., Möller, G., Mühle, H., Sanchez, A., Schaffrath, U., Schmidl, J., Smolis, A., Szallies, A., Németh, T., Wurst, C., Thorn, S., Christensen, R.H.B., Seibold, S., 2018. "Primeval forest relict beetles" of Central Europe: a set of 168 umbrella species for the protection of primeval forest remnants. J. Insect Conserv. 22, 15–28. https://doi.org/10.1007/s10841-017-0028-6

EEA, 2020. State of nature in the EU - Results from reporting under the nature directives 2013-2018, EEA Report No 10/2020.

Egnell, G., Björheden, R., 2015. Options for Increasing Biomass Output from Long-Rotation Forestry. Adv. Bioenergy Sustain. Chall. 285–292. https://doi.org/10.1002/9781118957844.ch18

EL, 2009. Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiiv 2009/28/EÜ, 23. aprill 2009 , taastuvatest energiaallikatest toodetud energia kasutamise edendamise kohta ning direktiivide 2001/77/EÜ ja 2003/30/EÜ muutmise ja hilisema kehtetuks tunnistamise kohta. https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32009L0028&from=EN

EL, 2015. ELi ringmajanduse loomise tegevuskava, KOM/2015/0614 lõplik. https://eurlex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52015DC0614

EL, 2016a. Sustainability of Bioenergy. Commission Staff Working Document accompanying the document Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on the promotion of the use of energy from renewable sources (recast), SWD(2016) 418 final. https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52016SC0418&from=EN

EL, 2016b. Commission Staff Working Document impact assessment accompanying the document Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council 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, SWD(2016) 249 final. https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52016SC0249&from=EN

EL, 2018. Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiiv (EL) 2018/2001, 11. detsember 2018, taastuvatest energiaallikatest toodetud energia kasutamise edendamise kohta. https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2018.328.01.0082.01.ENG

EL, 2020a. Komisjoni teatis Euroopa Parlamendile, nõukogule, Euroopa majandus- ja sotsiaalkomiteeele ning regioonide komiteele, ELi elurikkuse strateegia aastani 2030 KOM(2020) 380 lõplik. https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52020DC0380&from=EN

EL, 2020b. Komisjoni teatis Euroopa Parlamendile, nõukogule, Euroopa majandus- ja sotsiaalkomiteeele ning regioonide komiteele, Euroopa 2030. aasta kliimaeesmärgi suurendamine: investeerimine kliimaneutraalsesse tulevikku meie inimeste hüvanguks. COM(2020) 562 final. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52020DC0562

FAO, 2020. Global Forest Resources Assessment 2020: Terms and Definition. Rome.

Feurdean, A., Ruprecht, E., Molnár, Z., Hutchinson, S.M., Hickler, T., 2018. Biodiversity-rich European grasslands: Ancient, forgotten ecosystems. Biol. Conserv. 228, 224–232. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.09.022

Fierro, A., Grez, A.A., Vergara, P.M., Ramírez-Hernández, A., Micó, E., 2017. How does the replacement of native forest by exotic forest plantations affect the diversity, abundance and trophic structure of saproxylic beetle assemblages? For. Ecol. Manage. 405, 246–256. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.09.026

Filoso, S., Bezerra, M.O., Weiss, K.C.B., Palmer, M.A., 2017. Impacts of forest restoration on water yield: A systematic review. PLoS One 12, 1–26. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0183210 Fingerman, K., Carman, J., 2019. California Biopower Impacts Project.

Forest Stewardship Council, 2015. FSC Principles and Criteria for Forest Stewardship (No. FSC-STD-01001 V5-2 EN).

Forrester, D.I., 2014. The spatial and temporal dynamics of species interactions in mixed-species forests: From pattern to process. For. Ecol. Manage. 312, 282–292. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.10.003

Forsell, N., Korosuo, A., Havlik, P., Valin, H., Lauri, P., Gusti, M., Kindermann, G., Obersteiner, M., Böttcher, H., Hennenberg, K., Hünecke, K., Wiegmann, K., Pekkanen, M., Nuolivirta, P., Bowyer, C., Nanni, S., Allen, B., Poláková, J., Fitzgerald, J., Lindner, M., 2016. Study on impacts on resource efficiency of future EU demand for bioenergy (ReceBio). Final report (No. ENV.F.1/ETU/2013/0033), European Commission. Publication Office of the European Union, Luxembourg. https://doi.org/10.2779/968246

Freer-Smith, P., Muys, B., Leuven, K.U., Drössler, L., Farrelly, N., Jactel, H., Korhonen, J., Minotta, G., Nijnik, M., Orazio, C., 2019. Plantation forests in Europe: challenges and opportunities.

Fritts, S., Moorman, C., Grodsky, S., Hazel, D., Homyack, J., Farrell, C., Castleberry, S., 2016. Do biomass Harvesting Guidelines influence herpetofauna following harvests of logging residues for renewable energy? Ecol. Appl. 26, 926–939. https://doi.org/10.1890/14-2078/suppinfo

Gaboury, S., Boucher, J.F., Villeneuve, C., Lord, D., Gagnon, R., 2009. Estimating the net carbon balance of boreal open woodland afforestation: A case-study in Québec's closed-**crown boreal forest. For. Ecol. Manage. 257, 483–494. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.09.037**

Galik, C.S., Abt, R.C., 2016. Sustainability guidelines and forest market response: An assessment of European Union pellet demand in the southeastern United States. GCB Bioenergy 8, 658–669. https://doi.org/10.1111/gcbb.12273

Garrick, R.C., Reppel, D.K., Morgan, J.T., Burgess, S., Hyseni, C., Worthington, R.J., Ulyshen, M.D., 2019. Trophic interactions among dead-wood-dependent forest arthropods in the southern Appalachian Mountains, USA. Food Webs 18, e00112. https://doi.org/10.1016/j.fooweb.2018.e00112

Giuntoli, J., Caserini, S., Marelli, L., Baxter, D., Agostini, A., 2015. Domestic heating from forest logging residues: Environmental risks and benefits. J. Clean. Prod. 99. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.03.025

Giuntoli, J., Agostini, A., Caserini, S., Lugato, E., Baxter, D., Marelli, L., 2016. Climate change impacts of power generation from residual biomass. Biomass and Bioenergy 89, 146–158. https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2016.02.024

Giuntoli, J., Bulgheroni, C., Marelli, L., Sala, S., Pant, R., 2019. Brief on the use of Life Cycle Assessment (LCA) to evaluate environmental impacts of the bioeconomy [WWW Document]. URL http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC109817 (accessed 4.20.20).

Giuntoli, J., Robert, N., Ronzon, T., Sanchez Lopez, J., Follador, M., Girardi, I., Barredo Cano, J., Borzacchiello, M., Sala, S., M'Barek, R., La Notte, A., Becker, W., Mubareka, S., 2020a. **Building a monitoring system for the EU bioeconomy. Progress Report 2019 (No. EUR 30064 EN). Bruxelles. https://doi.org/10.2760/717782**

Giuntoli, J., Searle, S., Jonsson, R., Agostini, A., Robert, N., Amaducci, S., Marelli, L., Camia, A., 2020b. Carbon accounting of bioenergy and forest management nexus. A reality-check of modeling assumptions and expectations. Renew. Sustain. Energy Rev. 134, 110368. https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110368

Goded, S., Ekroos, J., Domínguez, J., Azcárate, J.G., Guitián, J.A., Smith, H.G., 2019. Effects of eucalyptus plantations on avian and herb species richness and composition in North-West Spain. Glob. Ecol. Conserv. 19. https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00690

Gomez-Gonzalez, S., Ochoa-Hueso, R., Pausas, J.G., 2020. Afforestation falls short as a biodiversity strategy. Science (80-.). 368, 1439.

Grassi G., Giuntoli J., Camia A. Korosuo A., et al. (in prep.) Towards a more constructive dialogue between science and policy on carbon accounting of EU forest bioenergy.

Grassi, G., Pilli, R., House, J., Federici, S., Kurz, W.A., 2018. Science-based approach for credible accounting of mitigation in managed forests. Carbon Balance Manag. https://doi.org/10.1186/s13021-018-0096-2

Grassi, G., Cescatti, A., Matthews, R., Duvellier G., Camia A., Federici S., House J., de Noblet-Ducoudré N., Pilli R., Vizzarri M., 2019. On the realistic contribution of European forests to reach climate objectives. *Carbon Balance Manage* 14, 8. https://doi.org/10.1186/s13021-019-0123-y

Griscom, B.W., Adams, J., Ellis, P.W., Houghton, R.A., Lomax, G., Miteva, D.A., Schlesinger, W.H., Shoch, D., Siikamäki, J. V., Smith, P., Woodbury, P., Zganjar, C., Blackman, A., Campari, J., Conant, R.T., Delgado, C., Elias, P., Gopalakrishna, T., Hamsik, M.R., Herrero, M., Kiesecker, J., Landis, E., Laestadius, L., Leavitt, S.M., Minnemeyer, S., Polasky, S., Potapov, P., Putz, F.E., Sanderman, J., Silvius, M., Wollenberg, E., Fargione, J., 2017. Natural climate solutions. Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. 114, 11645–11650. https://doi.org/10.1073/pnas.1710465114

Hall, J.M., van Holt, T., Daniels, A.E., Balthazar, V., Lambin, E.F., 2012. Trade-offs between tree cover, carbon storage and floristic biodiversity in reforesting landscapes. Landsc. Ecol. 27, 1135–1147. https://doi.org/10.1007/s10980-012-9755-y

Harfoot, M., Tittensor, D.P., Newbold, T., Mcinerny, G., Smith, M.J., Scharlemann, J.P.W., 2014. Integrated assessment models for ecologists: The present and the future. Glob. Ecol. Biogeogr. https://doi.org/10.1111/geb.12100

Harper, A.B., Powell, T., Cox, P.M., House, J., Huntingford, C., Lenton, T.M., Sitch, S., Burke, E., Chadburn, S.E., Collins, W.J., Comyn-Platt, E., Daioglou, V., Doelman, J.C., Hayman, G., Robertson, E., van Vuuren, D., Wiltshire, A., Webber, C.P., Bastos, A., Boysen, L., Ciais, P., Devaraju, N., Jain, A.K., Krause, A., Poulter, B., Shu, S., 2018. Land-use emissions play a critical role in land-based mitigation for Paris climate targets. Nat. Commun. 9. https://doi.org/10.1038/s41467-018-05340-z

Haskell, D.G., Evans, J.P., Pelkey, N.W., 2006. Depauperate avifauna in plantations compared to forests and exurban areas. PLoS One 1. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0000063

Heilmayr, R., Echeverría, C., Lambin, E.F., 2020. Impacts of Chilean forest subsidies on forest cover, carbon and biodiversity. Nat. Sustain. 3, 701–709. https://doi.org/10.1038/s41893-020-0547-0

Hiron, M., Jonsell, M., Kubart, A., Thor, G., Schroeder, M., Dahlberg, A., Johansson, V., Ranius, T., 2017. Consequences of bioenergy wood extraction for landscape-level availability of habitat for dead wooddependent organisms. J. Environ. Manage. 198, 33–42. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.04.039

Holl, K.D., Brancalion, P.H.S., 2020. Tree planting is not a simple solution. Science (80-.). 368, 580–581.

Holtsmark, B., 2013. The outcome is in the assumptions: Analyzing the effects on atmospheric CO2 levels of increased use of bioenergy from forest biomass. GCB Bioenergy 5, 467–473. https://doi.org/10.1111/gcbb.12015

Hua, F., Wang, X., Zheng, X., Fisher, B., Wang, L., Zhu, J., Tang, Y., Yu, D.W., Wilcove, D.S., 2016. Opportunities for biodiversity gains under the world's largest reforestation programme. Nat. Commun. 7. https://doi.org/10.1038/ncomms12717

Hua, F., Wang, L., Fisher, B., Zheng, X., Wang, X., Yu, D.W., Tang, Y., Zhu, J., Wilcove, D.S., 2018. Tree plantations displacing native forests: The nature and drivers of apparent forest recovery on former croplands in Southwestern China from 2000 to 2015. Biol. Conserv. 222, 113–124. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.03.034

Hulvey, K.B., Hobbs, R.J., Standish, R.J., Lindenmayer, D.B., Lach, L., Perring, M.P., 2013. Benefits of tree mixes in carbon plantings. Nat. Clim. Chang. 3, 869–874. https://doi.org/10.1038/nclimate1862

Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, 2019. Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Service. Debating Nature's Value.

IPBES, 2018a. The IPBES assessment report on land degradation and restoration. Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn (Germany).

IPBES, 2018b. The IPBES regional assessment report on biodiversity and ecosystem services for Europe and Central Asia. Bonn (Germany).

IPCC. 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (eds Eggleston, H. S. et al.) (National Greenhouse Gas Inventories Programme, Institute for Global Environmental Strategies). (2006).

IPCC. 2019 The Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. (2019).

IPCC, 2019. Summary for Policymakers, in: Shukla, P.R., Skea, J., Calvo Buendia, E., Masson-Delmotte, V., Portner, H.¨ -O., Roberts, D.C., Zhai, P., Slade, R., Connors, S., van Diemen, R., Ferrat, M., Haughey, E., Luz, S., Neogi, S., Pathak, M., Petzold, J., Portugal Pereira, J., Vyas, P., Huntley, E., Kissick, K., Belkacemi, M., Malley, J. (Eds.), Climate Change and Land: An IPCC Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse Gas Fluxes in Terrestrial Ecosystems. https://doi.org/10.1002/9781118786352.wbieg0538

Johansson, T., Hjältén, J., de Jong, J., von Stedingk, H., 2013. Environmental considerations from legislation and certification in managed forest stands: A review of their importance for biodiversity. For. Ecol. Manage. 303, 98–112. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.04.012

Johnston, C.M.T., Radeloff, V.C., 2019. Global mitigation potential of carbon stored in harvested wood products. Proc. Natl. Acad. Sci. 116, 14526 LP – 14531. https://doi.org/10.1073/pnas.1904231116

Jonsson, R., Mbongo, W., Felton, A., Boman, M., 2012. Leakage implications for European timber markets from reducing deforestation in developing countries. Forests 3, 736–744. https://doi.org/10.3390/f3030736

Jonsson, B.G., Ekström, M., Esseen, P.A., Grafström, A., Ståhl, G., Westerlund, B., 2016. Dead wood availability in managed Swedish forests - Policy outcomes and implications for biodiversity. For. Ecol. Manage. 376, 174–182. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.06.017

Jonsson, R., Rinaldi, F., 2017. The impact on global wood-product markets of increasing consumption of wood pellets within the European Union. Energy 133, 864–878. https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.05.178

Jonsson, R., Blujdea, V.N.B., Fiorese, G., Pilli, R., Rinaldi, F., Baranzelli, C., Camia, A., 2018. Outlook of the European forest-based sector: Forest growth, harvest demand, wood-product markets, and forest carbon dynamics implications. IForest 11, 315–328. https://doi.org/10.3832/ifor2636-011

Khanna, M., Wang, W., Dwivedi, P., Abt, R., 2015. Carbon savings with transatlantic trade in pellets: accounting for market-driven effects. Environ. Res. Lett. 10, 114019. https://doi.org/10.1088/17489326/10/11/114019

Korosuo, A., Vizzarri, M., Pilli, R., Fiorese, G., Colditz, R., Abad Viñas, R., Rossi, S., Grassi, G., 2020. Forest reference levels under Regulation EU 2018 / 841 for the period 2021 – 2025 (No. EUR30403EN). Luxembourg. https://doi.org/10.2760/27529

Kuuluvainen, T., Lindberg, H., Vanha-Majamaa, I., Keto-Tokoi, P., Punttila, P., 2019. Low-level retention forestry, certification, and biodiversity: case Finland. Ecol. Process. 8. https://doi.org/10.1186/s13717-0190198-0

Laganière, J., Angers, D.A., Paré, D., 2010. Carbon accumulation in agricultural soils after afforestation: A meta-analysis. Glob. Chang. Biol. 16, 439–453. https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2009.01930.x

Laganière, J., Paré, D., Thiffault, E., Bernier, P.Y., 2017. Range and uncertainties in estimating delays in greenhouse gas mitigation potential of forest bioenergy sourced from Canadian forests. GCB Bioenergy 9, 358–369. https://doi.org/10.1111/gcbb.12327

Law, B.E., Hudiburg, T.W., Berner, L.T., Kent, J.J., Buotte, P.C., Harmon, M.E., 2018. Land use strategies to mitigate climate change in carbon dense temperate forests. Proc. Natl. Acad. Sci. 115, 3663–3668. https://doi.org/10.1073/pnas.1720064115

Lemprière, T.C., Kurz, W.A., Hogg, E.H., Schmoll, C., Rampley, G.J., Yemshanov, D., McKenney, D.W., Gilsenan, R., Beatch, A., Blain, D., Bhatti, J.S., Krcmar, E., 2013. Canadian boreal forests and climate change mitigation. Environ. Rev. 21, 293–321. https://doi.org/10.1139/er-2013-0039

Leskinen, P., Cardellini, G., González García, S., Hurmekoski, E., Sathre, R., Seppälä, J., Smyth, C.E., Stern, T., Verkerk, H., 2018. Substitution effects of wood-based products in climate change mitigation (No. From Science to Policy 7), European Forest Institute.

Leturq, P., 2020. GHG displacement factors of harvested wood products: the myth of substitution. Sci. Rep. 1–9. https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-26980/v2

Lewis, S.L., Wheeler, C.E., Mitchard, E.T.A., Koch, A., 2019. Restoring natural forests is the best way to remove atmospheric carbon. Nature 568, 25–28. https://doi.org/10.1038/d41586-019-01026-8

Li, D., Niu, S., Luo, Y., 2012. Global patterns of the dynamics of soil carbon and nitrogen stocks following afforestation : a meta-analysis.

Liao, C., Luo, Y., Fang, C., Li, B., 2010. Ecosystem Carbon Stock Influenced by Plantation Practice: Implications for Planting Forests as a Measure of Climate change mitigation. PLoS One 5. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0010867

Liao, C., Luo, Y., Fang, C., Chen, J., Li, B., 2012. The effects of plantation practice on soil properties based on the comparison between natural and planted forests: A meta-analysis. Glob. Ecol. Biogeogr. 21, 318– 327. https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2011.00690.x

Lindenmayer, D.B., Hulvey, K.B., Hobbs, R.J., Colyvan, M., Felton, A., Possingham, H., Steffen, W., Wilson, K., Youngentob, K., Gibbons, P., 2012. Avoiding bio-perversity from carbon sequestration solutions. Conserv. Lett. 5, 28–36. https://doi.org/10.1111/j.1755-263X.2011.00213.x

Liu, C.L.C., Kuchma, O., Krutovsky, K. V., 2018. Mixed-species versus monocultures in plantation forestry: Development, benefits, ecosystem services and perspectives for the future. Glob. Ecol. Conserv. 15, e00419. https://doi.org/10.1016/j.gecco.2018.e00419

MacKay, A., Allard, M., Villard, M.A., 2014. Capacity of older plantations to host bird assemblages of naturally-regenerated conifer forests: A test at stand and landscape levels. Biol. Conserv. 170, 110–119. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.12.023

Maes, J., Teller, A., Erhard, M., Condé, S., Vallecillo, S., Barredo, J.I., Paracchini, M.L., Malak, D.A., Trombetti, M., Vigiak, O., Zulian, G., Addamo, A.M., 2020. Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services:

An EU ecosystem assessment (No. EUR30161 EN), JRC Science for Policy Reports. European Commission. Publication office of the European Commission. https://doi.org/10.2760/757183

Mason, F., Zapponi, L., 2016. The forest biodiversity artery: Towards forest management for saproxylic conservation. IForest 9, 205–216. https://doi.org/10.3832/ifor1657-008

Matthews, R., Mortimer, N., Lesschen, J.P., Lindroos, T.J., Sokka, L., Morris, A., Henshall, P., Hatto, C., Mwabonje, O., Rix, J., Mackie, E., Sayce, M., 2015. Carbon impacts of biomass consumed in the EU : Quantitative Assessment (No. DG ENER/C1/427).

Matthews, R., Hogan, G., Mackie, E., 2018. Carbon impacts of biomass consumed in the EU: Supplementary analysis and interpretation for the European Climate Foundation.

Matthews, R., 2020. Assessment of EU LULUCF Regulation The EU LULUCF Regulation : Help or hindrance to sustainable forest biomass use ?

Moose, R.A., Schigel, D., Kirby, L.J., Shumskaya, M., 2019. Dead wood fungi in North America: An insight into research and conservation potential. Nat. Conserv. 32, 1–17. https://doi.org/10.3897/natureconservation.32.30875

Nelson, M.P., Vucetich, J.A., 2012. Sustainability Science: Ethical Foundations and Emerging Challenges. Nat. Educ. Knowl.

Nepal, P., Abt, K.L., Skog, K.E., Prestemon, J.P., Abt, R.C., 2019. Projected Market Competition for Wood Biomass between Traditional Products and Energy: A Simulated Interaction of US Regional, National, and Global Forest Product Markets. For. Sci. 65, 14–26. https://doi.org/10.1093/forsci/fxy031

Nilsson, U., Fahlvik, N., Johansson, U., Lundström, A., Rosvall, O., 2011. Simulation of the effect of intensive forest management on forest production in Sweden. Forests 2, 373–393. https://doi.org/10.3390/f2010373

Nilsson, D., Nilsson, B., Thörnqvist, T., Bergh, J., 2018. Amount of nutrients extracted and left behind at a clear-felled area using the fresh-stacked and dried-stacked methods of logging residue extraction. Scand. J. For. Res. 33, 437–445. https://doi.org/10.1080/02827581.2018.1427786

Norton, M., Baldi, A., Buda, V., Carli, B., Cudlin, P., Jones, M.B., Korhola, A., Michalski, R., Novo, F., Oszlányi, J., Santos, F.D., Schink, B., Shepherd, J., Vet, L., Walloe, L., Wijkman, A., 2019. Serious mismatches continue between science and policy in forest bioenergy. GCB Bioenergy 11, 1256–1263. https://doi.org/10.1111/gcbb.12643

Palmer, J., 2012. Risk governance in an age of wicked problems: Lessons from the European approach to indirect land-use change. J. Risk Res. 15, 495–513. https://doi.org/10.1080/13669877.2011.643477

Paquette, A., Messier, C., 2010. The role of plantations in managing the world's forests in the **Anthropocene. Front. Ecol. Environ. 8, 27–34. https://doi.org/10.1890/080116**

Parish, E.S., Dale, V.H., Kline, K.L., Abt, R.C., 2017. Reference scenarios for evaluating wood pellet production in the Southeastern United States. Wiley Interdiscip. Rev. Energy Environ. 6, 1–14. https://doi.org/10.1002/wene.259

Paterson, J.S., Araújo, M., Berry, P., Piper, J.M., Rounsevell, M.D.A., 2008. Mitigation, Adaptation, and the Threat to Biodiversity. Conservation Biology 22(5), 1352-1355. https://doi.org/10.1111/j.15231739.2008.01042.x

Pawson, S.M., Brin, A., Brockerhoff, E.G., Lamb, D., Payn, T.W., Paquette, A., Parrotta, J.A., 2013. Plantation forests, climate change and biodiversity. Biodivers. Conserv. 22, 1203–1227. https://doi.org/10.1007/s10531-013-0458-8

Pereira, H.M., Ferrier, S., Walters, M., Geller, G.N., Jongman, R.H.G., Scholes, R.J., Bruford, M.W., Brummitt, N., Butchart, S.H.M., Cardoso, A.C., Coops, N.C., Dulloo, E., Faith, D.P., Freyhof, J., Gregory, R.D., Heip, C., Höft, R., Hurtt, G., Jetz, W., Karp, D.S., McGeoch, M.A., Obura, D., Onoda, Y., Pettorelli, N., Reyers, B., Sayre, R., Scharlemann, J.P.W., Stuart, S.N., Turak, E., Walpole, M., Wegmann, M., 2013. Essential biodiversity variables. Science (80-.). 339, 277–278. https://doi.org/10.1126/science.1229931

Persson, T., Egnell, G., 2018. Stump harvesting for bioenergy: A review of climatic and environmental impacts in northern Europe and America. Wiley Interdiscip. Rev. Energy Environ. 7, 1–26. https://doi.org/10.1002/wene.307

Petrokofsky, G., Hooper, O., Petrokofsky, L., Gant, A.E., Harvey, W.J., Willis, K.J., 2020. Forest Ecology and Management What are the impacts of the wood pellet industry on biodiversity in Southeastern USA ? A systematic evidence synthesis. For. Ecol. Manage. 118773. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118773

Plevin, R.J., Delucchi, M.A., Creutzig, F., 2014. Using Attributional Life Cycle Assessment to Estimate Climate-Change Mitigation Benefits Misleads Policy Makers. J. Ind. Ecol. https://doi.org/10.1111/jiec.12074

Plevin, R.J., 2017. Assessing the Climate Effects of Biofuels Using Integrated Assessment Models, Part I: Methodological Considerations. J. Ind. Ecol. 21, 1478–1487. https://doi.org/10.1111/jiec.12507

Pohjanmies, T., Triviño, M., Le Tortorec, E., Mazziotta, A., Snäll, T., Mönkkönen, M., 2017. Impacts of forestry on boreal forests: An ecosystem services perspective. Ambio 46, 743–755. https://doi.org/10.1007/s13280-017-0919-5

Programme for the Endorsement of Forest Certification, 2018. Sustainable forest management - Requirements (No. PEFC ST 1003:2018). Geneva.

Ranius, T., Hämäläinen, A., Egnell, G., Olsson, B., Eklöf, K., Stendahl, J., Rudolphi, J., Sténs, A., Felton, A., 2018. The effects of logging residue extraction for energy on ecosystem services and biodiversity: A synthesis. J. Environ. Manage. 209, 409–425. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.12.048

Reid, W. V, Ali, M.K., Field, C.B., 2019. The Future of Bioenergy. Glob. Chang. Biol. 1–13. https://doi.org/10.1111/gcb.14883

Riffell, S., Verschuyl, J., Miller, D., Wigley, T.B., 2011. Biofuel harvests, coarse woody debris, and biodiversity - A meta-analysis. For. Ecol. Manage. 261, 878–887. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.12.021

Sala, S., Reale, F., Cristóbal-García, J., Marelli, L., Rana, P., 2016. Life cycle assessment for the impact assessment of policies. Life thinking and assessment in the European policies and for evaluating policy options, Joint Research Centre. https://doi.org/10.2788/318544

Saltelli, A., Funtowicz, S., 2014. When all models are wrong. Issues Sci. Technol. 30, 79–85.

Saltelli, A., Bammer, G., Bruno, I., Charters, E., Di Fiore, M., Didier, E., Nelson Espeland, W., Kay, J., Lo Piano, S., Mayo, D., Pielke, R., Portaluri, T., Porter, T.M., Puy, A., Rafols, I., Ravetz, J.R., Reinert, E., Sarewitz, D., Stark, P.B., Stirling, A., van der Sluijs, J., Vineis, P., 2020. Five ways to ensure that models serve society: a manifesto. Nature 582, 482–484. https://doi.org/10.1038/d41586-020-01812-9

Searchinger, T., Heimlich, R., Houghton, R.A., Dong, F., Elobeid, A., Fabiosa, J., Tokgoz, S., Hayes, D., Yu, T.H., 2008. Use of U.S. croplands for biofuels increases greenhouse gases through emissions from land-use change. Science (80-.). 319, 1238–1240. https://doi.org/10.1126/science.1151861

Searchinger, T.D., Hamburg, S.P., Melillo, J., Chameides, W., Havlik, P., Kammen, D.M., Likens, G.E., Lubowski, R.N., Obersteiner, M., Oppenheimer, M., Philip Robertson, G., Schlesinger, W.H., David Tilman, G., 2009. Fixing a critical climate accountinq error. Science (80-.). https://doi.org/10.1126/science.1178797

Stokland J.N, Slitonen J., Jonsson B.G., 2012. Biodiversity in Dead Wood. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9781139025843

Searchinger, T.D., Beringer, T., Holtsmark, B., Kammen, D.M., Lambin, E.F., Lucht, W., Raven, P., van Ypersele, J.P., 2018. Europe's renewable energy directive poised to harm global forests. Nat. Commun. **9, 10–13. https://doi.org/10.1038/s41467-018-06175-4**

Seibold, S., Bässler, C., Brandl, R., Gossner, M.M., Thorn, S., Ulyshen, M.D., Müller, J., 2015a. Experimental studies of dead-wood biodiversity - A review identifying global gaps in knowledge. Biol. Conserv. 191, 139–149. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.06.006

Seibold, S., Brandl, R., Buse, J., Hothorn, T., Schmidl, J., Thorn, S., Müller, J., 2015b. Association of extinction risk of saproxylic beetles with ecological degradation of forests in Europe. Conserv. Biol. 29, 382–390. https://doi.org/10.1111/cobi.12427

Seidl, R., Spies, T.A., Peterson, D.L., Stephens, S.L., Hicke, J.A., 2016. Searching for resilience: Addressing the impacts of changing disturbance regimes on forest ecosystem services. J. Appl. Ecol. 53, 120–129. https://doi.org/10.1111/1365-2664.12511

Snäll, T., Johansson, V., Jönsson, M., Ortiz, C., Hammar, T., Caruso, A., Svensson, M., Stendahl, J., 2017. Transient trade-off between climate benefit and biodiversity loss of harvesting stumps for bioenergy. GCB Bioenergy 9, 1751–1763. https://doi.org/10.1111/gcbb.12467

Soimakallio, S., Cowie, A., Brandão, M., Finnveden, G., Ekvall, T., Erlandsson, M., Koponen, K., Karlsson, P.E., 2015. Attributional life cycle assessment: is a land-use baseline necessary? Int. J. Life Cycle Assess. 20, 1364–1375. https://doi.org/10.1007/s11367-015-0947-y

Sterman, J.D., Siegel, L., Rooney-Varga, J.N., 2018a. Does replacing coal with wood lower CO 2 emissions? Dynamic lifecycle analysis of wood bioenergy. Environ. Res. Lett 13.

Sterman, J.D., Siegel, L., Rooney-Varga, J.N., 2018b. Reply to comment on 'Does replacing coal with wood lower CO2 emissions? Dynamic lifecycle analysis of wood bioenergy.' Environ. Res. Lett 13, 128003. https://doi.org/10.1088/1748-9326/aaa512

Stokland, J.N., 2012. The saproxylic food web, in: Stokland, J.N., Siitonen, J., Jonsson, B.G. (Eds.), Biodiversity in Dead Wood. Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 29–57. https://doi.org/10.1017/CBO9781139025843.004

Stokland, J.N., Siitonen, J., Jonsson, B.G., 2020. Introduction, in: Stokland, J.N., Siitonen, J., Jonsson, B.G. (Eds.), Biodiversity in Dead Wood. Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 1–9. https://doi.org/https://doi.org/10.1017/CBO9781139025843

Strengers, B., Elzenga, H., 2020. Availability and Applications of Sustainable Biomass.

Sverdrup-Thygeson, A., Gustafsson, L., Kouki, J., 2014. Spatial and temporal scales relevant for conservation of dead-wood associated species: Current status and perspectives. Biodivers. Conserv. 23, 513–535. https://doi.org/10.1007/s10531-014-0628-3

Thiffault, E., Hannam, K.D., Paré, D., Titus, B.D., Hazlett, P.W., Maynard, D.G., Brais, S., 2011. Effects of forest biomass harvesting on soil productivity in boreal and temperate forests-A review. Environ. Rev. 19, 278– 309. https://doi.org/10.1139/a11-009

Thiffault, E., Béchard, A., Paré, D., Allen, D., 2015. Recovery rate of harvest residues for bioenergy in boreal and temperate forests: A review. Wiley Interdiscip. Rev. Energy Environ. 4, 429–451. https://doi.org/10.1002/wene.157

Thiffault, E., Asikainen, A., Devlin, G., 2016. Comparison of Forest Biomass Supply Chains From the Boreal and Temperate Biomes, Mobilisation of Forest Bioenergy in the Boreal and Temperate Biomes: Challenges, Opportunities and Case Studies. Elsevier Inc. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804514-5.00002-0

Thompson, I.D., Okabe, K., Parrotta, J.A., Brockerhoff, E., Jactel, H., Forrester, D.I., Taki, H., 2014. Biodiversity and ecosystem services: Lessons from nature to improve management of planted forests for REDD-plus. Biodivers. Conserv. 23, 2613–2635. https://doi.org/10.1007/s10531-014-0736-0

Thorn, S., Bässler, C., Brandl, R., Burton, P.J., Cahall, R., Campbell, J.L., Castro, J., Choi, C.Y., Cobb, T., Donato, D.C., Durska, E., Fontaine, J.B., Gauthier, S., Hebert, C., Hothorn, T., Hutto, R.L., Lee, E.J., Leverkus, A.B., Lindenmayer, D.B., Obrist, M.K., Rost, J., Seibold, S., Seidl, R., Thom, D., Waldron, K., Wermelinger, B., Winter, M.B., Zmihorski, M., Müller, J., 2018. Impacts of salvage logging on biodiversity: A meta-analysis. J. Appl. Ecol. 55, 279–289. https://doi.org/10.1111/1365-2664.12945

Ulyshen, M.D., 2016. Wood decomposition as influenced by invertebrates. Biol. Rev. 91, 70–85. https://doi.org/10.1111/brv.12158

van Soest, H.L., van Vuuren, D.P., Hilaire, J., Minx, J.C., Harmsen, M.J.H.M., Krey, V., Popp, A., Riahi, K., Luderer, G., 2019. Analysing interactions among Sustainable Development Goals with Integrated Assessment Models. Glob. Transitions 1, 210–225. https://doi.org/10.1016/j.glt.2019.10.004

Veldman, J.W., Overbeck, G.E., Negreiros, D., Mahy, G., Le Stradic, S., Fernandes, G.W., Durigan, G., Buisson, E., Putz, F.E., Bond, W.J., 2015a. Where Tree Planting and Forest Expansion are Bad for Biodiversity and

Ecosystem Services. Bioscience 65, 1011–1018. https://doi.org/10.1093/biosci/biv118

Veldman, J.W., Overbeck, G.E., Negreiros, D., Mahy, G., Le Stradic, S., Fernandes, G.W., Durigan, G., Buisson, E., Putz, F.E., Bond, W.J., 2015b. Tyranny of trees in grassy biomes. Science (80-.). 347, 484–485. https://doi.org/10.1126/science.347.6221.484-c

Vítková, L., Bače, R., Kjučukov, P., Svoboda, M., 2018. Dead wood management in Central European forests: Key considerations for practical implementation. For. Ecol. Manage. 429, 394–405. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.07.034

Wan, X., Xiao, L., Vadeboncoeur, M.A., Johnson, C.E., Huang, Z., 2018. Response of mineral soil carbon storage to harvest residue retention depends on soil texture: A meta-analysis. For. Ecol. Manage. 408, 9–15. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.10.028

Wang, X., Hua, F., Wang, L., Wilcove, D.S., Yu, D.W., 2019. The biodiversity benefit of native forests and mixed-species plantations over monoculture plantations. Divers. Distrib. 25, 1721–1735. https://doi.org/10.1111/ddi.12972

Wolfslehner, B., Pülzl, H., Kleinschmit, D., Aggestam, F., Winkel, G., Candel, J., Eckerberg, K., Feindt, P., Mcdermott, C., Secco, L., Sotirov, M., Lackner, M., Roux, J.-L., 2020. European forest governance post-2020. https://doi.org/10.36333/fs10

Xiang, W.N., 2013. Working with wicked problems in socio-ecological systems: Awareness, acceptance, and adaptation. Landsc. Urban Plan. 110, 1–4. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.11.006

6 Poliitikamõjud ja tulevane töö

6.1 Poliitikamõjud

Siin osas teeme kokkuvõtte selle aruande tulemuste peamistest poliitikamõjudest ELi olemasolevate või kavandatud poliitikate raamistikus. Esitame need mõjud käesolevas aruandes käsitletud ELi tasandil metsa bioenergia majandamise peamiste poliitikavaldkondade kaupa jaotatuna (energeetika, elurikkus ja kliima) ning lõpus toome välja kõiki valdkondi puudutava märkuse andmete kohta.

6.1.1 Energeetika-alased õigusaktid

Taastuvenergia direktiiv 2018/2001 (REDII) on ELis kasutatava bioenergia keskkonnaalase kestlikkuse haldamises samm edasi ning pakub vahendeid, mida saab juba praegu kasutada mitme käesolevas aruandes välja toodud kõrge riskiga suundumuse piiramiseks või minimeerimiseks. Üks peamisi REDII (2018/2001) kestlikkuse kriteeriumite eesmärke on tagada, et ELI energeetikasektoris kasutatav metsabiomass kogutakse viisil, mis viib metsa ökosüsteemidele ja nende teenustele avaldatava negatiivse mõju miinimumini. Selle uuringu seisukohalt on kõige olulisemad artikli 29 lõiked 6 ja 7. Selle artikli kohaselt peavad bioenergeetikaettevõtted esitama tõendeid, et metsabiomass vastab üleriigilistele või kohalikele õigusaktidele või haldamissüsteemidele hankimisalade tasandil, tagades: (i) väljaveo seaduslikkuse, (ii) metsa taastamise, (iii) looduskaitsealade kaitse, (iv) mullakvaliteedi ja elurikkuse säilimise, ning (v) metsa pikaajalise tootmisvõimsuse säilimise või paranemise. Tarbimise poole peal rakendatuna mõjutavad need kriteeriumid nii kodumaise kui imporditud biomassi lähteaineid.

On äärmiselt oluline, et ülaltoodud REDII kestliku metsamajandamise kriteeriumite järgimine lähtuks esmajärjekorras olemasolevatest üleriikliku või kohaliku tasandi metsandusalastest õigusaktidest. Seega, kuigi meie peatähelepanu on ELI õiguslikul raamistikul, võib sellest olla vähe kasu, kui riigid, sealhulgas kolmandad riigid, ise ei kontrolli oma kestliku metsamajandamise alaseid õigusakte ja suuniseid, võrreldes neid käesoleva aruande tulemustega tagamaks, et välditakse kõigile kahjulikke praktikaid. Samal ajal peaksid nii ELi kui ka riikide õigusaktid püüdlema selle poole, et luua õigeid stiimuleid selles aruandes esile tõstetud kõigile kasulike arengusuundade ja heade tavade edendamiseks.

Arvame, et mitut selles aruandes vaadeldavate metsamajandamise alaste tegevustega seostatavat mõju saaks tõhusalt minimeerida REDII metsabiomassi säästlikkuskriteeriumite jõulise rakendamisega, mille elluviimiseks kehtestatakse peatselt ELi tegutsemisjuhis, mis käsitleb tõendeid vastavuse näitamiseks metsabiomassi kriteeriumitega. Meie tulemused näitavad, et raiejääkide väljaveo võimalikku negatiivset mõju saaks minimeerida ülalpool mainitud (iv) kriteeriumi abil. Enamikes vabatahtlikes skeemides on sätted jämeda kõdupuidu säilitamistasemete kohta. Siiski, arvestades REDII loodud stiimulit suurendada nende materjalide kogumist ja äravedu energeetikas kasutamiseks, on hädavajalik, et liikmesriigid määratleksid kohased ja ennetavad maastiku säilitamise künnised kõigi kolme jäägiliigi (raidmed, madalad kännud ja jäme kõdupuit) kohta bioenergia lähtematerjali tootvate hankimisalade lõikes ning et nad ei soodustaks madalate kändude ja jämeda kõdupuidu väljavedu.

Lisaks sellele toob meie ülevaade välja intensiivselt majandatavate istandike ja muude istutatud metsade rajamiseks looduslikult uuenevate metsade lageraie negatiivse mõju. Näiteks on looduslike metsade kohale rajatud istandikud (pärast 1994) sõnaselgelt FSC sertifitseerimisstandardite alt välja arvatud (Metsahoolekogu, 2015 – Standardid 6.9 ja 6.10). Soovitame, et hiljuti lagedaks raiutud looduslike metsade kohale rajatud istandikest toodetud biomassi ei peetaks bioenergias kasutamiseks sobilikuks. See kõrvaldaks ka surve tulevasteks muutmisteks, vähendades nõudlust nendest istandikest pärineva puidu järele, vähemasti energiaks kasutamiseks.

Mõningaid käesolevas aruandes välja toodud kõrge riskiga suundumusi ei saa siiski olemasolevate REDII sätete alusel otseselt mittesoovitavaks tunnistada. Seepärast teeme ettepaneku võimalikeks täiendavateks poliitikamuudatusteks energeetika ja keskkonnaalaste õigusaktide valdkonnas. Esiteks kehtestab REDII konkreetsed keelualad põllumajandusliku biomassi puhul, mis tähendab, et bioenergiaks kasutatavat biomassi ei või otseselt toota maalt, mis liigitati mis tahes ajal pärast 2008. aastat suure bioloogilise mitmekesisusega rohumaaks, ürgmetsaks, suure bioloogilise mitmekesisusega metsaks või kaitsealaks. See ei kehti metsabiomassi puhul. Sellise keelava kriteeriumi laiendamine metsabiomassile võimaldaks veelgi kindlamalt tagada, et energiaks kasutatavat metsabiomassi ei seostata kõige negatiivsemate mõjudega metsastamise arengusuundumustega, s.t. kõrge loodusliku väärtusega rohumaade või inimtekkeliste nõmmemaade metsastamisega. Samuti keelaks see puidu hankimise energia lähteaineks istandikest, mis on rajatud ümberkujundatud põlismetsadest ja ürgmetsadest.

Lisaks sellele, 2. & 3. peatüki järelduste kohaselt langetab võimalus, mida saab hinnata vastavalt tema potentsiaalile aidata kaasa teatatud andmete kvaliteedi ja täielikkuse parandamisele, metsa bioenergiaga seotud kriteeriumite rakendamiseks 20 MW künnist tahketest biomasskütustest elektri-, soojus- ja jahutusenergiat või kütust tootvates käitiste jaoks (REDII, art. 29).

6.1.2 Keskkonna ja kliima alased õigusaktid

Kuna mitmed käesolevas aruandes hinnatud metsastamise suundumuste esmaseks aluseks ei ole nõudlus bioenergia järele, arvame, et neid oleks kõige parem käsitleda mitmesuguste õiguslike vahendite kaudu, mis toimiksid seejärel täiendavalt REDII kriteeriumitele. ELi elurikkuse strateegia aastani 2030 (COM/2020/380) sätestab metsastamisele ELis olulise eesmärgi ja kutsub üles kehtestama õiguslikku vahendit kahjustatud ökosüsteemide, eriti suurima süsiniku kogumise ja talletamise ning loodusõnnetuste ennetamise ja mõju vähendamise potentsiaaliga ökosüsteemide taastamiseks.

Et vähendada ettekavatsemata mõju ohtu elurikkusele, tuleb metsastamise sekkumistega tegeleda ELi elurikkuse strateegias aastani 2030 ettenähtud tegevuse raames, mis hõlmab asjakohaseid kaitsemeetmeid ja suuniseid ökoloogiliselt ja majanduslikult mõistlike sekkumiste edendamiseks. Eelnevate metsastamisalgatuste kogemuste põhjal ons see eriti oluline kolme miljardi puu istutamise plaanide jaoks (Lewis et al., 2019). Lisaks sellele võiks Euroopa tegeleda oma globaalse jalajäljega, töötades välja meetmed kahjulike metsastamiste või ümberkujundamiste tulemusena rajatud istandikes toodetud imporditud (materjaliks või energia tootmiseks mõeldud) biomassiga seotud võimalike riskide haldamiseks. Selle teemaga seoses on Komisjon võtnud kohustuse esitada 2021. aastal seadusandlik ettepanek ELi turule toodud toodetega seoses metsa raadamise ja metsa kahjustamise ohu minimeerimiseks.

Lisaks sellele, nagu põllukultuuride puhul on selgeks saanud, suurendab mis tahes täiendav nõudlus energiaks kasutatava puidu järele lihtsalt veelgi üldist nõudlust muuks otstarbeks kasutatava puidu järele, mis tähendab, et isegi kui energiaks kasutatavale puidule kehtivad rangemad säästlikkuse kriteeriumid, võidakse muuks otstarbeks kasutatavat puitu ikkagi toota kahjulike tavade ja toimimisviiside abil. Nagu ELi biomajandusstrateegia esile tõstab, peab terviklik juhtimine liikuma kestliku ringbiomajanduse poole. Seetõttu oleks säästva metsamajandamise nõuete parem määratlemine ja laiendamine kõigile Euroopas tarbitavatele metsatoodetele, sõltumata nende lõppkasutusest või geograafilisest päritolust, palju tõhusam meede säästvama metsapõhise sektori kui terviku edendamiseks.

Osas 5.3 selgitame vastastikuseid suhteid REDII ja LULUCF vahel metsa bioenergia süsinikumõjude arvestamisel ning määratleme nii kodumaise kui imporditud biomassiga seotud ohud ja võimalikud lahendused.

Kõigepealt toome välja, et „süsinikuneutraalsuse“[45] eeldus ei kehti, kui kogu laiemat ELi kliima- ja energeetikaraamistikku pärast 2020. aastat arvesse ei võeta: REDII and ELi heitkogustega kauplemise skeem eeldavad heidete null-hinnangut biomassi põletamisest, sest puidu kasutamise majandamise igasuguse muutmise süsinikumõju (sealhulgas seoses bioenergeetikaga) on täielikult ära toodud iga riigi kliimaaruannetes LULUCFi määruse 2018/841 kaudu. Hoolimata sellest eksisteerib poliitiliste signaalide võimaliku sobimatuse oht: REDII ergutab ettevõtjate nõudlust bioenergia järele (ja metsa bioenergia poliitikaid, võttes metsa bioenergia arvesse riikliku taastuvenergia eesmärgi saavutamisel), samas kui LULUCF stimuleerib riike mitte koguma üle teatavate piirmäärade. Nende riskide ohjamiseks on vaja, et riiklikud poliitikad (riikide energeetika- ja kliimakavad) põhineksid täielikul teadlikkusel bioenergia ja LULUCFi seostest, vältides seda, et rahalised stiimulid metsa bioenergia kasutamiseks nihutavad tasakaalu mittesoovitavate tulemuste suunas (nt metsa biomassi ülemäärane kasutamine ettevõtjate poolt, mis toob kaasa LULUCFi arvepidamisdeebeti riigi tasandil). See omakorda nõuab tingimata metsaressursside kasutamise õigeaegset ja täpset jälgimist: ilma usaldusväärse teadmiseta sellest, kui palju ja millist bioenergiat kasutatakse, pole võimalik kavandada ega rakendada ühtegi toimivat poliitikat. Käimasolev REDII ja LULUCFi läbivaatamine võib samuti muuta nende seoses nähtavamaks, et hõlbustada mõistmist ja teadlikkust liikmesriikides, akadeemilistes ringkondades, sidusrühmade ja kodanike hulgas.

Üldpõhimõttena jääb metsa bioenergia positiivse kliimamõju võimalikul suurendamisel määravaks jääkide mis tahes kõrgema lisandväärtuseta kasutuse ja puidu ringkasutuse eelistamine. Kuigi sageli ei olnud võimalik viia seda põhimõtet vastavusse ELi normidega, on kirjanduses pakutud välja kvalitatiivseid kriteeriumeid, et teha kindlaks bioenergia arengusuundi, mille puhul kasvuhoonegaaside heitkoguste suurenemise oht on võrreldes fossiilkütustega madal. Need kriteeriumid võivad aidata riikidel ja bioenergiaettevõtjatel energeetika- ja kliimaalaseid õigusakte rakendada.

Teiseks, kuna REDII artikli 29 lõikes 7 toodud kriteeriumid imporditud metsabiomassi süsinikuaruandluse kohta toetuvad peamiselt Pariisi kokkuleppe kohaste kogu majandust hõlmavate riiklikult määratud panuste järgimisele, sõltub sellega seotud süsinikuaruandluse töökindlus ka ELi energia tootmiseks puitu eksportivate riikide maakasutuse, maakasutuse muutuse ja metsanduse võimsusest ning seirevõimekusest. Selles osas tehakse Pariisi Kokkuleppe alusel jõupingutusi riiklikult määratud panuste (NDC) ambitsioonikuse ja läbipaistvuse suurendamiseks (sealhulgas vajadus teha edusamme võrreldes varem esitatud NDCdega). Riikidel, millel ei ole riiklikult määratud panust või mille riiklikult määratud panus ei hõlma LULUCF-i, on ülimalt oluline esitada tõendeid, et süsinikuvaru ja neeldajad säilitatakse või suurendatakse mis tahes imporditud biomassi puhul, nii riigi kui ka asjakohasel kohalikul tasandil.

Lisaks sellele, kuigi LULUCF määrus 2018/841 on oluline samm täieliku metsa kasvuhoonegaaside arvestamise raamistiku suunas ELis, sätestades sealhulgas liikmesriikide metsa heitkoguse võrdlustasemed, märgime, et LULUCFi arvestuse reeglid muudavad bioenergia aruandluse kommunikatsiooni ja tajumise keerukamaks. Selle põhjuseks on, et selles aruandereeglistikus filtreeritakse kasvuhoonegaaside vood võrrelduna selle alusel, mis on „näha“ atmosfääris ja millest teatatakse kasvuhoonegaaside inventuuraruandes. Algselt olid need reeglid mõeldud peamiselt selleks, et tegeleda probleemidega, nagu näiteks usalduse puudumine LULUCFi hinnangute vastu, täienduvus, püsivus, oht vähendada (niigi mitte eriti suuri) pingutusi teistes sektorites. Oluline on see, et neid reegleid on alati rakendatud, kui võrdlusaasta, mille alusel vähendamise protsent arvutati, LULUCFi ei hõlmanud (nt Kyoto protokolli ja ELi 2030. aasta –40% eesmärgi kohaselt).

[45] Agostini et al. (2020) määratles seda oletust järgmiselt: „Biogeenne süsinikuneutraalsus on väga levinud eeldus, mille kaudu elutsüklianalüüsi kasutaja väldib biogeense süsinikuringe aruandlust, eeldades, et biomassi põletamisel või lagunemisel eralduva süsiniku neelavad kasvavad taimed uuesti analüüsi asjakohasest ajaskaalast märkimisväärselt lühema aja jooksul.“

Arvestusreeglite rakendamisest tulenevad „kreeditid“ ja „deebetid“ lisati siis teistele sektoritele, et hinnata heitmete vähendamise eesmärgi järgimist.

Hiljutine Euroopa Komisjoni teatis 2020/562 „Euroopa 2030. aasta kliimaeesmärgi suurendamine“ võtab kasutusele mõned uuendused, mis võivad muuta LULUCFi (ja seega ka bioenergia) aruandluse praeguseid olusid. Täpsemalt, vastavalt Pariisi kokkuleppes soovitatud kogu majandust hõlmavale eesmärgile soovitab 2020/562, et 2030. aasta eesmärgi vähendada heitmeid –55% arvutamisel võetaks arvesse kõiki võrdlusaastal 1990 kasutatud LULUCFi neeldajaid. Märgime, et selle oluline tulemus on, et metoodika järjekindluse huvides (et võimaldada sarnase võrdlemist sarnasega) tuleb kõik kasvuhoonegaaside inventuuraruannetes teatatud LULUCFi neeldajad täiendavalt arvesse võtta, kui kontrollitakse 2030. aasta eesmärgi täitmist. See võib tähendada, et LULUCFi käsitletakse nagu mis tahes muud majandusharu, s.t kasvuhoonegaaside inventuuraruannetes teatatud kasvuhoonegaaside vooge ei filtreeritaks või neid filtreeritaks piiratud määral läbi keeruka arvestusreeglistiku. Kuigi see võib tekitada mõningast muret (nt nende kasvuhoonegaasivoogude täienduvuse ja püsivuse kohta), näeme ka võimalusi praeguse olukorra edaspidiseks täiendamiseks. Esiteks kujutaks see endast sammu 2050. aasta kliimaneutraalsuse eesmärgi suunas, kus LULUCFi heitmed ja sidumised võetakse arvesse täies ulatuses, sest lõppkokkuvõttes on atmosfääri seisukohalt oluline just see. Teiseks, kui kohelda LULUCFi sektorit 2030. aastast nagu mis tahes muud majandusharu, tooks see kaasa LULUCFi kõnepruugi lihtsamaks muutmise, hõlbustaks suhtlemist (s.t oleks ilmsem, et arvesse võetakse bioenergia kogu süsinikumõju) ning muudaks seega ka metsa bioenergia heitkoguste aruandluse läbipaistvamaks.

6.1.3 Andmed

Metsad osutavad väga mitmesuguseid ökosüsteemi teenuseid, nagu näiteks CO2 ladustamine ja sidumine, elupaikade pakkumine, vee reguleerimine (kvaliteet, hulk, voog), õhukvaliteedi reguleerimine, mulla erosiooni kontrollimine, rekreatsioon, puit- ja mittepuittooted. Lisaks sellele on nad tunnistatud paljude üleilmsete probleemide lahenduse osaks. Kuid kui vaadata nende osa ELi poliitikates, siis on andmete kättesaadavus kogu metsapõhise sektori kohta üllatavalt vähene, lünklik ja aegunud. On selge, et puitbiomassi kasutamine energia tootmiseks leiab aset keerukas raamistikus. Seega tuleb nende erinevate aspektide analüüsimiseks kasutada mitmesugused andmestikke: ankeete, riiklikku statistikat ja käimasoleva uuringu jaoks vastavalt vajadusele kogutud statistikat. Metsapõhiste tööstusharude ja puidupõhise energiatootmise vahelised seosed on sellised, et ELi metsa bioenergia olukorra täielikuks mõistmiseks on vaja andmeid igalt rindelt.

Praegune märkimisväärne andmelünk kujutab endast peamist takistust puidupõhise bioenergia poliitikate tõhusale riigi tasandil suunamisele. Tuleks toetada pingutusi teatamisprotseduuride ülevaatamiseks, mille eesmärgiks on parem vastavus andmeallikate vahel ja andmete märgatavate vastuolude vähendamine. Usaldusväärse teadmiseta, kui palju ja mis tüüpi metsabiomassi bioenergiaks kasutatakse, ei saa ellu viia ühtegi tõhusat poliitikat ning eriarvamused selle mõju kohta jäävad püsima. Energialiidu juhtimise määruse jõustumisega hakkavad liikmesriigid regulaarselt teatama paljusid andmeid, kuid oluliste andmete edastamine jääb siiski vabatahtlikuks. See võib olla oluline samm vajaliku selguse suunas, kuid sellest hoolimata on kontrollitud kvaliteediga, õigeaegne ja üleüldine andmete kogumine ELi metsapõhise sektori kohta määrava tähtsusega puitbiomassi energia tootmiseks kasutamise tõhusas järelevalves ning ka tuleviku uurimistegevuses.

6.2 Edasine uurimistöö, andmete ja teadmiste täiustamine

Euroopas olemas olevate metsa biomassi andmete ülevaade (4. peatükk) näitas, et NFI-d annavad väärtuslikku viitestatistikat, kuid osutavad erinevatele määratlustele, ajaperioodidele ja ruumilistele mastaapidele; kõige rohkem esineb muutlikkust nende ajalises sageduses. Nimetatud

põhjustel nõuab nende kasutamine üleeuroopalisteks hinnanguteks suurt ühtlustamistegevust, mis näitab, kui oluline on ulatuslik koostöö riikide metsandusasjatundjatega.

Euroopas võetud meetmed, nagu Euroopa metsateabesüsteem ja ELi jälgimiskeskus, annavad konkreetse panuse selle olukorra parandamiseks. ENFIN (Euroopa riikide metsaseire võrgustik) on väga oluline, sest toob kokku eri riikide metsaseireasutused, et töötada koos välja ühised määratlused ja metoodika, kuid on vaja teha rohkem jõupingutusi, et soodustada teadmiste ja teabe jagamist selle ressursi kohta, mis meile kõigile ühiselt kasu toob.

Koostamisel olev biomajanduse seiresüsteem on ainulaadne võimalus koguda kokku erisugune statistika biomassi tootmise, tarne, kasutamise ja nendega seotud mõju kohta kestlikkuse mõõtmes. Selle tulemusena saame paremat teavet puitbiomassi energia tootmiseks kasutamise ja muude puitbiomassi kasutusalade kohta. Samuti on eri allikate kõrvutamisest suur abi andmete ristkontrolliks ja kooskõlastamiseks ning lünkade täitmiseks. Lisaks sellele tuleks koostada eri näitajate aegrida, et teha võimalikuks biomassi kasutamisel saavutatud edusammude ja üleskerkinud probleemide hindamine.

Maa kaugseire võib õigeaegselt, järjepidevalt ja sõltumatult lõimida ja toetada maapinnapõhiseid andmeid kõrge ruumilise eraldusvõimega üleüldise metsaseirega suurtel aladel ning seda võetakse Euroopa NFI süsteemides üha rohkem kasutusele. Eeldatakse, et uued tehnoloogiad parandavad oluliselt teadmisi metsa biomassi ruumilisest paiknemisest ja dünaamikast ning lubavad seega paremini hinnata praegu olemas olevaid metsaressursse ja nende võimalikku rolli biomajanduses.

Et uurida puitbiomassi energia tootmiseks kasutamise edasise arengu mõju ökoloogilisest, keskkonna, sotsiaalsest ja majanduslikust perspektiivist, on vaja täiendavat teavet, ka ruumiliselt täpsustatut, metsa majandamise tunnusjoonte kohta Euroopas ja selle kohalikust mõju kohta.

Meie hinnangut metsa majandamise tavade võimalikust mõjust elurikkusele saaks edasi arendada. Soovitasime kolme tähtsamat uurimisliini: 1. Laiendada empiirilise uuringu ja teadmiste kokkuvõtte baasi, et koguda andmeid metsa majandamisega seotud sekkumiste mõju kohta kohalikule elurikkusele; 2. Laiendada täiendavate sekkumiste võimaliku mõju uurimist käesolevas aruandes käsitletutele (nt metsa taastamine, harvendus, madalmetsade taastamine jne...), keskendudes ka konkreetsetele juhtumiuuringutele. 3. Töötada välja integreeritud hindamistegevused, et üheaegselt hinnata bioenergia suuremastaapse kasutamise võimalikku mõju kliimamuutustele ja metsa ökosüsteemidele. Sellisteks hindamisteks tuleb välja töötada valdkondadevahelised modelleerimissüsteemid, mis ühendavad maakasutuse ja ökosüsteemide haldamise ning majanduslikke ja sotsiaalseid komponente.

See aruanne ja soovitatud tulevased uurimisliinid keskenduvad otsustajate käsutuses oleva tõendusbaasi laiendamisele. Erinevused inimeste ja looduse vahelist vastastikust toimimist puudutavates eetilistes väärtustes mängivad selgelt rolli selle määratlemises, mida 'säästlik majandamine' tähendab. Arvame, et kui tahame metsa bioenergeetika kestlikkuse alast arutelu kõigest mittekonstruktiivsest puhastada, tuleks neid lahknevusi väärtustes tunnistada ja varjamatult arutada ja teadlaskogukonnas. Teadusuuringute Ühiskeskus (JRC) kui organisatsioon, mis paikneb teaduse ja poliitika kokkupuutepunktis, on nende püüdluste juhtimiseks suurepärasel positsioonil.

Mõistete loetelu

Alljärgnevad mõisted kuuluvad biomajanduse sõnastikku (Bioeconomy glossary), mida säilitab Euroopa Komisjoni biomajanduse alaste teadmiste keskus [46] ja mida arendatakse seoses Teadusuuringute Ühiskeskuse (JRC) biomassiuuringutega.

[46] https://knowledge4policy.ec.europa.eu/bioeconomy/glossary_en

Maapealne biomass	Kogu elavate taimede, nii puit- kui rohttaimede, biomass ülalpool mullapinda, sealhulgas varred, kännud, oksad, koor, seemned ja lehed. (allikas: FAO 2018)
Metsastamine	Metsa rajamine istutamise ja/või tahtliku külvamise teel maale, mis senini oli teistsuguse maakasutuse all, toob kaasa maakasutuse muutumise mitte-metsast metsaks. (allikas: FAO 2018)
Maa-alune biomass	Kogu elusate juurte biomass. Selle hulgast on välja arvatud väiksema kui 2 mm läbimõõduga peenikesed juured, sest neid ei ole sageli võimalik mulla orgaanilisest ainesest või varisest empiiriliselt eristada. (allikas: FAO 2018)
Bioloogiline mitmekesisus	Bioloogiline mitmekesisus ehk elurikkus tähendab ÜRO bioloogilise mitmekesisuse konventsiooni kohaselt: „mistahes päritoluga elusorganismide rohkust *inter alia* maismaa-, mere- jt. veeökosüsteemides ning neid hõlmavates ökoloogilistes kompleksides; see sisaldab ka liigisisest, liikidevahelist ja ökosüsteemidevahelist mitmekesisust“. (allikas: UNEP 1992)
Bioenergia	Bioloogilistest allikatest pärinevate materjalide põletamisel saadav energia. (allikas: EMP sõnastik, https://www.eea.europa.eu/help/glossary/chm-biodiversity/bioenergy)
Biomass	Põllumajandusest, sealhulgas taimsest ja loomsest materjalist, metsandusest ja sellega seotud tööstusharudest, kalandusest ja vesiviljelusest pärinevate bioloogilise päritoluga toodete, jäätmete ja jääkide biolagunev fraktsioon ning jäätmete, sealhulgas tööstus- ja olmejäätmete biolagunev fraktsioon. (allikas: EU 2009)
Mustleelis	Keemilise ja poolkeemilise tselluloositootmise kõrvalsaadus. (oma sõnastus)
Kõrvalsaadus	Teisene toode, mis muu toote valmistamise käigus tahtmatult tekib. Näide: saepuru puidu saagimisel. (allikas: ISO 16559:2014(en) Solid biofuels — Terminology, definitions and descriptions)
Kaskaadkasutus (astmeline kasutamine)	Ressursside tõhus ärakasutamine kõrvalsaaduste ja taaskasutatud materjalide materjalikasutuseks tarvitamise teel, et laiendada biomassi koguhulga kättesaadavust konkreetse süsteemi sees (kohandatud Vis el al. 2016)
CO_2 ekvivalent	Mõõtühik, mida kasutatakse eri kasvuhoonegaaside heitkoguste võrdlemisel nende globaalse soojenemise potentsiaali alusel, konverteerides muude gaaside kogused samasuguse globaalse soojenemise potentsiaaliga süsinikdioksiidi koguseks. (allikas: EMP sõnastik, põhineb valitsustevahelise kliimamuutuse paneeli IPCC kolmandal hindamisraportil, 2001)
Lagupuit / pehkinud puu	Kogu mitte-elus puidune biomass, mis ei ole metsavarise osa, võib olla nii seisev, maapinnal lebav kui pinnase sees. Lagupuidu hulka kuuluvad maapinnal lebav puit, surnud juured ja kännud. (allikas: FAO 2018)
Häiring (looduslik)	Metsa elujõudu ja tootlikkust kahjulikult mõjutava mis tahes teguri (biootilise või abiootilise) tekitatud kahjustus, mis ei ole inimtegevuse otsene tulemus. (allikas: FAO 2018)
Raie	Keskmine kõigi mingil kindlal vaatlusperioodil langetatavate elus või surnud seisvate puude maht mõõdetuna „kasvava metsa“ jaoks määratletud koorega miinimumläbimõõduna, sealhulgas puude või puude osade maht, mida metsast, muult puudega kaetud maalt või muult raiealalt ei eemaldata. Hõlmab: metsanduslikku ja kommertskasutuse eelset harvendamist ja valgustusraiet, mis jäetakse metsa ning taastatavat (ülestöötatavat) looduslikku kadu. (allikas: Forest Europe 2015)

Mets	Rohkem kui 0,5 hektarit kattev maa-ala, kus kasvavad üle 5 m kõrgused puud ja kus võrade liitus on üle 10%, või kus puud suudavad saavutada need tasemed kohapeal. See ei hõlma maad, mis on valdavalt põllumajanduslikus kasutuses või kasutusel linnamaana. (allikas: FAO 2018)
Puidu varumiseks kasutatav mets	Majandatav mets; mets, kus mis tahes keskkonnaalastel, sotsiaalsetel või majanduslikel piirangutel ei ole märkimisväärset mõju praegusele või tulevasele puiduvarumisele. Kõnealused piirangud võivad olla kehtestatud õiguslike eeskirjadega, haldaja/omaniku otsusega või muudel põhjusel. (allikas: Forest Europe 2015)
Metsa majandamine	Metsa ökoloogilist, majanduslikku või sotsiaalset funktsiooni mõjutav tegevus, mis tuleneb metsas kohaldatavast süsteemist (allikas: EU 2013)
Metsandussektor (metsapõhine sektor)	Termin, mis hõlmab metsavarusid ning metsandustoodete ja -teenuste tootmist, nendega kauplemist ja nende tarbimist. (allikas EK 2013a).
Metsandus	Teadus ja tegevus, mille eesmärk on metsa, metsamaade ja nendega seotud ressursside inimeste ja keskkonna huvides loomine, haldamine, kasutamine, säilitamine ja taastamine
Küttepuit	Ümarpuit, mida kasutatakse kütusena näiteks toidu valmistamisel, kütmisel või elektri tootmisel. Hõlmab tüvedest, okstest ja muudest puu osadest saadud puitu (kui need on raiutud kütuse saamiseks) ning puitu, mida kasutatakse söe, puidugraanulite ja muude pressitud toodete tootmiseks. (allikas: Eurostat et al. 2016)
Aastane kogujuurdekasv	Kõikide puude aastane juurdekasvu maht. Hõlmab ka vaatlusperioodi jooksul raiutud või surnud puude juurdekasvu. (allikas: Forest Europe 2015 kohandatult)
Kasvava metsa varu	Kõikide rinnakõrguselt (või tugijuurte kohalt, kui need on kõrgemad) vähemalt 10 cm läbimõõduga elavate puude koore pealt mõõdetud maht. Hõlmab tüve maapinnast kuni lõpuläbimõõduni 0 cm, oksad välja arvatud. (allikas: FAO 2020)
Kasvukoht	Koht või paigatüüp, kus organism või populatsioon looduslikult esineb. (allikas: UNEP 1992)
Tööstuslik ümarpuit	Hõlmab iga liiki ümarpuitu peale küttepuidu. (allikas: Eurostat et al. 2016)
Olelusring (eluring, elutsükkel)	Toote eluea (tootesüsteemi) üksteisele järgnevad ja omavahel seotud astmed toormaterjali hankimisest või looduslikest ressurssidest tootmisest kuni lõpliku kõrvaldamiseni. (allikas: EC 2013b)
Olelusringipõhine lähenemine	Võtab arvesse kõik tootega seotud ressursivood ja keskkonnaalased sekkumised tarneahela vaatenurgast, sealhulgas kõik astmed alates tooraine hankimisest kuni töötlemise, levitamise, kasutamise ja elulõpu protsessideni ning kõik olulised nendega seotud keskkonnamõjud (selle asemel, et keskenduda ühele küsimusele). (allikas: EC 2013b)
Raiejäägid	Pärast metsaraiet metsa jäänud puit. Üldiselt hõlmavad sellised jäägid lõplikust langetusest jäänud kõdupuitu (nt oksad, lehed, kännud, juured, ladvad, koor), harvendusraiest ja lageraiest maha jäänud väikeseid puid ning üldiselt turustamiskõlbmatut tüvepuitu. (allikas: Camia et al. 2018)
Looduslik mets	Kohalikest puuliikidest koosnev looduslikult uuenev mets.
Kohalik puuliik	Mis tahes puuliik, mis kasvab oma looduslikul levialal (endisel või praegusel) ja potentsiaalsel levialal (s.t alal, kus ta on levinud looduslikult või võiks olla levinud ilma inimese otsese või kaudse sissetoomise või hoolitsuseta). (FAO 2018)

Aastane netojuurdekasv	Kõigi puude aastane kogujuurdekasv, millest on maha arvatud loomulik kadu. (allikas: Forest Europe 2015 kohandatult)
Netokaubandus	Import miinus eksport.
Muud pressitud tooted	Kõik pressitud tooted peale puidugraanulite, näiteks brikett või ümarbrikett. (allikas: Eurostat et al. 2016)
Muud puiduosad	Tähistab oksi, kände ja latvu. (allikas: Camia et al. 2018)
Muu metsamaa	Maa, mis ei ole klassifitseeritud metsaks ja mis katab rohkem kui 0,5 hektarit, kus kasvavad üle 5 m kõrgused puud ja kus võrade liitus on 5–10 protsenti või kus puud suudavad saavutada need tasemed kohapeal, või mida katavad üle 10 protsendi ulatuses võsa, põõsad ja puud segamini. See ei hõlma maad, mis on valdavalt kasutuses põllumajandusliku või linnamaana. (Allikas: FAO 2018)
Pärast tarbimist ringlusse võetud puit	Taaskasutatav transpordis (alused) ja eramajapidamistes kasutatud puit ning hoonete ehitusel või lammutamisel või tsiviilehitustöödel tekkiv puit, mis sobib kasutamiseks kütusena või puidugraanulite ja puitlaastplaatide tootmiseks. (allikas: UNECE/FAO Forestry and Timber Section 2018)
Ürgmets	Looduslikult uuenev kohalikest puuliikidest mets, kus ei ole selgelt nähtavaid jälgi inimtegevusest ja kus ökoloogilisi protsesse märkimisväärselt ei häirita. (allikas: FAO 2018)
Esmane puitbiomass	Kogu langetatud või muul viisil ülestöötatud ja äraveetud ümarpuit. Hõlmab kogu raiete tulemusena saadud puitu, s.t metsadest ja väljaspool metsi kasvanud puudest äraveetud kogused, sealhulgas loomuliku suremise ning raie ja langetamise tulemusena saadud puit. Sinna hulka kuulub kogu koorega või kooreta äraveetud puit, sealhulgas puit, mis on äraveetud ümaral kujul või lõhestatult või jämedalt tükeldatult või muul kujul, nt okste, juurte, kändude ja pahkadena (kui neid kogutakse), ja jämedalt töödeldud või teravaotsaliseks tehtud puit. (allikas: Eurostat et al. 2016)
Puidumass	Ümarpuit, mis on peamiselt mõeldud tselluloosi, puitlaastplaatide või puitkuidplaatide tootmiseks. Hõlmab ümarpuitu (koorega või kooreta) ümaral kujul või lõhestatud puiduna või otse (s.t metsas) ümarpuidust tehtud hakkpuiduna. (allikas: Eurostat et al. 2016)
Raiemaht	Kõikide raiutud ja metsast, muult metsamaalt või muudest raiumiskohtadest äraveetud elavate või surnud puude maht. (allikas: Eurostat et al. 2016)
Ümarpuit	Kogu langetatud või muul viisil ülestöötatud ja äraveetud ümarpuit. Hõlmab kogu raiete tulemusena saadud puitu, s.t metsades ja väljaspool metsi kasvanud puude raiumisel saadud kogused, sealhulgas loomuliku suremise, langetamise ja raie kadude tulemusena saadud puitu perioodi, kalendriaasta või metsandusaasta jooksul. Sinna hulka kuulub kogu koorega või kooreta äraveetud puit, sealhulgas puit, mis on äraveetud ümaral kujul või lõhestatult või jämedalt tükeldatult või muul kujul, nt okste, juurte, kändude ja pahkadena (kui neid kogutakse), ja jämedalt töödeldud või teravaotsaliseks tehtud puit. See on koguhulk, mis hõlmab küttepuitu, sealhulgas söe tootmiseks mõeldud puitu, ja tööstuslikku ümarpuitu (toorpuitu). (allikas: Eurostat et al. 2016)
Päästeraie	Mis tahes ülestöötamine, mille sisuks on koguda veel (vähemalt osaliselt) kasutukõlblikku puitu maa-aladelt, mida on mõjutanud looduslikud häiringud. (allikas: EU 2013.)
Saepuru	Peened osakesed, mis tekkivad puidu saagimisel. -Märkus: Suurema osa materjali tüüpiline osakeste läbimõõt on 1–5 mm. (allikas: FAO 2004)
Saematerjal	Ümarpuidust kas pikisuunas saagimise või profiili lõikamise teel saadud puit, mille paksus on üle 6 mm. Selle hulka kuuluvad plangud, talad, aampalgid, lauad, sarikad, prussid, liistud, kastilauad, „saepuit“ jne järgmisel kujul: hööveldamata, hööveldatud, otsjätkatud jne. (allikas: Eurostat et al. 2016)
Teisene puitbiomass	Hõlmab metsatööstuse kõrvalsaadusi, koort ja pärast tarbimist ringlusse võetud puitu.

Lühikese raieringiga madalmets	Metsamaa, mis on taastoodetud eelmiste puukultuuride kändude, juurevõsude või mõlema juures tekkinud võrsetest, s.t vegetatiivsel teel. Kasvatatakse tavaliselt lühikese raieringiga väikese puidu saamiseks, kuid mõnikord, nt mõnede eukalüptiliikide puhul, märkimisväärse suuruseni. (Allikas: UNECE/FAO Forestry and Timber Section 2018)
Täispuidu ekvivalent	Tootes sisalduva täispuidukiu hulk. See on toote tootmiseks vajaliku ümarpuidu ekvivalendi maht (värskeltraiutud puidu maht enne kokkukuivamist) kadude või puidujääkide puudumisel. (allikas: UNECE/FAO, 2010.)
Tüvepuit	Puu tüve(de)st, s.t peamis(te)st maapinnast kasvava(te)st varrest/vartest saadud puit. Tüvepuit hõlmab põhivarrest ja jämedamatest okstest, mille pikkus „sirgena“ kuni ülemise läbimõõduni Y cm on vähemalt X m. (Allikas: Camia et al. 2018). Käesoleva uuringu tähenduses on tüvepuit tüve koore pealt mõõdetud biomass 15 cm kõrguselt (seega ei kuulu sinna hulka känd) kuni vähima ülemise läbimõõduni 9 cm.
Metsa säästev majandamine	Metsamaade haldamine ja kasutamine sellisel viisil ja määral, et need säilitavad oma tootlikkuse, bioloogilise mitmekesisuse, uuenemisvõime, elujõulisuse ja võime täita praegu ja tulevikus vastavaid ökoloogilisi, majanduslikke ja sotsiaalseid funktsioone kohalikul, siseriiklikul ja globaalsel tasandil muudele ökosüsteemidele kahju tekitamata. (allikas: Forest Europe 2011)
	Muutuv ja arenev kontseptsioon, mille eesmärgiks on säilitada ja suurendada kõikide metsatüüpide majanduslikku, sotsiaalset ja keskkonnaalast väärtust praeguste ja tulevaste põlvede jaoks. (UNFPS 2017)
Harvendusraie, harvendamine	Puistu koosseisu parendamine, et vähendada puistu tihedust eelkõige kasvu soodustamise, metsa tervise parandamise või võimaliku suremuse taastamise eesmärgil. (allikas: Deal, 2015)
Puu	Mitmeaastane puittaim, millel on üks peatüvi, või mitme tüvega madalmetsa puhul, enam-vähem selgepiiriline võra. (allikas: FAO 2020)
Puidupõhine plaat, puitplaat	Toodete kogukategooria, mis hõlmab spoonplaate, vineeri, puitlaastplaate ja puitkiudplaate. (allikas: Eurostat et al. 2016)
Hakkpuit ja puitlaastud	Puit, mis on tehtud väikesteks tükkideks ning sobib puidumassi, puitlaastplaatide ja/või puidkiudplaatide tootmiseks, kütusena kasutamiseks või muuks otstarbeks. Selle hulka ei kuulu otseselt metsas ümarpuidust toodetud hakkpuit (s.t mis on juba arvel puidumassi või küttepuiduna). (allikas: Eurostat et al. 2016)
Puidugraanulid	Pressitud tooted, mis on valmistatud otseselt kokkusurumise teel või siduva aine lisamisega vahekorras, mis ei ületa 3% massist. Graanulid on silindrikujulised, nende läbimõõt on kuni 25 mm ja pikkus kuni 100 mm. (allikas: Eurostat et al. 2016)
Tselluloos	Puidumassist, hakkpuidust, puitlaastudest või jääkidest mehaanilise ja/või keemilise töötlemise teel valmistatud kiuline materjal, mida kasutatakse paberi, papi, kiudplaadi või muu tselluloosist toote valmistamiseks. Hõlmab nii mehaanilist ja poolmehaanilist puitmassi, tselluloosi ja lahustuvat tselluloosi. (allikas: Eurostat et al. 2016)

Camia, A., Robert, N. Jonsson, K. Pilli, R., Garcia Condado, S., Lopez Lozano, R., Van Der Velde, M. et al. 2018. "Biomass Production, Supply, Uses and Flows in the European Union: First Results from an Integrated Assessment." EUR - Scientific and Technical Research Reports. Luxembourg: Euroopa Liidu Väljaannete Talitus JRC109869. https://doi.org/10.2760/181536

Deal, R., editor. 2015. Dictionary of Forestry. 2nd edition. 208 pages. ISBN: 978-0-939970-63-6

EC, 2013a, Commission staff working document accompanying the document Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions - *A new EU Forest Strategy: for forests and the forest-based sector.* Komisjoni talituste töödokument SWD(2013) 342 lõplik. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52013SC0342

EK, 2013b, Komisjoni soovitus, 9. aprill 2013 , toodete ja organisatsioonide olelusringi keskkonnatoime mõõtmise ja teatavakstegemise ühtsete meetodite kasutamise kohta. ELT L124, 04.05.2013, lk 1–210 ISO, 2006a, EN ISO 14040:2006: Environmental management – Life cycle assessment – Principles and frameworks. July 2006. http://data.europa.eu/eli/reco/2013/179/oj

EL, 2009, Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiiv 2009/28/EÜ, 23. aprill 2009 , taastuvatest energiaallikatest toodetud energia kasutamise edendamise kohta ning direktiivide 2001/77/EÜ ja 2003/30/EÜ muutmise ja hilisema kehtetuks tunnistamise kohta. ELT L 140/16, 05.06.2009

EL, 2013, Euroopa Parlamendi ja nõukogu otsus nr 529/2013/EL, 21. mai 2013 , maakasutuse, maakasutuse muutuse ja metsandusega seotud tegevustest tuleneva kasvuhoonegaaside heite ja sidumise arvestuseeskirjade ning nimetatud tegevustest tulenevate meetmetega seotud teabe kohta. ELT L 165, 18.6.2013, lk 80–97 http://data.europa.eu/eli/dec/2013/529/oj

Eurostat, FAO, ITTO, and UNECE. 2016. "Joint Forest Sector Questionnaire Definitions." https://www.unece.org/fileadmin/DAM/timber/mis/jfsq/2016/jq2016def-e.pdf**.**

FAO. 2004. "Unified Bioenergy Terminology - UBET." Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO Forestry Department - Wood Energy Programme.

FAO. 2018. "Terms and Definitions - FRA 2020." Forest Resources Assessment (FRA) Working Paper 188. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. http://www.fao.org/3/I8661EN/i8661en.pdf**.**

Forest Europe, UNECE & FAO, 2011, State of Europe's forests, 2011: status & trends in sustainable forest management in Europe, Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe, Forest Europe, Liaison Unit Oslo, Aas, Norway.

Forest Europe. 2015. "Process to Update the Pan-European Set of Indicators for Sustainable Forest Management- Relevant Terms and Definitions Used for the Updated Pan-European Indicators for Sustainable Forest Management." **Forest Europe Liaison Unit Madrid.** https://foresteurope.org/wpcontent/uploads/2017/02/3AG_UPI_Updated_Terms_Definitions.pdf**.**

UNECE/FAO, 2010. "Forest Product Conversion Factors for the UNECE Region." ECE/TIM/DP/49. Geneva Timber and Forest Discussion Papers. Geneva. www.unece.org/fileadmin/DAM/timber/publications/DP49.pdf
UNECE/FAO 2018. UNECE/FAO Forestry and timber section Joint Wood Energy Enquiry v 7.04. https://unece.org/DAM/timber/wood_energy/JWEE-2017-eng-v7.04-public.xlsx

UNEP, 1992, Convention on Biological Diversity. United Nations Environment Programme. Article 2. Use of Terms. https://www.cbd.int/convention/articles/?a=cbd-02

Vis M., U. Mantau, B. Allen (Eds.) (2016) Study on the optimised cascading use of wood. No.394/PP/ENT/RCH/14/7689. Final report. Brussels 2016. 337 pages. https://data.europa.eu/doi/10.2873/827106

Akronüümid ja lühendid

Akronüüm	Selgitus
AGB (Above Ground Biomass)	Maapealne biomass
CBM (Carbon Budget Model)	Süsinikueelarve mudel
CCI (Climate Change Initiative)	Kliimamuutuse algatus
CFRQ (Collaborative Forest Resources Questionnaire)	Ühine metsaressursside küsitlus
CWD (Coarse Woody Debris)	Jäme kõdupuit
EEA (European Environmental Agency)	Euroopa Keskkonnaagentuur
ENFIN (European National Forest Inventory Network)	Euroopa riikide metsaseire võrgustik
ETS (Emissions Trading System)	Heitkogustega kauplemise süsteem
ESA (European Space Agency)	Euroopa Kosmoseagentuur
EL	Euroopa Liit
FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations)	ÜRO Toidu- ja Põllumajandusorganisatsioon
FAWS (Forest Available for Wood Supply)	Puidu varumiseks kasutatav mets; majandatav mets
FISE (Forest Information System for Europe)	Euroopa metsateabesüsteem
FRA (Forest Resource Assessment)	Metsaressursside hindamine
FRL (Forest Reference Level)	Metsa heitkoguse võrdlustase
FSC (Forest Stewardship Council)	Metsahoolekogu
FW (Fuel wood)	Küttepuit
FWD (Fine Woody Debris)	Peenemõõtmeline kõdupuit

GAI (Gross Annual Increment)	**Aastane kogujuurdekasv**
SKT	**Sisemajanduse kogutoodang**
GHG (Greenhouse Gases)	**Kasvuhoonegaasid**
ha	**Hektar**
H&P (Heat and power)	**Soojus ja elekter**
HWP (Harvested Wood Products)	**Ülestöötatud puidust tooted; puittooted**
IAM (Integrated Assessment Model)	**Integreeritud hindamismudel**
IPBES (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services)	**Bioloogilise mitmekesisuse ja ökosüsteemi teenuste valitsustevaheline teaduspoliitika platvorm**
IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)	**Valitsustevaheline kliimamuutuste rühm**
IRW (Industrial roundwood)	**Tööstuslik ümarpuit**
JFSQ (Joint Forest Sector Questionnaire)	**Ühine metsasektori küsitlus**
JRC (Joint Research Centre)	**Teadusuuringute Ühiskeskus**
JWEE (Joint Wood Energy Enquiry)	**Ühine puiduenergia küsitlus**
LCA (Life Cycle Assessment)	**Olelusringi hindamine**
LULUCF (Land Use, Land-Use Change and Forestry)	**Maakasutus, maakasutuse muutus ja metsandus**
MAES (Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services)	**Ökosüsteemide ja nende teenuste kaardistamine ja hindamine**
MCPFE (Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe)	**Euroopa metsade kaitset käsitlev ministrite konverents**
Mg m^3	**Megagrammi kuupmeetri kohta**

Mm^3	**Miljonit kuupmeetrit**
MJ	**Megadžauli**
MS (Member State)	**(Euroopa Liidu) liikmesriik**
Akronüüm	**Selgitus**
Mt	**Miljonit tonni**
NAI (Net Annual Increment)	**Aastane netojuurdekasv**
NASA	**Riiklik Aeronautika- ja Kosmosevalitsus**
NCS (Natural Climate Solutions)	**Looduslikud kliimalahendused**
NDC (Nationally Determined Contributions)	**Riiklikult määratud panused**
NECP (National Energy and Climate Plans)	**Riikide energeetika- ja kliimakavad**
NFI (National Forest Inventory)	**Riiklik metsaseire**
NREAP (National Renewable Energy Action Plan)	**Riiklik taastuvenergia tegevuskava**
NUTS (Nomenclature of Territorial Units for Statistics)	**Statistiliste territoriaaljaotuste nomenklatuur**
o.b. (Over bark)	**Koore pealt (mõõdetud)**
OWC (Other Wood Components)	**Muud puiduosad**
PCW (Post-consumer wood)	**Pärast tarbimist ringlusse võetud puit**
PECF (Programme for the Endorsement of Forest Certification)	**Metsade sertifitseerimise programm**
RED (Renewable Energy Directive)	**Taastuvenergiadirektiiv**
SC (Specific Contract)	**Erileping**
SCI (Species of Conservation Interest)	**Kaitsehuvide seisukohalt olulised liigid**
SFM (Sustainable Forest Management)	**Metsa säästev majandamine**

SOC (Soil Organic Carbon)	**Mulla orgaaniline süsinik**
SoEF (State of Europe's Forests)	Euroopa metsade seisukord
SWE (Solid Wood Equivalent)	**Täispuidu ekvivalent**
tdm (Tonnes of dry matter)	**Kuivaine tonni**
TJ	**Teradžauli**
toe (Ton of oil equivalent)	**Naftaekvivalendi tonni**
u.b. (Under bark)	**Koore alt (mõõdetuna)**
UNECE (United Nations Economic Commission for Europe)	**ÜRO Euroopa Majanduskomisjon**
UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change)	**ÜRO kliimamuutuste raamkonventsioon**
WRB (Wood Resource Balance)	**Puiduressursibilanss**

Jooniste loend

Joonis 1. Teabeallikad puitbiomassi puidu väärtusahelas energia tootmiseks kasutamise analüüsimiseks 22

Joonis 2. Andmete interpoleerimise näide Sloveenia kohta. Punktid vastavad ühise puiduenergia küsitluse numbritele, ristid tähistavad välja arvutatud numbreid. Ühik: tuhat m^3 täispuidu maht (dir: otsene/esmane puit, ind: kaudne/teisene puitbiomass, unk: tundmatut liiki puitbiomass). 29

Joonis 3. Metsa pindala hindamine ELis. Allikas: FRA 2020 (FAO 2020) 33

Joonis 4. Juurdekasv, raied ja raiemaht ELi majandataval metsaalal; keskmised väärtused näidatuna Mm^3/aastas ajavahemiku 2004–2013 kohta. Allikas: Camia et al. 2018 34

Joonis 5. Aastane netojuurdekasv, raiemaht ja raied ELi majandatavas metsas. Allikas: Camia et al. 2018 35

Joonis 6. Päästeraied kogu raiemahust (1000 m^3, koore alt mõõdetuna) 17 liikmesriigis; ajavahemikus 2014–2018. 37

Joonis 7. Päästeraiete ja kogu raiemahu aegread (1000 m^3, koore alt mõõdetuna) 17 liikmesriigis, kus iga-aastased andmed päästeraiete kohta on kättesaadavad. Sinised jooned näitavad kogu raiemahtu, kollased jooned näitavad päästeraiet. 39

Joonis 8. Bioenergeetikas kasutatava puitkiu päritolu ELis (2015) 41

Joonis 9. Kohalik taastuvenergia tootmine ELis ja puidupõhise energia osakaal (allikas: Eurostat nrg_cb_rw) 43

Joonis 10. ELi tööstusliku ümarpuidu ja küttepuidu eemaldamised ja tarbimine elaniku kohta ja SKT elaniku kohta. Indeks 2005 = 100 (allikad FAOSTAT ja Eurostat (SKT ja rahavastik)) 44
Joonis 11. Teatatud puitbiomassi kasutamised energiatootmiseks EL-is kokku puitbiomassi liikide kaupa (miljonit m^3 täispuitu, k.a. koor). 45

Joonis 12. Energiaks kasutatud puitbiomass ELis allikate kaupa (miljonit m^3 täispuitu, k.a. koor). 46

Joonis 13. Puitbiomassi vood puiduressursibilansside eri sektorite hulgas. IRW= tööstuslik ümarpuit, FW= küttepuit, H&P= soojus ja elekter, PCW= pärast tarbimist ringlusse võetud puit. 47
Joonis 14. Sankey diagramm puitbiomassi voogudest ELis (andmed 2015 Mm^3 täispuitu) 49

Joonis 15. Puidugraanulite teatatud allikad ELis (miljonit m^3 täispuitu, kooreta). 50

Joonis 16. Tööstuslike kõrvalsaaduste teatatud allikad ELis (miljonit m^3 täispuitu, kooreta).....51

Joonis 17. Puitbiomassi sisend ja väljund materjalisektori jaoks (miljonit m^3 täispuitu, k.a. koor). 51

Joonis 18. Kogu raiemaht metsast ja väljastpoolt metsa (miljonit m^3 täispuitu, kooreta), ühise metsasektori küsitluse (2017) andmetel ja hinnanguliselt kasutamise kohta esitatud teadete põhjal. Protsendid näitavad erinevust teatatud ja hinnanguliste raiemahtude vahel (allikas: Jonsson et al. 2020). 52

Joonis 19. Majandusmetsa aastase netojuurdekasvu võrdlus ELis, arvestades esmase puidu materjalina ja energia tootmiseks kasutamise alusel hinnatud raieid ning ühise metsasektori küsitluse raiemahtude põhjal hinnatud raieid. Ühik: miljonit m^3 aastas. Ülestöötamise ja juurdekasvu suhe on esitatud protsentidena (allikas: Jonsson et al. 2020). 53

Joonis 20. Teatatud küttepuidu allikad võrrelduna teadetega esmase puidu energia tootmiseks kasutamise kohta (miljonit m^3 täispuidu ekvivalenti, koorega). 54
Joonis 21. Teisese puitbiomassi allikad võrrelduna hinnangulise materjalina ja energeetikas kasutusega, miljonit m^3 täispuidu ekvivalenti, k.a koor. Näidatakse ka erinevaid kasutusprotsente, arvestades teatatud allikaid. 55

Joonis 22. Teisese puitbiomassi allikad, miljonit m^3 täispuidu ekvivalenti, k.a koor, võrrelduna energia tootmiseks kasutatava teisese puitbiomassiga ja energia tootmiseks kasutatava kategoriseerimata puitbiomassiga. Näidatakse ka erinevaid kasutusprotsente, arvestades teatatud allikaid. 56

Joonis 23. Kogu energeetikas kasutamine kõrvutatuna kõikide allikatega (sealhulgas arvestamata), miljonit m^3 täispuidu ekvivalenti, k.a koor. Aastalõpu koguarvestus, milles ei ole kaskaadimisest tingitud kahekordset lugemist. 57

Joonis 24. Viitebiomassistatistika kaart aastal 2010, väljendatud metsaala biomassitihedusena (üksus: megagrammi hektari kohta, võrdub tonniga hektari kohta). 67

Joonis 25. Euroopa metsades olemas oleva puidu protsent. Puidu protsent on maapealse biomassi üksusena riikide puhul, kus on saadaval piirkondliku tasandi andmed (SC18-19-s osalevad riigid) ja kasvava metsa üksusena riikide puhul, kus on saadaval riigi tasandi andmed (andmed võetud SoEF 2015 aruandest). 68
Joonis 26. Euroopa korrigeeritud eelistusega biomassikaart, mis on võetud uurimusest Santoro et al. (2018) ja mida on kohandatud vastama viitestatistikale metsaala ja biomassi tiheduse osas 70

Joonis 27. Erinevate keskkonna ja kestlikkuse mõjuhinnangute ulatuslikkuse ülevaade. Täiendavate andmete saamiseks vt ka Agostini et al. (2020). 82

Joonis 28. ELi metsa bioenergia kliimamõju ja keskkonnaalase kestlikkuse suunamise vahendite ja nendevahelise vastastikuse mõju skemaatiline kujutis (võetud Grassi et al., koostamisel). 85

Joonis 29. EL27+ÜK[b] kütusena kasutatava biomassi CO_2 heited 88

Joonis 30. Praeguse EL 2030 (EL27+ÜK) kliima- ja energeetikaraamistiku skemaatiline kujutis, sealhulgas iga õigusakti eesmärgid (oranž tekst) (võetud Grassi et al., koostamisel). 90

Joonis 31. Puidupõhise bioenergia nõudluse muutuste käivitajate, metsapõhise sektori võimalike muutuste ja neid vahendavate tegurite kaudu ühendava seose skemaatiline kujutis. Allikas: Kohandatud väljaandest (Giuntoli et al., 2020b) 97

Joonis 32. Näited olelusringi hindamise uuringute kasutamisest poliitika toetuseks ja olelusringi hindamise metoodika rakendamisest ELi poliitikas, rühmitatud analüütilise konteksti ja modelleerimise keerukuse põhjal. Allikas: (Giuntoli et al., 2019) 98

Joonis 33. Metsa bioenergia olelusringi hindamise uuringus arvesse võetavate süsiniku talletajate, majandussektorite ja voogude kujutis. 99

Joonis 34. Tasuvusaja ja atmosfäärisüsiniku pariteetsuspunkti visuaalne kirjeldus. Roheline joon: metsa süsinikuvarude vähenemine bioenergia tootmise tõttu; must joon: süsinikuheidete akumuleeruv vähenemine fossiilkütuste asendamise tulemusena. Allikas: *(Agostini et al., 2014)* 101

Joonis 35. Metsa bioenergia tarneahelatest tuleneva elurikkusele ja ökosüsteemide tervisele avaldatava surve skeem. Esmajärjekorras saame eristada maakasutuse muutusest ja maa majandamisest (s.t metsa majandamisest) tingitud kohaliku tasandi otsest survet ning muud survet, mis on põhjustatud tarneahela heidetest, nagu hapestamine, eutrofeerumine ja üleilmne kliimamuutus. 103

Joonis 36. Selles peatükis kasutatud kirjanduse hindamise raamistik. 105

Joonis 37. Metsa bioenergia suundumuste hindamise kategooriad 107

Joonis 38. Raiejääkide äraveole järgnev põhjuslike seoste ahel. Kohandatud väljaandest: (Ranius et al., 2018) 111

Joonis 39. Osas 5.8.1.3 toodud tõendite kokkuvõtet kirjeldavate arengusuundade näidised. Riskitäpsustid viitavad võimalikule riskile, s.t riskile, mida ei leevenda olemasolevad õigusaktid, soovitused või vabatahtlikud sertifitseerimiskavad. Tärniga arengusuundumused viitavad võimalikule turvameedetele, mida kirjeldatakse osa 5.8.1.3 tekstis. 122

Joonis 40. Tegurid, mis mõjutavad maakasutuse või maa majandamise muutumise mõju. 124

Joonis 41. Osas 5.7.3 toodud tõendite kokkuvõtet kirjeldavate arengusuundumuste näidised. Heleoranž näidise tüübi number viitab metsastamisega seotud sekkumistele, kuid helesinine näidise tüübi number viitab istandiks muutmisele. Riskitäpsustid viitavad võimalikule riskile, s.t riskile, mida ei leevenda olemasolevad õigusaktid, soovitused või vabatahtlikud sertifitseerimiskavad. 139

Joonis 42. Arengusuundade näidiste kvalitatiivne hinnang nende mõju alusel kliimale ja elurikkusele. Mustad sümbolid tähistavad arengusuundi, mis on seotud „raiejääkide äraveo“ sekkumisega, kollased sümbolid viitavad „metsastamisele“ ja sinised sümbolid viitavad „istandikekes muutmise“ sekkumistele. Määramatuse vahemik on paigutatud sinna, kus süsinikuheidete tasuvusaega ei olnud võimalik paigutada ühtegi juba üldjoontes määratletud tasemesse. Sekkumiste koht igas alljaotuses on meelevaldne. 146

Tabelite loend

Tabel 1. JWEE (roheline) ja NREAP (oranž) andmete kättesaadavus puitbiomassist saadava energia analüüsimiseks EL-27 liikmesriikides ja ÜKs. 27

Tabel 2. Puiduressursibilansside energiaandmete allikad (tumeroheline: JWEE; heleroheline JWEE väärtuste vaheline interpolatsioon; oranž: NREAP andmed; heleoranž: NREAP andmete interpolatsioon). 28

Tabel 3. Päästeraiete osakaal põhjuste kaupa aruandeperioodil. 40

Tabel 4. ELi puiduressursibilansside kokkuvõte (tuhat m^3 täispuiduekvivalenti, koorega). Positiivne netokaubandus tähendab netoimpordimahtusid. 47

Tabel 5. Mitme metsa bioenergia arengusuundumuse süsinikuheidete vähendamise kvalitatiivne analüüs võrreldes kahe erineva fossiilse allikaga ja kolmes eri ajaraamistikus. Allikas (Agostini et al., 2014) 102

Tabel 6. Kesksed elurikkuse muutujate klassid ja näited näitajatest Allikas: (Pereira et al., 2013) 106

Tabel 7. Raiejääkide äraveo sekkumise juhtumiuuringud ja mõjuhinnang. Halliga tähistatud hinnang tähendab, et hindamise selgitamiseks on vaja täiendavaid kommentaare. 116

Tabel 8. Metsastamise sekkumise juhtumiuuringud ja mõjuhinnang. Halliga tähistatud hinnang tähendab, et hindamise selgitamiseks on vaja täiendavaid kommentaare. 128

Tabel 9. 'Istandikuks muutmise' sekkumise juhtumiuuringud ja mõjuhinnang. Halliga tähistatud hinnang tähendab, et hindamise selgitamiseks on vaja täiendavaid kommentaare. 134

Tabel 10. Analüüsitud arengusuundumuste arhetüüpide tasuvuse aja hindamine 143

Tabel 11. Iga sekkumistüübi korral arvesse võetud alternatiivide kokkuvõte 144

Tabel 12. Elurikkuse ja süsinikuarvestuse hinnangute kokkuvõte arengusuundumuse kohta seoses raiejääkide väljaveoga. 144

Tabel 13. Elurikkuse ja süsinikuarvestuse hinnangute kokkuvõte arengusuundumuse kohta seoses metsastamise ja istandikega. 145

Autorid ja nende panus



Andrea Camia sai 1995. aastal metsanduse alal PhD kraadi. 1996–2003 oli ta Torino ülikooli ja Palermo ülikooli (Itaalia) dotsent. Andrea on 2004. aastast töötanud Teadusuuringute Ühiskeskuses , ta on vanemteadur ning juhtis käesolevas aruandes esitatud uuringut kui Teadusuuringute Ühiskeskuse (JRC) kestlike ressursside direktoraadi juht, mis hõlmab ka JRC biomassi uuringute ja biomajanduse teadmuskeskuse tegevuse koordineerimist. Juunist 2020 on tema uurimistegevus keskendunud Maa kaugseire ja Copernicuse toodetele ja teenustele.



Sarah Mubareka sai magistrikraadi keskkonnateaduste alal Sherbrooke'i ülikoolist (Kanada) ja Ph.D. kraadi kaugseire alal samast õppeasutusest. 2000. aastal ühines ta Teadusuuringute Ühiskeskusega ning sai 2013. aastal metsaressursside ja kliima osakonna vastutavaks teadusametnikuks. Praegu juhib ta Biomassi Mandaati (*Biomass Mandate*), ühisraamistikku, mille raames käesolev aruanne kirjutati.



Nicolas Robert'il on inseneriharidus ja magistrikraad põllumajanduses Paris-Grignon'i riiklikust agronoomiainstituudist ning PhD keskkonnaökonoomikas AgroParisTech'ist (Prantsusmaa). Nicolas ühines Teadusuuringute Ühiskeskuse biomajanduse osakonnaga 2016. aastal. Oma teadustöös keskendub ta metsapõhise biomajanduse arendamise sotsiaalmajanduslikele mõjudele Euroopa Liidus. Selle peamised aspektid puudutavad metsapõhist ja metsaga seotud tööhõivet ning metsandusaruandlust. Samuti teeb ta kaastööd Euroopas kättesaadava biomassi sektoriüleste hinnangute ülevaatele. Varem tegeles ta metsaseirega, sealhulgas Euroopa metsaseirete kooskõlastamisega, metsakasvu modelleerimisega, süsinikuvoogudega metsapõhises sektoris ning metsa ökosüsteemi teenuste pakkumise ja hindamisega Euroopas ja Vahemere piirkonnas. Nicolas on 2. peatüki põhiautor.



Ragnar Jonssonil on M.Sc. kraad metsanduses Rootsi põllumajandusteaduste ülikoolist (SLU), M.Sc. kraad sotsiaalteadustes Lundi ülikoolist ja D. Tech. kraad Växjö ülikoolist. Ragnar keskendub oma töös metsaressursside ja metsatoodete nõudluse analüüsile Euroopa tasandil, sealhulgas puidutoodetele ja mittepuidutoodetele. Tema töökogemus hõlmab puidutoodete tootmist ja nõudluse prognoosimise analüüsi Euroopa tasandil, Euroopa metsamaastike integreeritud majandamise uurimist ning Põhja-Euroopa metsade majandamise praeguse olukorra ja puitbiomassi tarnete suurendamise väljavaadete uurimist. Ragnar viis FAO jaoks läbi puidutoodete turgude ning puidutoodete pakkumise ja nõudmise tootmisprognooside ökonomeetrilise analüüsi üleilmsel tasandil. Ragnar on 3. peatüki põhiautor.



Valerio Avitabile on metsandusteadlane, kellel on metsaseire ja hindamise kogemused nii kohalikul kui üleilmsel tasemel. Ta on töötanud Teadusuuringute Ühiskeskuses 2016. aastast, tegeledes Euroopa metsaressursside analüüsi ja ruumiandmete lõimimisega. Tema uurimistegevus keskendub metsa biomassi hindamisele ning välitööde ja kaugseire andmevoogude lõimimisele. Valeriol on doktorikraad geograafias Friedrich-Schilleri ülikoolist (Jena, Saksamaa) ja ta veetis 5 aastat teadurina Wageningeni ülikooli (Holland) geoteabe ja kaugseire laboratooriumis, kus ta tegi koostööd tähtsaimate uurimisasutustega, mis tegelevad metsaseirega kosmosest, nagu FAO, Euroopa Kosmoseagentuur (ESA) ja Wood Hole'i uurimiskeskus. Tema tähtsaimad oskused on kujutiste töötlemine, metsaandmete analüüs ja ruumiline modelleerimine. Valerio on 4. peatüki põhiautor.



Jacopo Giuntoli sai oma PhD kraadi Delfti tehnikaülikoolist 2006. aastal ja MSc. kraadi energeetikas Politecnico di Milanost 2005. aastal. Jacopo töö keskendub biokütuste ja bioenergeetika keskkonnaalase kestlikkuse hindamisele olelusringi hindamise kaudu. Jacopo toetas ELi komisjoni kestliku bioenergeetika poliitika koostamist, kus ta vastutas tahke ja gaasilise bioenergia kasvuhoonegaaside vaikimisi määratud heitkoguste väljaarvutamise eest ELI taastuvenergia direktiivis. 2018 . aastal töötas Jacopo rahvusvahelises puhta transpordi nõukogus, uurides kuidas metsa majandamise valikud mõjutavad metsa bioenergia kliimamuutuste leevendamise potentsiaali. Jacopo on 5. peatüki põhiautor.

Giacomo Grassi on olnud Euroopa Komisjoni Teadusuuringute Ühiskeskuse (JRC) vastutav vanemteadusametnik 2005. aastast. Tal on PhD kraad metsaökoloogias. Ta juhib "Maakasutuse, maakasutuse muutuse ja metsanduse" (LULUCF) rühma, mis tegeleb majandatavate maismaaökosüsteemide (peamiselt metsade) CO2 voogudega ja nendest teatamisega ÜRO kliimamuutuste raamkonventsioonile (UNFCCC). Ta osutab teaduslikku tuge ELi tasandi (nt metsa heitkoguse võrdlustase 2020-järgses LULUCF määruses) ja Pariisi kokkuleppe kohaste poliitikate kavandamisele. Giacomo on LULUCFi kasvuhoonegaaside inventuuraruannete ekspert UNFCCC jaoks ja mitme IPCC aruande ("2013 Supplementary Guidance under the Kyoto Protocol", "Methodological Refinement of the 2006 Guidelines for GHG inventories" ja "Special Report on Climate Change and Land", "6th Assessment Report – WGIII") juhtiv autor. Giacomo aitas koostada 5. peatükki.

Noemi E. Cazzanigal on Ph.D. kraad geodeesias ja geomaatikas ning keskkonna- ja maaplaneerimise insenerikutse. Enne Teadusuuringute Ühiskeskusega ühinemist 2016. aastal töötas ta kümme aastat Politecnico di Milano's (Milano tehnikaülikoolis). Noemi on andmebaaside juht ja tegi kaastööd 3. peatüki analüüsile.

Gediminas Jasinevičius sai magistrikraadi metsanduses Rootsi põllumajandusteaduste ülikoolist ja Ph.D. kraadi keskkonnapoliitika alal Ida-Soome Ülikoolist. Gediminas on asjatundja puidu kestliku kasutamise alal kliimamuutuste leevendamiseks ja biomajanduse toetuseks. Gediminas aitas kaasa 3. peatüki koostamisele päästeraiete kvantifitseerimise ja analüüsiga.

José I. Barredo on Euroopa Komisjoni Teadusuuringute Ühiskeskuse vanemteadur. Ta on geograaf (PhD), kes on spetsialiseerunud metsa ökosüsteemi teenustele, elurikkusele, kliimamuutustele ja geoinformaatikale. José aitas koostada 5. peatükki.



Lisa

Raiejäägid

Scopus TITLE-ABS-KEY ("logging residues" OR "deadwood" OR "dead-wood" OR "dead wood" OR "slash" OR "stump" OR "stumps" OR "whole tree harvest") AND TITLE-ABS-KEY ("*diversity" OR "ecosystem health" OR "ecosystem condition" OR "soil" OR "species" OR "ecosystem function" OR "ecosystem structure" OR "population" OR "abundance" OR "richness" OR "genetic") AND TITLE-ABS-KEY ("review" OR "meta-analy*") AND SUBJAREA ("AGRI" OR "ENVI" OR "EART" OR "ENER" OR "ECON") AND NOT TITLE-ABS-KEY ("slash-and-burn" OR "slash and burn")

Metsastamine

Scopus TITLE-ABS-KEY ("afforestation" OR "reforestation") AND TITLE-ABS-KEY ("*diversity" OR "ecosystem health" OR "ecosystem condition" OR "soil" OR "species" OR "ecosystem function" OR "ecosystem structure" OR "population" OR "abundance" OR "richness" OR "genetic") AND TITLE-ABS-KEY ("review" OR "meta-analy*") AND SUBJAREA ("AGRI" OR "ENVI" OR "EART" OR "ENER" OR "ECON"

GETTING IN TOUCH WITH THE EU

In person

All over the European Union there are hundreds of Europe Direct information centres. You can find the address of the centre nearest you at: https://europa.eu/european-union/contact_en

On the phone or by email

Europe Direct is a service that answers your questions about the European Union. You can contact this service:

- by freephone: 00 800 6 7 8 9 10 11 (certain operators may charge for these calls),
- at the following standard number: +32 22999696, or
- by electronic mail via: https://europa.eu/european-union/contact_en

TEABE LEIDMINE ELi KOHTA INTERNETIST

Teave Euroopa Liidu kohta kõigis ELi ametlikes keeltes on kättesaadav Europa veebilehel https://europa.eu/european-union/index_en

ELi väljaanded
Tasuta ja tasulisi ELi väljaandeid saab alla laadida või tellida EU Bookshop'ist https://publications.europa.eu/en/publications. Tasuta väljaannete eksemplaride saamiseks võib ühendust võtta Europe Directiga või teie kohaliku teabekeskusega (vt https://europa.eu/european-union/contact_en).

KJ-NA-30548-EN-N

The European Commission's science and knowledge service

Joint Research Centre

JRC Mission

As the science and knowledge service of the European Commission, the Joint Research Centre's mission is to support EU policies with independent evidence throughout the whole policy cycle.

EU Science Hub

ec.europa.eu/jrc

@EU_ScienceHub

EU Science Hub - Joint Research Centre

EU Science, Research and Innovation

EU Science Hub

Publications Office of the European Union

doi:10.2760/831621

ISBN 978-92-76-27867-2