

Artikkeli



Otto Snellman^a & Sakari Säynäjoki^b

Vihreää vai mustaa kultaa? Metsäteollisuuden ja fossiilitalouden symbioosi

Green or Black Gold? Symbiosis of the Forest Industry and the Fossil Economy

The forest industry is often presented as an alternative or even as an independent counterforce to the fossil industry: bio-based products substitute for fossil-based products and mitigate emissions. In Finland, the history of forest industry and forestry remains typically unconnected with fossil fuels and materials. Instead, Finnish society is seen as built upon the expansion of the forest sector, i.e., the proverbial "wooden leg". We question these perceptions through the symbiosis perspective: the modern forest sector is not separate from but symbiotic with the fossil economy. We first examine the environmental and economic history of the Finnish forest sector through the symbiosis perspective. We show that next to the wooden leg of Finland has stood an even sturdier "fossil leg". Secondly, we discuss the narrative of replacement that is used to justify current and future forest bioeconomy. We present a common critique of replacement, i.e., the scale problem: there are not enough sustainable (forest) biomasses to substitute for fossil materials, if the scale of the economy is not shrunk significantly. Furthermore, we show how replacement is made more difficult by the symbiosis of the forest industry and the fossil economy.

Keywords: forest industry, forestry, bioeconomy, fossil fuels

Aluksi

Metsäteollisuus esittää itsensä (lähes) riippumattomana fossiilisista polttoaineista ja materiaaleista, suoranaisena vastavoimana niille. Alan johtavan kotimaisen etujärjestön mukaan metsäteollisuuden tehtaat "voivat olla fossiilivapaita noin kymmenen vuoden päästä" ja hiilidioksidin talteenoton ansiosta "hiilinegatiivisia pian sen jälkeen" (Metsäteollisuus 2024). EU:n ilmastotavoitteiden suhteen Metsäteollisuus (2025) esiintyy ratkaisijana, joka valmistaa fossiilisia poltto- ja raaka-aineita korvaavia tuotteita, turvaa omavaraisuutta, varastoi eloperäistä

^a Kestävyystieteen instituutti (HELSUS), Helsingin yliopisto, otto.snellman@helsinki.fi

^b Kestävyystieteen instituutti (HELSUS), Helsingin yliopisto

hiiltä ja vauhdittaa vetytaloutta – tosin sen mielestä ”ilmastopolitiikan on oltava realistista ja edistettävä metsien kasvua ja terveyttä sekä raaka-aineen saatavuutta biotalouden tarpeisiin”. Lisäksi Metsäteollisuuden mukaan ilmastopolitiikassa tulisi unohtaa metsien ”ailahtelevat nielut” sekä keskittyä fossiilisten päästöjen vähentämiseen ja metsäbiotalouden edistämiseen (mt.). Metsäteollisuuden tiedotteet eivät tosin mainitse nielujen ailahtelun keskeisintä syytä, korkeaa hakkuutasoa (ks. Seppälä & Mäkipää 2025).¹

Yhteiskunta- ja ympäristötieteiden tutkijat ovat viime vuosina kritisoineet metsäsektoria vuolaasti esimerkiksi taloudellis-tuotannollisen kasvun priorisoinnista luonnon kustannuksella (Kröger & Raitio 2017), ekstraktivismista (Holz 2023), kuitupuukapitalismista (Kellokumpu & Säynäjäkangas 2022) ja vapaamatkustamisesta ilmastotoimissa (Toivanen 2021; Ahokas ym. 2025a). Lyhyitä mainintoja (Säynäjäkangas & Kellokumpu 2020; ks. Vezzoni & Ramcilovic-Suominen 2023) lukuun ottamatta kritiikkien kärjistä on kuitenkin uupunut *fossiilikysymys*: metsäteollisuuden ja -talouden kietoutuminen fossiilisiin poltto- ja raaka-aineisiin sekä niiden muotoilemiin yhteiskunnallisiin ja kulttuurisiin taipumuksiin (Snellman & Säynäjoki 2026).

Oletukset metsäalan fossiilisuhteista voivat olla kriittisissä puheenvuoroissa ja tutkimuksessa yllättävän samansuuntaisia metsäteollisuuden omien näkemysten kanssa: usein esitetään, että uudistunut metsäteollisuus pystyisi korvaamaan kestävästi fossiilisia polttoaineita, vaatekuituja, kemiantuotteita, muoveja ja rakennusmateriaaleja (esim. Ahokas ym. 2025b) sekä jouduttaisi fossiilitonta vety- ja kiertotaloutta (Ollikainen ym. 2025).² Fossiiliset teollisuudenalat, kuten muoviteollisuus, nähdään metsäteollisuudelle vastakkaisina, jättimäisinä ja kasvavina kilpailijoina (Ahokas ym. 2025b), jotka estävät metsäalan siirtymän esimerkiksi hydyttämällä uusien tuotteiden kysyntää (Donner-Amnell 2025). Samankaltainen oletus metsäalan ja fossiilisten vastakkaisuudesta toistuu tutkijoiden historiallisissa narratiiveissa. Esimerkiksi Jakob Donner-Amnellin (2022, 70) mukaan halvan fossiilienergian myötävaikutuksesta 1950-luvun jälkeen ”betoni ja teräs syrjäyttivät puun rakentamisessa, petrokemianteollisuus valtasi kemikaali- ja polttonestemarkkinat ja puun käyttö energiaksi väheni tuntuvasti”, vaikka samalla metsäala alkoi itsekin käyttämään enemmän fossiilisia (vrt. Jensen-Eriksen 2007, 233). Toisinaan metsä- ja fossiiliteollisuus yhdistetään julkisessa keskustelussa vertauskuvallisesti: ”Metsät ovat Suomelle kuin öljy Norjalle” (ks. esim. Jokela 2024). Fraasilla yleensä viitataan kummankin luonnonvaran ja teollisuudenalan kansalliseen tärkeyteen, ei metsän ja öljyn yhteyksiin.

Metsäsektorin konkreettinen kietoutuminen fossiilisiin ansaitsisi kuitenkin enemmän huomiota tutkimuksessa ja julkisessa keskustelussa. Viittaamme artikkelissa fossiililla öljyyn, kivihiiileen ja maakaasuun sekä näistä jalostettuihin raaka-aineisiin ja materiaaleihin, kuten petrokemian yhdisteisiin. Fossiilikysymys haastaa sekä pinttyneitä tarinoita Suomen metsäteollisuuden historiasta että toivekuvia metsäbiotalouden tulevaisuudesta. Tarkastelemme seuraavassa metsäteollisuuden ja fossiilisten yhteenkietoutumista systeemisen *symbioosin* näkökulmasta. Etenkin ranskalaishistorioitsija Jean-Baptiste Fressoz’n (2024) tunnetuksi tekemästä symbioosiperspektiivistä katsoen puun ja fossiilisten

1 Luken (esim. 2025b) julkaisuissa usein mainitaan tärkeimmät syyt hiilinielujen hupenemiselle, muttei eri syiden suhteellista merkittävyyttä. Jotkut metsäsektorin edunvalvojat, kuten MTK:n metsävaltuuskunnan puheenjohtaja Mikko Tirola, ovat näkyvästi kieltäneet tieteelliset tulokset suurten hakkuumäärien vaikutuksista nieluihin (ks. Palokallio 2025). Nielujen romahdusta on pidetty laskennallisena (mt.), ja Luken nielulaskentaa on kyseenalaistettu kiivaasti. Maa- ja metsätalousministeriö jopa asetti keväällä 2025 tutkimusprofessori Annika Kankaan johtaman työryhmän tarkistamaan Luken nielulaskentaa. Työryhmän loppupäätelmä oli: ”nykyinen kasvihuonekaasuinventaario on tehdyt asianmukaisesti ja kansainvälisten ohjeiden mukaisesti” (Luke 2026).

2 Tutkijat toki esittävät pitkän luudan ehtoja metsäteollisuuden uudistumiselle: pitää painottaa tuotantoa pitkäkestoisempiin ja arvokkaampiin tuotteisiin, ohjata energiapuuta teollisuudelle, lisätä suuresti uusiutuvan sähkön tuotantoa, minimoida mustalipeän polttaminen teollisuudessa, kehittää metsänhoitoa ja puunhankinnan arvoketjuja, uudistaa metsänomistajien kannustimia ja teollisuuden tukia, avata markkinoiden pullonkauloja, maltillistaa hakkuita, kypsyttää teknologioita, vahvistaa valtion suunnitelmallista teollisuuspolitiikkaa jne.

käyttö eivät suinkaan ole toisilleen vaihtoehtoisia, vaan pikemminkin tiiviisti kytkeytyneitä. Fossiilisten, puun ja monen muun raaka-aineen ja energiamuodon innovaatioilla ja teollisella käytöllä on taipumus ruokkia toisten raaka-aineiden ja energiamuotojen kasvavaa käyttöä, ei korvaamalla vähentää niitä. Siksi teollisen kapitalismin historiassa hyvin harvan raaka-aineen/energiamuodon käyttö on absoluuttisesti vähentynyt, saati lakannut kokonaan, vaikka käyttömuodot ovatkin muuttuneet ajan saatossa. Eri materiaalien ja energioiden uudistuvat (ja uusvanhat) käyttömuodot ovat ennemmin nivoutuneet toisiinsa, lietsoneet toinen toisiansa ja siten kasvaneet yhdessä.

Fressoz (2024) mainitsee lukuisia tapoja, miten öljy ja kivihiili ovat mahdollistaneet metsäteollisuuden ja -talouden kasvun (ja tosinpäin!) Suomessa ja muissa metsäisissä maissa: moottorisahat, hakkuukoneet, kuormatraktorit, metsäautotiet, rautatiet, tukkirekat, lannoitteet, poltto- ja tarvepuun ohjaaminen teollisuudelle ja niin edelleen. Tarkennamme ensiksi tätä historiallista esimerkkiä keskittymällä Suomen tapaukseen. Tulkitsemme Suomen metsäsektoria käsittelevää ympäristö- ja taloushistoriaa sekä tieteen ja teknologian historiaa symbioositeesin valossa ja näytämme, miten Suomen yhteiskunnan kuuluisaa ”puujalkaa” on kannatellut toisen maailmansodan jälkeen vantttera ”fossiilijalka”.

Seuraavaksi keskitymme metsäbiotalouden keskeiseen tulevaisuusnarratiiviin fossiilisten korvaamisesta. Avaamme biotalouden sosioekologisessa tutkimuksessa esitettyä *korvaamisnarratiivin* kritiikkiä eli *mittakaavaongelmaa*: kestävät (metsä)biomassat eivät mitenkään riitä korvaamaan fossiilisia materiaaleja, jos koko talouden skaalaa ei pienennetä tuntuvasti. Korvaamista myös vaikeuttaa entisestään symbioosi bio- ja fossiilitalouden välillä: esimerkiksi monet keskeiset puu- ja fossiilituotteet ovat *hybridejä ja komposiitteja*. Korvaamisnarratiivi on taipuvainen sivuuttamaan sekä mittakaavaongelman että symbioosin. Kun fossiilisia pyritään yksinkertaisesti korvaamaan biomassoilla kussakin käyttökohteessa, fossiilitaloudessa vakiintuneet resurssien käyttötarkoitukset ja päämäärät hyväksytään helposti sellaisenaan. Riittämättömien biomassojen ja symbioottisen tuotannon oloissa kuitenkin juuri käyttötarkoituksia ja kulutuksen syitä on arvioitava uudelleen. Siksi korvaamisen logiikasta pitää irrottautua ja korvaamisnarratiivi hylätä.

Puujalan fossiilijalka

Suomelle erityistä on verrattain vähäinen fossiilienergian käyttö ennen toista maailmansotaa (Kunnas & Myllyntaus 2009). Maan teollisuus, mukaan lukien metsäteollisuus, perustui alkuun pitkälti puuenergialle, vesivoimalle ja lihasvoimalle. Vuosina 1860–1900 teollisuuden energiatarpeista 87 prosenttia tyydytettiin puulla ja vesivoimalla (mt., 173). Vielä 1900-luvun alussa ihmisten ja hevosten lihasvoiman osuus mekaanisesta työstä oli yli puolet (Riekkinen & Ruuskanen 2021, 337), ja lihasvoima säilyi keskeisenä metsätaloudessa 1960-luvulle saakka. Suomen energiaomavaraisuusaste oli yli 90 prosenttia 1920-luvun loppupuolelle saakka (Myllyntaus 2011, 36).

Vaikka fossiilisia alettiin tuomaan ulkomailta teollisuuden ja moottoriliikenteen käyttöön jo 1800–1900-lukujen taitteesta alkaen, keskitymme toisen maailmansodan jälkeiseen ajanjaksoon. Tällöin näet alkoi räjähdysmäinen muutos: ulkomailta tuodut fossiiliset kylläستivät vauhdilla Suomen yhteiskunnan, energiajärjestelmän ja teollisuuden. Esittelemme kolme keskeistä tapaa, miten fossiilisten hyöky Suomeen kiihdytti metsäteollisuutta ja -taloutta: metsien ”kasvun ihme”, puunhankinnan tehostaminen ja laajentaminen sekä puun ohjaaminen metsäteollisuudelle.³ Vaikka keskitymme siihen, miten fossiiliset

3 Fossiilisten merkitystä pitäisi tarkastella myös varhaisemman teollisuushistorian osalta, erityisesti laadullisesti ja raaka-ainekäytön suhteen. Jo toisen maailmansodan aikaan ”osa teollisuudesta oli täysin riippuvainen öljyjalosteiden, kivihiilen ja kokein katkeamattomasta tuonnista” (Riekkinen & Ruuskanen 2021, 340). Lisäksi olisi syytä tarkastella fossiilisten roolia vientiteollisuuden kasvun edellyttämässä ympärivuotisessa kansainvälisessä logistiikkaketjussa (ks. Jensen-Eriksen 2007, 240–242) sekä fossiilimentaliteettien (Schmelzer & Büttner 2024) syntymistä metsäalalla, esim. uudet metsurien ja koneyritysten ammattikunnat ja ”metsänparantajat” (Tuokko 1992).

ovat paisuttaneet metsäalaa, on tärkeä huomioida suhteen historiallinen vastavuoroisuus: fossiilisia oli ylipäättään mahdollista tuoda maahan pitkälti kiihtyvän metsäteollisuuden tarjoamien vientitulojen ja kauppapoliittisten mahdollisuuksien ansiosta (Myllyntaus 2011).

Molempia hyödyttävää vastavuoroisuutta eli mutualismia ei tarvitse pitää symbioosin edellytyksenä (symbioosista eli yhteiselosta biologisena käsitteenä, ks. Martin & Schwab 2012). Ymmärrämme symbioosin laajasti eri raaka-aineiden ja energiamuotojen teollisen hyödyntämisen, kauppaamisen ja kuluttamisen yhteen nivoutumisena. Kuten Fressoz (2024) todentaa lukuisin esimerkein, symbioosilla on ollut taipumuksena ruokkia raaka-aineiden ja energiamuotojen kasvavaa käyttöä ja niitä hyödyntävien sektorien materiaalista kasvua. Symbioosi voi olla mutualistisen kasvun sijaan kommensalistista eli vähintään yhden osapuolen kasvua kiihdyttävää ja muille neutraalia (vrt. Martin & Schwab 2012). Olennaisinta on erottaa symbioosista kilpailusuhde, jossa osapuolet käyttävät samoja rajallisia resursseja: metsä- ja fossiilisektorin suhdetta ei siis tule ymmärtää yksinomaan kilpailuna rajallisista markkinoista ja kysynnästä.⁴

Fossiilinen ”kasvun ihme”

Metsäalan pr-kampanjoiden (esim. Metsien Suomi n.d.) kulmakivenä on metsien ”kasvun ihme” (Huikari 1998). Valtakunnan metsien inventointien mukaan 1920-luvulta alkaen Suomen metsien puuston määrä on kasvanut 87 prosenttia ja vuotuinen kasvu yli kaksinkertaistunut (Korhonen ym. 2024). Ihme tosin siunaantui vasta vuoden 1970 tietämällä, jolloin metsien kasvu ampaisi nousu-uralle, mutta hakkuut ja luonnollisesti kuollut puusto eli poistuma pysyi tasaisena – samoihin aikoihin kun fossiilisista tuli Suomen tärkein energialähde (Kunnas & Myllyntaus 2009).⁵

Metsien kasvun lisääminen tai niin kutsuttu metsänparantaminen oli 1900-luvulla alati voimistuva liike-elämän ja politiikan prioriteetti. Metsänparantamisen edistämiseksi valtioneelimit kohdistivat metsänomistajiin sekä lainsäädännöllistä pakkovaltaa (Siiskonen 2007) että laajamittaista ”metsäpropagandaa” (Jensen-Eriksen 2007, 320). Tästä huolimatta kasvu ei sanottavasti kohentunut puoleen vuosisataan (1920–1970), ja vielä 1960-luvulla puuston poistuma enimmäkseen ylitti kasvun (Kunnas & Myllyntaus 2009). Ratkaisuksi kehitettiin useita metsänparannusohjelmia. Näistä merkittävimmät olivat osin Maailmanpankin lainoittamat 1960- ja 1970-lukujen Metsätalouden rahoitusohjelmat eli MERA-ohjelmat, jotka historioitsijoiden mukaan ”*olivat kaikin tavoin ainutlaatuisia suuruudeltaan ja vaikutuksiltaan*” (Enbuske & Ruuskanen 2021, 187). Viimeistään MERA-aikakaudella metsänparantaminen koneistettiin ja tehometsätalous lyötiin läpi laajalla rintamalla luonnonpuolustajia kuulematta: käynnistyi laajamittainen soiden ojittaminen, lannoittaminen, taimikonhoito, avo- tai muu päätehakkaaminen, alaharvennukset ja metsänviljely.

On vaikeaa arvioida, kuinka paljon mitkäkin tekijät ovat vaikuttaneet kasvun ihmeeseen (ks. Kellokumpu & Säynäjäkangas 2022). Lisäksi ”ympäristötekijät” – eli fossiilisten polttamisen kuumentama ilmasto, ilmakehän lisääntynyt hiilidioksidi ja päästöjen aiheuttama typpilaskeuma – voivat selittää ojittamattomien kangasmetsien kasvunlisäyksestä peräti

4 Toisin kuin jotkut biologiset symbioosin määritelmät (ks. Martin & Schwab 2012), emme pidä tässä tekstissä parasitismia – eli yhden hyötymistä toisen kustannuksella – symbioosina. Kiiämme tuntematonta vertaisarvioijaa huomiosta, joka auttoi meitä tarkentamaan symbioosin määritelmää.

5 Ihmeessä on kaksi tahraa. Ensinnäkin Suomen metsien puumäärä oli arvioiden mukaan 1900-luvun alussa ennätysalhaalla, koska puuston poistuma oli koko 1800-luvun metsien kasvua suurempi (Myllyntaus & Mattila 2002). Vertailukohtien valinta saattaa siis vahvistaa ihmeen vaikutelmaa. Toiseksi ihmeiden aika voi olla ohi. Vuotuinen kasvu taantui 2020-luvun alussa ensi kertaa puoleen vuosisataan (Korhonen ym. 2024). Taustalla saattavat olla enimmäkseen ympäristötekijät (Henttonen ym. 2024) ja metsien varttuminen (Luke 2025a). Ei ole vielä selvää, onko kyseessä väliaikainen notkahdus vaiko taitekohta, mutta tuoreimmassa mittauksessa kasvu ei enää heikentynyt lisää (mt.). Fossiilisten polttamisen eli ilmastomuutoksen vaikutuksia tulevaan kasvuun on vaikea ennakoita: ovatko kasvua lisäävät (esim. lisääntyvä lämpö) vai sitä heikentävät tekijät (esim. kuivuus, myrskytuhot ja ”tuholaiset”) voimakkaampia (ks. Peltola ym. 2022)?

20–31 prosenttia (Henttonen ym. 2024). Tästä huolimatta kutakuinkin kaikki kasvua mahdollisesti ruokkinet keinot joko suorasti perustuvat fossiilisille tai niitä pystyttiin ratkaisevasti tehostamaan fossiilisilla. Toisin sanoen kasvun ihme ja MERA-ajan ainutlaatuisuus on pitkälti fossiilinen. Ainakin seuraavilla tekijöillä on ollut vaikutusta:

(1) *Ojittaminen*: Yli puolet Suomen soista eli 4,91 miljoonaa hehtaaria ja 8 prosenttia kangasmetsästä eli 1,2 miljoonaa hehtaaria on ojitettu puunkasvun parantamiseksi (Korhonen ym. 2024). Yhteensä ojitettu pinta-ala (6,11 Mha) vastaa peräti viidesosaa Suomen maapinta-alasta. Soiden ojitus on yksi Suomen merkittävimmistä ympäristökatastrofeista: suo-luontotyypit ja -lajit ovat uhanalaistuneet, hiilidioksidipäästöt ovat kasvaneet ja vesistöjen tila on heikentynyt (Ojanen ym. 2020). Suo-ojituksista jopa miljoonaa hehtaaria on ollut hyödyttömiä puuntuotannon kannalta (Korhonen ym. 2024, 42). Ojittamisen osa ihmeestä lienee kuitenkin huomattava: 1970-luvun jälkeisestä kasvun lisäyksestä arviolta 25–37 prosenttia on tapahtunut ojitetuilla turvemaidella ja turvekankailla (Nöjd ym. 2021).

”Unelma ojitetusta Suomesta” syntyi jo 1700-luvulla oppineiston ja eliitin keskuudessa (Enbuske & Ruuskanen 2021, 173–176). 1900-luvun alussa valtio ryhtyi tarmokkaasti ojituksiin omistamissaan metsissä ja rahoittamaan yksityismaiden ojittamista paremman puunkasvun toivossa. 1950-luvun alkuun asti ojat tehtiin enimmäkseen lapiokaivuulla, jolloin ojaa valmistui keskimäärin kaksi metriä tunnissa (Päivänen 2008; Laine 2017, 73). Ennen vuotta 1950 metsätaloudellisia ojituksia oli saatu tehtyä yhteensä noin 0,7 miljoonalla hehtaarella, mutta MERA-vuosina ojitusala melkein kymmenkertautui reilussa vuosikymmenessä (Enbuske & Ruuskanen 2021). Huippuvuosina 1960–1970-lukujen taitteessa luonnontilaisia soita ojitettiin huimaa vajaan 0,3 miljoonan hehtaarin vuosivauhtia (Rönty 2020).

MERA-ajan suurojitus olisi tuskin ollut mahdollinen ilman fossiilisten valjastamista oijen kaivamiseen ja auraamiseen. Ojitushehtaarit kasvoivat roimasti 1950-luvun lopussa, kun ensiksi telaketjutraktorien ja sitten kaivinkoneiden käyttö tulivat vallitseviksi työtavoiksi. Nämä koneet kulkevat fossiilisilla polttoaineilla ja ne on pitkälti tehty kivihiilen avulla valmistetusta teräksestä. Lisäksi koneiden liikutteluun tarvittiin metsäautotieverkostoa, joka rakennettiin fossiilisella konevoimalla. Fossiilisen konevoiman ansiosta ojittaminen oli 1960-luvulla satoja kertoja nopeampaa ja kolme kertaa halvempaa kuin vielä 1950-luvun alkupuolella (Laine 2017, 73). Tehokkuus ruokki yltiöpäisyyttä: alentuneet kustannukset houkuttelivat ojittamaan myös suosituksia karumpia soita ja jopa puuttomia avosoita (mt., 73).

(2) *Lannoittaminen*: Metsälannoittamisen huippuvuodet osuivat niin ikään MERA-aikaan. Enimmillään lannoitteita levitettiin noin 250 tuhannelle hehtaarille per vuosi (Lehto & Ilvesniemi 2023). Kangasmetsien merkittävin lannoitelaji on typpilannoitteet, jotka valmistetaan fossiilisesta maakaasusta. Myös lannoitteiden levittäminen metsään perustuu fossiilisille: nykyään se tehdään yleisimmin helikopterilla tai kuormatraktorilla (Tapio n.d.a). Suositusten mukainen typpilannoittaminen aiheuttaa noin neljäsosan kaikista metsänhoidon ja puunkorjuun kasvihuonekaasupäästöistä (pois lukien hakkuiden nieluvaikutukset) (Räty & Leinonen 2023).

Typpilannoituksen tuoma kasvunlisäys on ollut vaatimaton verrattuna esimerkiksi ojituksen (Kukkola & Nöjd 2000). Se oli suurimmillaan 1970-luvun alussa runsaat miljoonaa kuutiometriä vuodessa. Tämän jälkeen vaikutus kuitenkin hyytyi, kun metsälannoittaminen väheni tuntuvasti ja loppui hetkellisesti miltei kokonaan 1990-luvulla. Toisaalta metsälannoitusta halutaan jälleen lisätä, koska siitä povataan yhtä keinoa, jolla metsien romahtaneita hiilinieluja ja hyytynyttä kasvua voitaisiin kohentaa (Lehto & Ilvesniemi 2023). Maankäyttösektorin ilmastosuunnitelman (MISU) tavoitteena on tuplata vuotuinen typpilannoitusala 50 000 hehtaariin (Maa- ja metsätalousministeriö 2022, 83). Näin ollen Metsähallitus tavoitteli lannoitusalan lisäämistä 30 000 hehtaariin vuonna 2025 (Virranniemi 2025). Tästä suurin osa on luultavasti typpilannoitusta.⁶

⁶ Turvemaiden tuhkalannoituksen osuudeksi kerrotaan vain noin 5 000 hehtaaria eli 17 prosenttia. Lannoitukseen soveltuvaa tuhkaa saadaan puun polttamisesta energialaitoksista.

Kuten Fressoz (2024, 123) huomauttaa, monien maiden ilmastotavoitteiden puujalka eli metsien hiilinielut ovat kasvaneet osittain fossiilisen kasvun ihmeen ansiosta. Lannoituksen lisäämisen puolestapuhujat näyttävät luottavan samaan temppuun hiilinielujen pelastamisessa, sikäli kun lisälannoittamisesta suuri osa on fossiilipohjaista typpilannoitusta. Hiilinieluja kasvatettaisiin siis fossiilisten kulutusta epäsuorasti lisäämällä.

(3) *Jaksollinen tehometsätalous* eli puiden kasvattaminen tasaikäisenä ja avohakkaaminen on saattanut lisätä kasvua usealla eri tavalla: heikosti puuta tuottavia metsiä on avohakattu ja puuntaimia on viljelty istuttamalla tai siemeniä kylvämällä, taimia ja siemeniä on jalostettu sekä metsien puumäärää on paisutettu alaharvennuksilla. Avohakkuiden, alaharvennusten ja metsänviljelyn kasvunlisäyksestä on esitetty näkemyksiä puolesta (Henttonen ym. 2017) ja vastaan (ks. Kunnas & Myllyntaus 2022). Silläkin on väliä, verrataanko tehometsätaloutta ennen 1950-lukua harjoitettuun määrämittaharsintaan vai nykyaikaiseen jatkuvaan kasvatukseen (ks. Juntti & Ruohonen 2023).

Joka tapauksessa jaksollinen tehometsätalous on läpeensä fossiiliperustaista – eikä ainoastaan hakkuukoneiden ja raivaussahojen polttoaineen, teräksen ja muovien ansiosta. Petrokemiallisten kasvimyrkköjen laajamittainen levittäminen metsiin vesakkomyrkytyksissä kesti yli 30 vuotta ja päättyi vasta 1980-luvun lopussa pitkälti kansalaisten vastarinnan ansiosta (Nortio 2022). Kasvimyrkkyjä käytetään edelleen taimikonhoidossa esimerkiksi heinien torjuntaan (Tapio n.d.b). Metsänviljelyssä oleellinen taimitarhaus on fossiilisiin nojaavaa tehmaatoloutta, johon kuuluvat typpilannoitteet, torjunta-aineet, muoviset kasvihuoneet, logistiikkaketjut ja työkoneet (ks. Rikala 2012).

(4) *Metsälaidunnuksen lopettaminen*: Vielä 1930-luvun lopussa peräti vajaa puolet (7,2 miljoonaa hehtaaria) yksityisomisteisista metsistä oli laidunkäytössä, mikä vaikeutti puunkasvatukseen tähtäävän metsätalouden harjoittamista (Kunnas & Myllyntaus 2022). Metsälaidunnus väheni tuntuvasti vasta 1960-luvulla, minkä ansiosta miljoonia hehtaareita saatiin täysimääräisemmin tehometsätalouden piiriin.

Fossiiliset mahdollistivat monella tapaa metsälaitumista luopumista. Ensinnäkin laidunpaine keveni, kun maa- ja metsätaloudessa ”*kaura korvattiin öljyllä*” eli sadat tuhannet hevoset traktoreilla (Kauppi & Nöjd 1997, 288). Vielä 1950-luvun alussa pelkästään metsätyömailla työskenteli noin satatuhatta hevosta (Kekkonen 2011). Toiseksi fossiiliset lannoitteet, torjunta-aineet ja konevoima tehostivat maataloutta, jolloin rehuruoointaa pystyttiin lisäämään. Kolmanneksi fossiilisella konevoimalla rakennettu tieverkosto mahdollisti fossiililla pyörivän logistiikkaketjun, jonka avulla fossiilisia tuotantopainoksia ja ostorehua pystyttiin kuljettamaan maataloilille. Maa- ja metsätalouden symbioosin purkamisen ja ”sektoraalinen kehittäminen” oli ollut valtiiovallan tavoitteena jo 1900-luvun alusta asti (Siiskonen 2007, 127). Tämä onnistui kunnolla vasta kummankin sektorin fossiilisympäristön myötä.

Fossiilinen puunhankinta: riippumattomuus nollarajasta, vuodenajasta ja maaseudun työvoimasta

Vielä 1900-luvun puolessa välissä puunhankinta oli vahvemmin sidottu maantieteeseen, vuodenaikojen ja maalaistyövoiman ennakkoehtoihin. Etenkin metsässä tapahtuvat työvaiheet tehtiin pitkään pääasiassa hevos- ja ihmisvoimin, jolloin puut vedettiin talvisin reillä lähimmän uittoväylän, tien tai radan varteen (Kekkonen 2011). Metsäteollisuuden käyttämästä raakapuusta noin puolet uitettiin tehtaille (Laine 2017). Koska uittoväylät olivat jäässä talvisin, tarvittiin paljon välivarastoja. Uiton aikana syntyi myös puuhävikkiä. Puunkorjuu oli kausityötä, jota maatalojen työväki teki omilla työvälineillä ja hevosilla talvisin, jolloin aikaa liikenä maataloustöiltä. Laajat metsäalueet Itä- ja Pohjois-Suomessa ja Saamenmaalla olivat niin sanotun nollarajan tuolla puolen: näistä metsistä ei ollut taloudellisesti kannattavaa tai mahdollista hankkia puuta, koska tie- ja rataverkko oli harva

ja heikolla tolalla eikä sopivia uittoväyliä ollut (Massa 1994). Kustannukset olisivat siis olleet saatua hyötyä suuremmat.

Nollarajaa työnnettiin pikkuhiljaa syvemmälle itään ja pohjoiseen ja 1950-luvun loppuun mennessä se hävitettiin kokonaan, kun auto- ja ratakuljetusverkostoa laajennettiin ja kehitettiin fossiilisen konevoiman avulla (ks. Jensen-Eriksen 2007, 238). Metsäteollisuuden puunhankintaan varta vasten rakennettuja metsäteitä raivattiin vuosina 1950–1997 noin 125 000 kilometriä, josta yli puolet tehtiin valtion metsänparannusrahoituksella (Uotila & Viitala 2000) – verrokkina valtion maantiet ja kuntien katuverkosto ovat yhteensä 104 000 kilometriä (Väylävirasto 2025). Maanteitä parannettiin kestävämmiksi myös raskaita puurekkoja varten fossiilipohjaisilla öljysora- ja asfalttipäällysteillä (Enbuske & Ruuskanen 2021). Puuta kuljetettiin tehtaille yhä enemmän fossiilisten polttoaineiden turvin ympäri vuoden. Uiton määrä romahti 1960-luvun alun 15 miljoonasta kuutiosta (Metsäteho 2019) nykyiseen noin puoleen miljoonaan kuution (Niiranen 2022). Nykyään peräti noin 70 prosenttia puusta päätyy tehtaille kumipyörin ja päälle 25 prosenttia raiteilla (Venäläinen & Poikela 2024, 17).

Osana kansallista metsänparannuskoitosta 1950-luvulta alkaen kehitettiin myös puunhankinnan fossiilista koneketjua, joka vähitellen korvasi elävää työvoimaa eli ihmisiä ja hevosia (Konttinen & Drushka 1997; Kekkonen 2011). Lukuisten vaiheiden ja innovaatioiden jälkeen koneiden kavalkadi tyypistyi kahteen: käyttöön vakiintui puut katkova ja prosessoiva monitoiminen hakkuukone sekä puut poimiva, pinoava ja metsästä pois kuljettava kuormatraktori. Fossiilisen konevoiman kehittyminen edesauttoi kahta peräkkäistä mullistusta puunkorjuun työvoimassa: kausittaisen maalaistyövoiman korvautuminen ammattimaisilla ja ympärivuotisessa työsuhteessa toimivilla metsureilla, sekä jyrkkä pudotus metsurien määrässä omalla riskillä toimivien koneyritysten ja -yritysten tieltä (Kekkonen 2011). Vuosina 1985–1995 metsurien määrä laski 28 000 hengestä 8 000 henkeen (mt., 94), ja nykyään metsureita tarvitaan noin 3 600 (Metsälehti 2025).

Nykyaikainen puunkorjuu syö 1,4–3,1 litraa polttoainetta kerättyä puukuutiota kohden hakkuutavasta riippuen (Kärhä ym. 2023). Polttoainetta ei siis kulu paljoakaan per motti. Samalla perinteiset dieselkoneet näyttävät pitävän pintansa tehokkaan puunkorjuun edellytyksenä. Kannattavia vaihtoehtoja ei vielä ole, sillä ympäri Suomea on vuosittain yli 100 000 metsätyömaata isoin osin jakeluverkkojen ja latausasemien ulkopuolella (Auvinen ym. 2025). Kaiken kaikkiaan puunkorjuun tehokkuus on kasvanut huimasti fossiilisten sekä osin niiden mahdollistaman metsätyön ammattimaistumisen ja uudelleen organisoimisen ansiosta: työntekijää kohden puuta korjattiin 1990-luvulla peräti 15 kertaa enemmän kuin 1950-luvulla (Kekkonen 2011, 95) – luku on huomattavasti suurempi, jos metsätoissa raataneet hevoset lasketaan mukaan. Metsätalouden koko työvoima putosi fossiilisten aikakaudella 90 000 ihmishengestä vuonna 1970 reiluun 20 000 ihmishengkeen 1990-luvun lopusta eteenpäin (Luke 2017). Fossiilisten myötä puunhankinta ei siis ainoastaan irtaantunut maatilojen työvoimasta. Se myös muuttui määrällisessä mielessä riippumattomammaksi kaikesta elävästä työvoimasta. Puunkorjuun keskeisimmäksi toimijaksi tuli koneyritystä, joka on metsureihin ja maaseudun kausityöväkeen verrattuna ”*selvä kapitalisti?*” (ks. Kekkonen 2011, 182).

Puun ohjaaminen metsäteollisuudelle tuontifossiilisten turvin

Historioitsija Jaana Laineen (2017, 48) sanoin toisen maailmansodan jälkeen ”[v]äestöä kannustettiin käyttämään kotitarvepuuta säästäväisesti ja osallistumaan metsätalouden töihin. [...] Jälleenrakennuksen Suomessa metsien hoitaminen ja puun myynti [metsäteollisuudelle] olivat isänmaallisia tekoja.”

Kiihkeinkään isänmaallisuus ei olisi kuitenkaan auttanut puun säästämisessä teollisuudelle, ellei olisi ollut mitään millä korvata puun kotitarvekäyttöä lämmityksessä,

rakentamisessa ja moninaisissa käyttöesineissä. 1950-luvulla yhä yli puolet puusta meni lämmitykseen, rakentamiseen, muuhun kotitarvekäyttöön tai suoraan vientiin raakapuuna (Kekkonen 2011, 88), kun taas metsäteollisuuden osuus puunkäytöstä jäi noin 45 prosenttiin (Laine 2017, 71–72).

Tilanteen ”korjaamiseksi” kasvu- ja kauppapolitiikkaa muutettiin 1960-luvun alussa (Rytteri & Lukkarinen 2014). Fossiilisten tuontia kasvatettiin voimallisesti korvaamaan puun ei-teollista käyttöä ja kiihdyttämään yhteiskunnan energian ja materiaalien kulutusta sekä talouskasvua (Riekkinen & Ruuskanen 2021). Tämä mahdollisti puun ohjaamisen vientituotteita valmistavalle metsäteollisuudelle. 1970-luvulla teollisuuden osuus puun kokonaiskäytöstä oli jo yli 80 prosenttia (Kekkonen 2011, 88), samalla kun 1960-luvun aikana puun kotitarvekäyttö väheni lähes 40 prosenttia ja raakapuun nettovienti kääntyi nettotuonniksi (Laine 2017, 71–72). Vuosina 1955–1970 koko yhteiskunnan primäärienergian kulutus yli tuplaantui tuontifossiilisten ansiosta ja energiaomavaraisuusaste tippui lähes 70 prosentista alle 25 prosenttiin (Myllyntaus 2011, 37).

1960-luvulta alkaen muovit ja lukemattomat muut petrokemian tuotteet arkipäiväistyivät ja kodit lämpenivät polttopuiden sijaan pääosin öljyllä, maakaasulla ja kivihiihellä (Riekkinen & Ruuskanen 2021). Symbioositeesin mukaisesti puun energiakäyttö ei kuitenkaan vähentynyt vaan siirtyi metsäteollisuuteen, joka tuottaa pääosan energiastaan polttamalla sellunkeitossa syntyvää mustalipeää ja muita puuraaka-aineen sivuvirtoja. Puun energiakäyttö laski absoluuttisesti 1970-luvulla, mutta palasi 1980-luvun lopulla vanhalle tasolle (Suomen virallinen tilasto 2025). 1990-luvulta alkaen puun energiakäyttö on tuplaantunut ja energiapuun hakuut kolminkertaistuneet, koska energialaitoksissa on hankkiuduttu eroon fossiilisista siirtymällä puunpolttoon (Vadén ym. 2019; Martikainen ym. 2025). Suomessa ei ole koskaan poltettu puuta energiaksi niin paljon kuin nyt, ja jälleen peräänkuulutetaan energiapuun ohjaamista teollisuudelle (Rytteri & Lukkarinen 2014; Ollikainen ym. 2025).

Korvaamisnarratiivi: mittakaavaongelmasta symbioosiin

”Kaikki mitä tehdään öljystä, voidaan tehdä puusta [...] metsäteollisuuden tuotteet voivat korvata fossiilipohjaisia tuotteita. Korvaamisesta on suurta hyötyä ilmastolle. Laatikoita pabvista ennemmin kuin muovista... Biopolttoaineita bensen ja dieselin sijaan... Bioenergiaa fossiilienergian sijasta...” (Giurca & Befort 2023, 6, oma suomennos.)

Nämä ovat tutkijoiden koostamia esimerkkejä korvaamisnarratiivista – tässä tapauksessa Ruotsin metsäteollisuuden etujärjestö Skogsindustriernan kanavista, vaikka korvaaminen korostuu yhtä lailla Suomen metsäteollisuuden viestinnässä (Laakkonen ym. 2023).

Korvaamisnarratiivi ei ole vain metsäteollisuuden tapa maalata itsensä osaksi fossiilitonta tulevaisuutta ja oikeuttaa suurempia hakuuita ja tehokkaampaa metsänhoitoa (Holmgren ym. 2022; Giurca & Befort 2023). Se on myös tärkeä osa koko biotalouden, mukaan lukien metsäbiotalouden, oikeutusta ja visiota (Kurki & Ahola-Launonen 2021; Hetemäki ym. 2022) – innovaatioiden, kilpailukyyn, kasvavien voittojen ja arvonlisän ohella. Fossiilisten korvaaminen on ollut tärkeä peruste esimerkiksi Suomen ja EU:n biotalousstrategioissa (Kurki & Ahola-Launonen 2021; ks. Työ- ja elinkeinoministeriö ym. 2022).

Suomessa korvaamisnarratiivia on kritisoitu julkisuudessa ja tutkimuksessa osana metsäteollisuuden ilmastovaikutusten analysointia (esim. Toivanen 2021). Suomen ilmastopaneeli summaa kritiikin hengen ja ytimen:

”Tällä betkellä [ts. ”nykyisen kaltaisilla puuntuotteilla ja -polttoaineilla”] puuntuotteiden hiilivarastot sekä puuntuotteista ja -polttoaineista saatavat korvaushyödyt ovat vähäiset subteessa lisäbakuilla aiheutettuun metsän hiilinielumenetykseen.” (Seppälä ym. 2022, 28, 45)

Ilmastopaneelin mukaan korvaamisnarratiivi on ongelmallinen, jos sitä käytetään oikeuttamaan metsäteollisuuden *nykyistä* tuotantorakennetta sekä siirtämään huomio pois hakkuiden nieluvaikutuksista, jotka uhkaavat vesittää Suomen ilmastotavoitteet. Lisäksi paneeli korostaa, että korvaushyötyjen arvioinnissa on paljon epävarmuuksia ja että metsätuotteiden korvaushyödyt laskevat tulevaisuudessa, jos muilla sektoreilla vähennetään päästöjä (ks. myös Hurmekoski ym. 2022b). Ilmastopaneeli ei kuitenkaan kyseenalaista korvaamisen mahdollisuutta: toisenlainen tulevaisuuden metsäteollisuus voisi aidosti ja kestävästi korvata fossiilisia (ks. myös Hurmekoski 2024).

Emme ole eri mieltä ilmastopaneelin laskelmista nykyisistä hiilinieluista, -varastoista ja korvaushyödyistä, mutta nähdäksemme toiveet korvaamisesta ovat harhaanjohtavia, ja niistä olisi siksi syytä irrottautua selkeämmin. Korvaamisnarratiivissa on nimittäin perustavanlaatuisia ongelmia, jotka kytkeytyvät metsäteollisuuden ja fossiilitalouden symbioosiin. Tarkastelemme ensin (metsä)biotalouden mittakaavaongelmaa ja sen jälkeen lyhyesti puun/fossiilisten hybridisyyttä.

Mittakaavaongelma

Biotalous kriittisessä tutkimuksessa esitetty mittakaavaongelma on suoraviivainen: ihmis yhteisöjen ja luonnon kantokyvyn rajoissa tuotetut biomassat eivät millään riitä korvaamaan nykyistä valtavaa fossiilisten poltto- ja raaka-aineiden käyttöä (esim. Kurki & Ahola-Launonen 2021; Allain ym. 2022; Eversberg ym. 2023). Fossiilivapaan biotalouden edellytyksenä ei kuitenkaan ole pelkkä yhteiskunnan materiaalisenenergeettisen kokoluokan radikaali supistaminen (so. samaa mutta paljon pienemmin), vaan fossiilitalouden käytäntöjen ja rakenteiden purkaminen ja täysimääräinen uudelleenjärjestely sekä biomassojen käyttötarkoitusten priorisointi. Siksi korvaaminen ei tule kyseeseen. Monet nykyiset resurssien käyttötarkoitukset on hylättävä kokonaan ja säilyttämisen arvoiseksi arvioidut on tehtävä pienemmin ja eri tavoin. Puhe korvaamisesta on omiaan siirtämään huomiota pois välttämättömästä käyttötarkoitusten priorisoinnista ja skaalan pienentämisestä, ikään kuin tarpeelliset käyttökohteet olisivat jo selvillä ja nyt olisi vain korvattava yksi tuotantopanos toisella.

Miltä mittakaavaongelma näyttää metsäbiotaloudessa? Mittakaavaongelma koskee metsäteollisuuden sektoreita kautta linjan, mutta havainnollistamme sitä kahdella ajankohtaisella esimerkillä: puupohjaisilla lentopolttoaineilla ja puun käytöllä kemianteollisuuden raaka-aineena.

Puupohjaiset lentopolttoaineet. Useammat energia- ja metsäteollisuuden suuryritykset ovat Suomessa parhaillaan käynnistämässä hankkeita ja tuotantolaitoksia, joissa on tarkoitus tuottaa ”fossiilittomia” lentopolttoaineita fossiilisia korvaamaan. Niin UPM, St1 kuin Neste panostavat alaan merkittävästi, sillä EU:n tavoitteena on korvata jopa 70 prosenttia fossiilisesta kerosiinista biopohjaisilla vastineilla jo vuoteen 2050 mennessä. Kysyntää siis olisi luvassa. Tavoitteen suunnaton mittakaava paljastuu, kun suunnitelmia tarkastellaan hieman lähemmin: esimerkiksi UPM Biofuelsin Lappeenrannan biojalostamo valmistaa polttoaineita mäntyöljystä, jota saadaan selluntuotannon sivutuotteena. Yhdestä tonnista sellua liikenee vain 25–30 kilogrammaa mäntyöljyä (Tanskanen & Savolainen 2025). Niinpä raaka-aineeksi etsitään muitakin biomassoja.

Pitkälle jalostettuja lentobiotopolttoaineita vaivaavat kuitenkin samat ongelmat kuin muitakin niin sanottuja kehittyneitä biopolttoaineita: hyötysuhde on surkea ja tavoitellut korvausmäärät valtavia. Globaalissa katsannossa – mikä on globaalin lentoliikenteen kannalta ainoa aidosti merkittävä katsantokanta – valtaosa biopolttoaineista tuotetaan niin kutsutun ensimmäisen sukupolven menetelmillä eli käyttämällä raaka-aineena ruoaksi kelpavia viljelykasveja (Smil 2018). Tällaisten biopolttoaineiden tuotanto kärsii samoista fossiiliriippuvuuksista kuin kaikki muukin teollinen maatalous. Sen lisäksi viljelyala on suoraan pois ruuantuotannosta. Suomessa tavoitellaan ennen kaikkea toisen ja kolmannen

sukupolven biopolttoaineita, eli biomassojen sivuvirroista tehtäviä (toinen sukupolvi) tai kokonaan uusista tuotantopanoksista kehiteltäviä (kolmas) tuotteita. Nämä uusimmat biopolttoaineet taas perustuvat hyvin rajatusti saatavilla oleviin raaka-aineisiin tai ovat yhä edelleen vasta kehitysasteella. Niidenkin nettoenergiatehokkuudet ovat usein erittäin heikkoja, toisinaan jopa negatiivisia. (Ks. Papagianni ym. 2024.) Tuoreen optimistisen arvion mukaan kaikista saatavilla olevista biomassavirroista voitaisiin monin kehitysaskelin ja -ehdoin tuottaa globaalisti ”jopa” 20 prosenttia nykyisestä lentopolttoainekulutuksesta (ks. Kurniawan 2025). Loput 80 prosenttia tai edes EU:n tavoittelemat lisäykset jäävät siis avoimeksi kysymykseksi.

Puu kemianteollisuuden raaka-aineena: Puusta kaavaillaan myös korvaavaa raaka-ainetta fossiilisiin nojaavalle kemianteollisuudelle. Esimerkiksi UPM (2025) on käynnistämässä Saksan Leunassa biojalostamon, joka valmistaa muun muassa glykoleita puun sokereista. Wouter Arts ja kollegat (2024) ovat vastikään arvioineet puun saatavuutta kemianteollisuudelle Euroopassa raaka-aineen hiilimäärän perustella. Nykyisin Euroopassa kemianteollisuus käyttää 92 miljoonaa tonnia hiiltä (MtC) vuodessa. Euroopan hakkuumäärä on 120 MtC, josta metsäteollisuuden käyttämää ainespuuta on 78 MtC, energiapuuta 27 MtC ja kuorta 15 MtC. Tällä hetkellä kemianteollisuus siis käyttää 18 prosenttia enemmän hiiltä kuin metsäteollisuuden puunjalostus.

Arts ja kollegat (2024) esittävät useita skenaarioita siitä, miten suuren osuuden *kaiken* energiapuun, kierrätyspuun ja metsäteollisuuden sivuvirran ohjaaminen kemianteollisuudelle kattaisi sen hiilen tarpeesta vuonna 2050. Osassa skenaarioista kemianteollisuuden hiilen tarve tulee tyydytetyksi puulla, mutta niissä oletetaan hulpea 50 prosentin kierrätysaste kemiantuotteille tai peräti 50–108 prosenttia kasvava hakkuumäärä.⁷ Oletus hakkuiden lisäämisestä perustuu arvioille ”käyttämättömän” metsäbiomassan määrästä Euroopassa (Verkerk ym. 2019). Näissä arvioissa ei kuitenkaan tyyppillisesti riittävästi huomioida EU:n ja jäsenmaiden hiilinielutavoitteita, luontokadon pysäyttämistä ja metsäluonnon ennallistamista tai ilmastonmuutoksen arvaamattomia vaikutuksia metsiin (ks. Anttila & Verkerk 2022; EEA 2023; alaviite 3). Esimerkiksi Suomessa hakkuita olisi syytä vähentää ilmasto- ja luontotavoitteiden vuoksi (Seppälä ym. 2026).

Monet korvaamisnarratiivia toistavat tahot – tai ne, jotka ilmastopaneelin tavoin pitävät kiinni korvaamisen mahdollisuudesta – toki tunnistavat kestävien biomassojen niukkuuden. Esimerkiksi Suomen vuoteen 2035 asti ulottuvan biotalousstrategian johdannossa todetaan, että biotuotteiden osalta on esitetty huolta ”*raaka-aineiden riittävydestä muovia korvaaviin tuotteisiin, mikä on Euroopassa käänntynyt yleisessä keskustelussa osittain myös biotaloutta vastaan*” (Työ- ja elinkeinoministeriö ym. 2022, 10). Tämä ei kuitenkaan estä korvaamisnarratiivin toistamista strategiassa, myös muovien osalta (ks. mt., 33, 35, 43, 44). Metsätieteiden tutkimuksessa korostetaan, että niukoilla metsäbiomassoilla voidaan korvata fossiilisia osittain, vaikka ne eivät mitenkään riitä fossiilitalouden täyteen korvaamiseen (Hurmekoski ym. 2022a; Hetemäki ym. 2024). Metsäbiotalous on siis välttämätön muttei riittävä keino fossiilisten korvaamiseen (Hetemäki ym. 2022, 238).

Hyvä esimerkki korvaamispuheen ja mittakaavaongelman rinnakkainelosta löytyy metsäyhtiö UPM:n *Beyond fossils* -sisältömarkkinointikampanjan artikkelista (Isokangas 2023). Sen mukaan vaikka vain osa fossiilisista ”*korvattaisiin ligniinistä valmistetuilla*

⁷ Arts ym. (2024) oletama 50 prosentin kierrätysaste kemiantuotteille perustuu Langen (2021, 4368) arvioon, jonka hän myöntää keruun ja lajittelun osalta optimistiseksi. Esimerkiksi muoviteollisuuden etujärjestöjen mukaan kulutusjätteestä kierrätettyjen muovien osuus tuotannosta on Euroopassa 14,3 prosenttia, mutta tämä on lähes täysin mekaanista kierrätystä (Plastics Europe 2025). Kemianteollisuudelle raaka-ainetta tuottavan kemiallisen kierrätyksen osuus on häviävän pieni (mt.). Lisäksi Arts ym. (2024) skenaarioiden tulokset riippuvat kemian- ja metsäteollisuuden yhdistetystä vuotuisesta kasvuvauhdista (engl. compound annual growth rate, CAGR) sekä puupohjaisen kemianteollisuuden hyötysuhteesta. Arts ym. olettavat perusskenaarioissaan 70 prosentin hyötysuhteen sekä CAGR 1,11 prosenttia metsäteollisuuden ainespuun käytölle, 0,127 prosenttia energiapuun käytölle ja 1,0 prosenttia kemianteollisuudelle.

raaka-aineilla, se vähentää öljyn käyttöä". Silti olisi ”*rajua lioittelua sanoa, että nykyisin saatavilla oleva ligniini ratkaisisi maailman riippuvuuden öljystä ja sen johdannaisista*”, koska ligniiniä on edes teoriassa saatavilla häviävän vähän suhteessa öljytalouden mittakaavaan.⁸

Korvaamisesta puhuminen millään muotoa – edes ehdollisesti, osittaisesti tai niukkuusmielessä – on kuitenkin harhaanjohtavaa ainakin kahdesta syystä. Ensinnäkin korvaamishyötyjen todentaminen on perustavanlaatuisesti epävarmaa, etenkin tulevaisuuden suhteen (Seppälä ym. 2022). Korvaamishyötyjä ei voida suoraan empiirisesti havainnoida, vaan korvaamisskenaarioita verrataan laskennalliseen perusuraan. Tätä varten tehdään tyyppillisesti lukuisia kiistanalaisia oletuksia markkinoiden ja teknologioiden dynamiikoista (Howard ym. 2021), joita koskeva ymmärrys tutkimuksessa on yhä ”*vaillinaista, ellei haurasta*” (Hurmekoski ym. 2022b, 144, oma suom.).

Esimerkkinä käy oletus, että puutuotteet korvaavat täydellisesti fossiilisia tai muita ympäristöä kuormittavia tuotteita – eli yksi valmistettu yksikkö puutuotteita korvaa vastaavan yksikön vaihtoehtoista tuotetta. Metsätaloustieteilijä Elias Hurmekosken (2024) dataan ja mallinnoiksiin perustuvan tutkimuksen mukaan nykyiset sellutekstiilit (pääasiassa viskoosi) eivät korvaa käytännössä lainkaan öljypohjaista polyesteriä. Puuvillankin tapauksessa sellutekstiilien korvaussuhde on vain 32–46 prosenttia. Näin ollen nykyisten sellutekstiilien tuotannolla *ei ole korvaamishyötyjä*: suurimmilta osin se pikemmin paisuttaa tekstiilien määrää maailmassa ja kokonaisuudessaan kasvattaa sekä eloperäisiä että fossiilisia päästöjä. Vaikka korvaaminen olisikin täydellistä, ei fossiilisten kulutus silti välttämättä hellitä. Metsätieteilijöiden termein tämä johtuu ”*sektoraalisesta ja ajallisesta hiilivuodosta*” (Hurmekoski ym. 2022b, 145): yksinkertaistaen puutuotteiden ”korvaamat” fossiiliset voivat siirtyä jonkin toisen sektorin käyttöön tai ne käytetään joskus myöhemmin. Juuri näin voi olettaa käyvän raaka-ainoiden käytön historiallisen kasautumisen ja symbioosin valossa: biotuotteet eivät ole toistaiseksi korvanneet fossiilisia, vaan asettuneet niiden rinnalle ja täydentäneet niitä kokonaiskulutuksen jatkaessa kasvuaan (Krausmann ym. 2018). Historiallisesti absoluuttisen korvaavuuden oletus on yleisimminkin vailla perustaa (Fressoz 2024). Juuri koskaan ei yhdentyyppisen kulutuksen lisääminen ole vähentänyt toisentyypistä.

Toiseksi korvaaminen ei ole murroksellista. Ennemmin siihen kuuluu ajatus fossiilisten tuotantomenetelmien ja tuotteiden jäljittelystä tai niiden korvaamisesta yksyhteen (*drop-in*) (Giurca & Befort 2023). Tällöin pyritään innovoimaan fossiilituotteita vastaavia biotuotteita, jotka voidaan vain ”*loksauttaa*” nykyisiin tuotanto- ja kulutusketjuihin juuri muuttamatta ketjujen rakennetta tai toimintaa. Fossiilisten jäljittely on leivottu sisään korvaushyötyjen laskemisessa käytettyihin korvaamiskertoimiin (*displacement factors*) määritelmällisesti. Puutuotteen ja fossiilituotteen välille voidaan määrittää korvaamiskerroin vain, jos oletetaan, että puutuote ja fossiilituote ovat vähintään toiminnallisesti vastaavia (Howard ym. 2021). Tällöin ne ”*ajavat saman asian*”, vaikka niillä olisikin hieman eri ominaisuudet. Esimerkiksi sellusta voidaan jalostaa polylaktidimuovia (PLA), jota voidaan käyttää fossiilisen muovin sijasta muun muassa kertakäyttöstasioissa (ks. Arts ym. 2024). Usein tosin tavoitellaan puhtaampia yksyhteen-korvikkeita, jotka ovat aineellisesti vastaavia

⁸ Nykyään sellutehtaissa puun sisältämä ligniini erotetaan selluloosasta osana mustalipeää, joka pääasiassa poltetaan energiaksi tehtaan omiin prosesseihin ja myyntiin. Uusimmissa energiatehokkaissa sellutehtaissa saattaa olla teknisesti mahdollista kerätä talteen 40 prosenttia mustalipeän ligniinistä (Argyropoulos ym. 2023). Jos kaikki maailman sellutehtaat olisivat näin tehokkaita, voisi ligniinin tuotanto olla globaalisti vuodessa n. 27 Mt ja Suomessa 1,6 Mt (Österberg ym. 2024). Upouusien tehtaiden lisäksi tämä vaatisi rakenteellisia uudistuksia energijärjestelmään (Ahokas ym. 2025b). Suomessa puupolttoaineet vastaavat vajaan kolmanneksen energian kokonaiskulutuksesta (Suomen virallinen tilasto 2025), ja jo 20 prosentin ligniinin talteenotto ja jalostaminen leikkaa rajusti sellutehtaiden energiatasetta ja muun yhteiskunnan käyttöön myydyin energian määrää (Lintunen ym. 2023). Yksi ligniinille kaavailtu käyttökohde on aromaattisten BTX-petrokemikaalien (osittaisena/hybridisenä) korvikkeena (Arts ym. 2024), sikäli jos ligniinin jalostamiseen liittyvät tekniset vaikeudet saadaan selätettyä (ks. Hurmekoski ym. 2022a). BTX-kemikaalien vuosituotanto on yli 110 Mt ja voimakkaassa kasvussa (IEA 2018).

fossiilituotteiden kanssa eli käytännössä ”samaa kamaa”. Esimerkiksi (puu)biomassoista voidaan valmistaa kaasuttamalla ja Fischer–Tropsch-menetelmällä hiilivetyjä, jotka ovat kemiallisesti samoja yhdisteitä kuin fossiilipohjaiset hiilivedyt, ja joita voidaan käyttää sellaisenaan nykyisissä petrokemiallisissa jalostamoissa.

Joskus toiminnallisten korvikkeiden ajatellaan edistävän kestävyysmurrosta. Toisin kuin aineelliset korvikkeet ne vaativat edes jonkinlaisia muutoksia tuotannon ja kulutuksen tapoihin (Giurca & Befort 2023). Toiminnalliset korvikkeet voivat kuitenkin yhtä lailla säilyttää fossiilijärjestystä. Esimerkiksi PLA:ta varten fossiilisten muovien myötä syntyneitä tuotemuotoja, tuotantoketjuja tai kertakäyttökulttuuria tarvitsee korkeintaan hienosäätää. Kertakäyttökulttuuri itsessään saa siis säilyttää elinvoimansa.

Metsäbiotalouden business case

On totta, että luonnon ja ihmisten kestävyiden rajoja kunnioittavan biotalouden on tultava fossiilitalouden tilalle. Uusi biotalous ei kuitenkaan voi syntyä yksinkertaisesti fossiilisia korvaamalla tai jäljittelemällä, eikä se voi olla samaa kuin fossiilisten kanssa symbioosissa kehittyneet biotalous. Ohittamattomat edellytykset uudessa biotaloudessa ovat *fossiilisten ehdollistamien tarpeiden, käyttötarkoitusten ja päämäärien uudelleenarviointi* sekä tämän pohjalta *biomassojen käytön priorisointi*. Syy on biomassojen niukkuus ja fossiilisten runsaus: fossiililla on ollut mahdollista luoda suunnattoman mittaluokan kulutuskulttuureita ja silmittömiä tuotantokoneistoja. Siksi fossiilisten tuotanto- ja kulutusketjujen ylläpitäminen biomassoilla on mahdoton tehtävä, vaikka olisikin niin, että teoriassa ja laadullisessa mielessä melkein ”*kaikki mitä tehdään öljystä, voidaan tehdä puusta*” (de Jong ym. 2012). Korvaamisnarratiivi on hylättävä, koska se pitää hengissä harhaa, että minkään ei varsinaisesti tarvitse muuttua, ainoastaan materiaaliset panokset pitää vaihtaa yksistä toisiin.

Miksi fossiilisten jäljittelyä sitten yritetään niin ponnekkaasti? Yksi syy on markkina-logiikoissa: lähtökohtaisesti mitä enemmän biotuote on yks’yhteen, sitä helpompi sen on murtautua fossiilisten kyllästyville markkinoille, koska se nimenomaan ei edellytä murroksia fossiiliin rakenteisiin tai muutoksia lainsäädäntöön ja standardeihin (ks. Hassegawa ym. 2022; Hurmekoski ym. 2022a). Tässä suhteessa kuitupuukapitalistit eivät ole väärässä uskossa korvaamisesta. Kysely- ja haastattelututkimuksen perusteella metsäalan toimijat EU:ssa lupaavat korvata fossiilisia yks’yhteen, mutta eivät usko, että metsäbiotalousinnovaatiot juuri pystyisivät vähentämään esimerkiksi fossiilisten kemikaalien kasvavaa kulutusta lähivuosikymmeninä (Hassegawa ym. 2022). Tämä ei ole äärevä kanta: jopa valtavirran ilmastopolitiikassa ja -skenaarioissa yleisesti oletetaan, ettei fossiilisten käyttö kemianteollisuuden raaka-aineena ole täittymässä ainakaan vuoteen 2050 mennessä (Tilsted & Newell 2025). Markkinaennusteissa petrokemianteollisuuden odotetaan kasvavan jyrkästi (IEA 2018).

Tässä mielessä korvaaminen ei siis ole keino lopettaa fossiilisia vaan metsäbiotalouden *business case*. Metsäalan kasvunäkymät ovat mahtavat, jos edes prosentin tai parin osuus fossiilisten valtavasta ja yhä edelleen kasvavasta kysynnästä korvataan metsäteollisuuden tuotteilla (ks. Hurmekoski ym. 2022a, 77–78) – sillä edellytyksellä, että puuta pystytään viljelemään ja hakkaamaan enemmän ja halvemmalla, mikä vaatii yhä lisää fossiilista konevoimaa, infraa ja lannoitteita. Fossiiliset näyttäytyvät metsäalalle symbioottisena kasvun takeena, aivan kuten ennenkin.

Yleisemmällä tasolla biotalouden yks’yhteen korvaustavoitteet eivät ole yllättäviä tai poikkeuksellisia. Fossiilisia yritetään korvata (ainakin pintapuolisesti) fossiilittomilla vaihtoehtoilla muillakin teollisuuden aloilla – kuten yhteiskunnissa laajemminkin – muuttamatta oikeastaan mitään (Roos 2024; Schmelzer & Büttner 2024, 9). Mahdottomana tavoitteena näyttää ainakin juhlapuheissa olevan tehdä nykyisestä ”*fossiilikäyttöisestä sivilisaatiosta*” (Smil 2017) fossiiliton ilman hässäkkää (vrt. Hampton & Whitmarsh 2024).

Hybridit ja komposiitit

Korvaamisnarratiivia jäytää entisestään puun ja fossiilisten hybridisyys. Kasvava osuus niin sanotuista puutuotteista on komposiitteja, joissa puu liittoutuu esimerkiksi fossiilisten muovien ja liimojen kanssa. Toisaalta monissa käyttökohteissa puutuotteet, fossiiliset ja monet muut materiaalit täydentävät toisiaan erottamattomasti. Hybridit ja komposiitit ovat symbioosin konkreettisin ilmentymä: puuta, fossiilisia ja monia muita materiaaleja sekoitetaan entistä useammin yhteen monenkirjaviksi kimaroiksi.

Tässä kohtaa ikivanha materiaali puu seuraa fossiilikäyttöisen sivilisaation yleistä teknologista kehityskulkua. Etenkin viime vuosikymmeninä keskeisimmät teknologiset kehitysaskleet on otettu pääosin monipuolistamalla ja monimutkaistamalla käytettyjä materiaaleja sekä sekoittamalla niitä toisiinsa entistä enemmän. Esimerkiksi digitaaliteknologian ripeä tehokkuuskehitys viime vuosikymmeninä on saavutettu ennen kaikkea materiaalipallettia laajentamalla (Graedel ym. 2015). Nykyään käytännössä ”*koko jaksollinen järjestelmä*” (Haberl ym. 2019, 178) on valjastettu teknologiatuotannon raaka-aineiksi. Samaan aikaan globaalin materiaalitalouden kiertoaste on viime vuosikymmeninä entisestään heikentynyt, ei suinkaan parantunut – kiertotaloushehkutuksesta huolimatta (Circle Economy 2023, 8). Ilmiöt eivät ole toisistaan irrallisia, sillä kierrättämisen mahdollisuus on kääntäen verrannollinen kierrätettävän materiaalin kompleksisuuteen. Mikropiiriä, jonka massasta vain jokunen promille on erittäin harvinaisia maametalleja petrokemiallisiin komposiitteihin sekoitettuna, on yksinkertaisesti mahdoton kierrättää. Materiaalihävikki ja kierrättämisen mahdottomuus on kehityksen väistämätön sivuvaikutus (Ciacci ym. 2015).

Monet hybridiset puutuotteet – vaikkakin paljon mikropiirejä yksinkertaisempia – eivät ole poikkeus. Esimerkkinä käyvät rakentamisessa käytetyt insinööripuutuotteet (mm. liimapuu, viilupuu ja monikerroslevy), jotka valmistetaan laminoimalla eli liittämällä yhteen puulevyjä tai -viiluja valtaosin fossiilipohjaisilla polyuretaani- ja muoviliimoilla (Ding ym. 2023). Insinööripuutuotteet edellyttävät vahvoja ja kosteutta kestäviä fossiililiimoja, mutta täsmälleen nämä ominaisuudet tekevät kierrättämisestä erittäin vaikeaa. Jykevien liimojen yhdistämiä puuosia on monimutkaista ja nykyään taloudellisesti kannattamatonta erottaa toisistaan. Lisäksi pelkkä puuosien erottaminen ja liiman pois kaapiminen ei riitä: lähellä liitospintaa liimat tunkeutuvat huokoiseen puuhun solutasoa myöten. Insinööripuutuotteet ovat siis mikro- ja nanotason fossiilihybrideitä (vrt. Fressoz 2024, 105). Liimattomia tai ainakin osittain biopohjaisia (esim. ligniinipohjaiset liimat) insinööripuutuotteita kehitellään, mutta toistaiseksi niiden ominaisuudet ovat puutteellisia tai tuotanto monimutkaista eli kallista. Kierrättämisen vaikeuden vuoksi rakennuspuutuotteiden houkuttelevin ”uusiokäyttö” on usein polttaminen energiaksi. (Ding ym. 2023, 1864–1865.)

Vaikka metsäteollisuuden valmistamia hybridejä ja komposiitteja on moneksi (mm. biomuovit, pakkaukset, käyttöesineet, tekstiilit ja ligniinisovellukset), ovat rakennusmateriaalit erityisen valaiseva esimerkki sekä historiallisesti että tulevaisuuden suhteen. Äkkiseltään puurakentamisen voisi kuvitella vähentyneen fossiiliaikakaudella, mutta Fressoz’n (2024, 60–61) mukaan puun käyttäminen rakentamisessa moninkertaistui teollistumisen myötä. 1900-luvulla fossiilisiin nojaavista betonista, teräksestä ja niiden komposiitista, teräsbetonista, tuli ehdottomasti tärkeimmät rakennusmateriaalit,⁹ mutta puuta tarvittiin edelleen runsaasti esimerkiksi betonirakentamisen muottitöissä (mt., 103–105). Varsinainen ”puurakentaminen” jatkui metsäisten maiden lähiöissä ja haja-asutusalueilla, joiden edellytyksenä olivat yksityisautoilu ja teiden rakentaminen eli fossiiliset poltto- ja raaka-aineet.

⁹ Betonin pääraaka-aineen sementin valmistaminen aiheuttaa noin 6 prosenttia maailman kasvihuonekaasupäästöistä. Päälle kolmannes päästöistä syntyy fossiilisten (erit. kivihiilen) polttamisesta kiertounien lämmittämiseksi ja noin puolet prosessin aikana kalkkikivestä vapautuvasta hiilidioksidista. Teräksen tuotanto aiheuttaa noin 7 prosenttia maailman kasvihuonekaasupäästöistä. Teräsmasuoneissa tuotannon suorat fossiilipäästöt syntyvät kivihiilen polttamisesta huippukorkeiden tuotantolämpötilojen saavuttamiseksi ja koksien käyttämisestä pelkistämiseksi. (Maailman talousfoorumi 2024.)

Puusta on tullut entistä monipuolisempi – ja monimutkaisempi – rakennusmateriaali, kun se on lyötetty yhteen fossiiliteollisuuden tuotteiden kanssa. Insinööripuutuotteiden lisäksi vaneri sekä erilaiset kuitu- ja lastulevyt ovat puun ja fossiilisten liimojen tai sidosaineiden liitto. Puun painekyllästämiseen käytettiin pitkään kivihiihlopohjaista ja erittäin myrkyllistä kreosootia (Fressoz 2024, 64–65). Nykyään puumuovikomposiitin tuotantomäärät ovat voimakkaassa kasvussa (Friedrich 2024). Maailmassa valmistetuista puurakennusmateriaaleista kasvava osuus on fossiilikomposiitteja: vaneria, kuitu- ja lastulevyjä, puumuovikomposiittia ja insinööripuutuotteita tehdään tänä päivänä hieman alle 400 miljoonaa kuutiota (FAO 2024), jo lähestulkoon yhtä paljon kuin sahatavaraa.

Vaikka puurakentaminen on voinut hyvin betonin ja teräksen valtakaudella, on se viime vuosina ikään kuin löydetty uudestaan ja ylennetty korvaamisnarratiivin johtotähdeksi (ks. van Veelen & Knuth 2024). Erityisen paljon odotetaan hiiltä varastoivilta pitkäikäisiltä insinööripuutuotteilta, joita voidaan käyttää betonin ja teräksen sijaan niin kutsuttujen puukerrostalojen kantavissa rakenteissa (esim. Hildebrandt ym. 2017). Näitä ”*tulevaisuuden betoneita*” (Polarlog 2025) ovat esimerkiksi monikerroslevy eli CLT (*cross-laminated timber*) ja viilupuu eli LVL (*laminated veneer lumber*). Monikerroslevy ja viilupuu ovat tuplasti hybridisiä tuotteita. Ne ovat fossiilipohjaisten liimojen ja puun komposiitteja, joiden käyttö on usein hybridistä: tyypillisen puukerrostalon rakentamiseen kuluu edelleen betonia ja terästä, vaikkakin huomattavasti vähemmän kuin betonirunkoisen kerrostalon. Esimerkiksi CLT-runkoisessa kerrostalossa betonia voi mennä vajaa 40 prosenttia (Österberg 2024) ja terästä noin 13 prosenttia (Tetty ym. 2019) betonirunkoiseen kerrostaloon vaadittavista määristä. Sen sijaan CLT-runkoisessa kerrostalossa kipsilevyn – eli kartongin ja kipsin komposiitin – menekki on moninkertainen verrattuna betonirunkoiseen kerrostaloon (mt., 266). Purettaessa helposti murenevan kipsilevyn kierrättäminen on hankalaa ja jää yleensä vajavaiseksi (Rumo 2023).

Huolimatta monimutkaisuudesta ja kierrätysongelmista puurunkoiset kerrostalot voivat vähentää merkittävästi päästöjä verrattuna perinteisiin kerrostaloihin, koska terästä ja betonia kuluu paljon vähemmän. Tutkimuksen mukaan betonirunkoon verrattuna insinööripuurungon elinkaari päästöt kerrostalossa voivat olla lähes puolta pienemmät (Hart ym. 2021) – tosin tulokset ovat herkkiä oletuksille puurakenteiden loppukäytöstä, eikä tutkimuksessa huomioitu rakennusten perustuksia tai muutoksia metsien ja puutuotteiden hiilinieluissa. Vaikka insinööripuutuotteissa tarvitaankin fossiilisia liimoja, määrät ovat suhteellisesti vähäisiä. Näyttäisi siis siltä, että niin pitkälle kuin uudisrakentaminen on välttämätöntä, kannattaa insinööripuutuotteita suosia. Laajemmin voisi ajatella, että rajaamalla fossiilisten käyttö insinööripuutuotteiden kaltaisiin voittopuolisesti biopohjaisiin komposiitteihin voitaisiin edetä jo pitkälle fossiilikäyttöisen sivilisaation kumoamisessa.¹⁰ Fossiilisten suhteen ei kuitenkaan välttämättä voida tähän tapaan poimia kirsikoita kakusta.

On selvää, että fossiilisten käyttökohteita tulisi paitsi radikaalisti vähentää myös jatkuvasti priorisoida, aivan kuten biomassojenkin. Fossiilisten tuotannossa ja käytössä on kuitenkin vaikeaa valita vain muutamat tärkeimmät käyttökohteet ja hylätä muut: petrokemiallisten yhdisteiden, kuten myös esimerkiksi öljyn ja maakaasun, tuotantomenetelmät, -paikat ja lähteet ovat saumattomassa symbioosissa keskenään (Zanon-Zotin ym. 2024). Nykyisin samat tuotantolaitokset tuottavat sekä polttoaineet että petrokemian raaka-aineet, eikä toista tule markkinoille ilman toista. Niinpä verrattain viattomien liimojen kanssa samaan pakettiin siis voi kuulua laajempi polttoaineiden ja petrokemian tuotteiden arsenaali. Petrokemiaenteollisuuden käyttöön meneviä kevyempiä hiilivetyjä on maasta pumppattavassa öljyssä vain pieni osa; jäljelle jäävä suurempi massa tulee kuitenkin tuotetuksi samassa prosessissa. (Corma ym. 2017.)

Lisäksi mittakaavaongelma pysyy keskeisenä: jos tulevaisuudessa uudisrakentamisen määrä on korkea ja jos betoni- ja teräsrunkoisten talojen rakentaminen jatkuu

¹⁰ Kiitämme tuntematonta vertaisarvioijaa ajatuksen nostamisesta esiin.

puurunkoisten rinnalla, niin puurakentaminen ei välttämättä onnistu leikkaamaan betonin ja teräksen käyttöä tai päästöjä absoluuttisesti. Mittakaavaerot ovat erityisen silmiinpistäviä rakentamisessa: nykyään insinööripuutuotteiden globaali vuosituotanto on yhteensä noin 13 miljoonaa kuutiota (FAO 2024), kun yksin asuntorakentamiseen valmistetaan betonia 5600 miljoonaa kuutiota (Goggins 2024). Globaalin rakennussektorin hiilijalanjälki on kaksinkertaistunut viimeisen 30 vuoden aikana ja sen arvioidaan uudelleen yli kaksinkertaistuvan vuoteen 2050 mennessä, koska kaupungistuminen ja uudisrakentaminen jatkuu vauhdikkaana, erityisesti globaalissa etelässä (Li ym. 2025). Tuoreen mallinnustutkimuksen mukaan CLT:n 30 tai 60 prosentin käyttö uudisrakentamisessa kuluvan vuosisadan aikana vähentäisi ilmastopäästöjä (CO₂e) kumulatiivisesti kymmenillä gigatonneilla (Lan ym. 2025). Päästövähennys tosin ei ole absoluuttinen, vaan suhteessa nykyisten kasvutrendien mukaiseen perusuraan. Lisäksi se perustuu suurelta osin fossiiliseen tehometsätalouteen: hiilinielujen kasvuun tehokkaasti hoidetuissa talousmetsissä ja plantaaseilla, jotka laajenevat osin luonnonmetsien kustannuksella. Insinööripuutuotteiden hyvistä puolista huolimatta puukerrostalot saattavat uusintaa fossiilisten aikakaudella syntyneitä logikoita myös urbaaneilla alueilla: näitä ovat kasvun jahtaaminen, lyhyet elinkaaret, uutuudentaivoittelu, riskisijoittaminen, pääomakeskeisyys ja pintakorea arkkitehtuuri (van Veelen & Knuth 2024). Ilman talouden mittakaavan supistamista ja kokonaisvaltaisia rakenteellisia muutoksia puukerrostalot ovat vain yksi fossiilisen kasvutalouden lisäsuppikka, jossa teräs, betoni, puu, petrokemian tuotteet ja muut materiaalit jatkavat saumatonta yhteisloaana.

Lopuksi: vihollisia vai ystäviä?

Puun ja fossiilisten symbioosin rikkominen on tulevaisuuden metsistä elämisen ja metsien kanssa elämisen kohtalon kysymys. Se ei edellytä ainoastaan talouden energieettisen ja materiaalsen mittakaavan supistamista, vaan myös biomassojen käytön priorisointia ja fossiilitalouden logiikoiden purkamista. Biomassojen käytön priorisointia toki jo peräänkuulutetaan esimerkiksi niin kutsutussa kaskadiperiaatteessa (EEA 2023) ja biomassahierarkiassa (Wheeler & Hardy 2025). Johtoajatus erityisesti kaskadiperiaatteessa on rahallinen arvonlisä: jalostusasteen korottaminen ja korkeimman arvonlisän priorisoiminen on taloudellisesti hyödyllistä. Mittakaavaongelman ja fossiilisymbioosin valossa on kuitenkin irrottauduttava arvonlisästä priorisoinnin pääperiaatteena. Fossiilisten käyttötarcoitukset ovat lähes loputtoman moninaiset. Osa käyttökohteista on kirjaimellisesti elintärkeitä (esimerkiksi lääketieteellisyys), osa taas ilmiselvästi lähinnä haitallisia (monet kertakäyttömuovit). Priorisoinnin on pohjaututtava arvonlisän sijaan hyödynlisyään: käyttötarcoitusten tarpeellisuuteen sekä yhteiskunnalliseen ja inhimilliseen hyödyllisyyteen. Lähtökohtana täytyy olla koko yhteiskunnan – mukaan lukien metsäteollisuuden – historiallisen ja nykyisen fossiilijalan tunnistaminen sekä korvaamislogiikan hylkääminen (vrt. Wheeler & Hardy 2025).

Symbioosiperspektiivi auttaa ajattelemaan uusiksi metsäalan ja fossiiliteollisuuden suhteita. Kriittisissäkin avauksissa fossiiliteollisuus saatetaan esittää yksipuolisesti metsäteollisuuden kilpailijana, ”peikkona”, joka estää metsäbiotalouden läpimurron (Ahokas ym. 2025b). Ajatuksenkulku on usein seuraava: koska metsäbiotalouden tuotteiden on vaikea voittaa fossiilisia niiden omassa pelissä esimerkiksi korkeampien tuotantokustannusten ja laiskan kysynnän vuoksi, pitää EU:ssa ja muilla kansainvälisillä areenoilla laatia biokorvikkeita suosivia sääntöjä (esim. sekoitevelvoitteita).

On totta, että fossiiliteollisuuden edunvalvojat usein näkevät uudet biotuotteet kilpailijoinaan ja lobbaavat aktiivisesti niitä vastaan (ks. van Veelen & Knuth 2024, 916). Samalla fossiiliteollisuus on silti monin tavoin metsäteollisuuden ystävä, ei ainoastaan vihollinen. Symbioosin purkamiseen eivät auta uudet säännöt, jos fossiilisten ehdoilla luodun pelin annetaan jatkua. Peli pitää lopettaa ja lajia vaihtaa. Siksi *ei* voi olla niin, että meidän ”*on välttämätöntä käyttää metsäbiotuotteita samoihin tarkoituksiin kuin tällä betkellä käytämme öljyä,*

kivihiltä ja maakaasua” (Hetemäki ym. 2022, 238, oma suom.). Pikemmin on päästävä eroon mahdollisimman monesta käyttötarkoituksesta. Vain harvat ja ehdottoman välttämättömät käyttötarkoitukset voidaan onnistua korvaamaan rajallisten biomassojen ja vastakkaisiin suuntiin vetävien ympäristöongelmien puristuksissa. Mikä kustakin käyttötarkoituksesta tekee välttämättömän ja säilyttämisen arvoisen – se lienee aikamme tärkeimpiä poliittisia ja eettisiä kysymyksiä.

Kiitokset

Kiitämme tuntemattomia vertaisarvioijia kriittikistä ja *Alue ja Ympäristön* toimitusta huomioista, jotka auttoivat meitä terävöittämään artikkelia. Kiitämme Toni Ruuskaa hyödyllisistä kommentteista käsikirjoitukseen.

Tekoälyn käyttö

Artikkelin työstämiseen ei käytetty tekoälysovelluksia.

Lähteet

- Ahokas, J., Ala-Lahti, T., Eronen, J.T., Haataja, A., Järvensivu, P., Lummaa, K., Lähde, V., Majava, A., Toivanen, T. & Vadén T. (2025a) Metsäteollisuuden kestävyyspäivitys – Osa 1: Miksi metsäteollisuudella on ilmastopoliittinen erityisasema? Poliitikasta 11.2.2025. <https://poliitikasta.fi/metsateollisuuden-kestavyyspaivitys-osa-1-miksi-metsateollisuudella-on-ilmastopoliittinen-erityisasema/> (Luettu 16.10.2025)
- Ahokas, J., Ala-Lahti, T., Eronen, J.T., Haataja, A., Järvensivu, P., Lummaa, K., Lähde, V., Majava, A., Toivanen, T. & Vadén T. (2025b) Metsäteollisuuden kestävyyspäivitys – Osa 2: Miten Suomi toteuttaa metsäalan uudistavan metsämissio? Poliitikasta 12.2.2025. <https://poliitikasta.fi/metsateollisuuden-kestavyyspaivitys-osa-2-miten-suomi-toteuttaa-metsaalan-uudistavan-metsamission/> (Luettu 16.10.2025)
- Allain, S., Ruault, J.F., Moraine, M. & Madelrieux, S. (2022) The ‘bioeconomics vs bioeconomy’ debate: Beyond criticism, advancing research fronts. *Environmental Innovation and Societal Transitions* 42 58–73. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2021.11.004>
- Anttila, P. & Verkerk, H. (2022) Forest biomass availability. Teoksessa Hetemäki, L., Kangas, J. & Peltola, H. (toim.) *Forest Bioeconomy and Climate Change* 91–111. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-99206-4_5
- Argyropoulos, D.D.S., Crestini, C., Dahlstrand, C., Furusjö, E., Gioia, C., Jedvert, K., Henriksson, G., Hulteberg, C., Lawoko, M., Pierrou, C., Samec, J.S.M., Subbotina, E., Wallmo, H. & Wimby, M. (2023) Kraft lignin: A valuable, sustainable resource, opportunities and challenges. *ChemSusChem* 16(23) e202300492. <https://doi.org/10.1002/cssc.202300492>
- Arts, W., Storms, I., Van Aelst, J., Lagrain, B., Verbist, B., Van Orshoven, J., Verkerk, P.J., Vermeiren, W., Lange, J.-P., Muys, B. & Sels, B.F. (2024) Feasibility of wood as a renewable carbon feedstock for the production of chemicals in Europe. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining* 18(2) 365–377. <https://doi.org/10.1002/bbb.2575>
- Auvinen, K., Kaminen, K., Karhinen, S., Rekola, A., Pelkonen, J., Child, M., Kärhä, K., Rantsi, J., Ihonen, J., Suomalainen, E., Hyrynen, J., Pesonen, J. & Rasi, S. (2025) Politikkatoimet liikkuvien työkoneiden puhtaan siirtymän edistämiseksi: Työkoneiden päästöjen vähentäminen tukee suomalaisten työkonevalmistajien kilpailukykyä vientimarkkinoilla. Ilmatoratkaisujen vauhdittaja (ACE) -hankkeen raportti. Suomen ympäristökeskus. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-5745-5>
- Ciacchi, L., Reck, B.K., Nassar, N.T. & Graedel, T.E. (2015) Lost by design. *Environmental Science & Technology* 49(16) 9443–9451. <https://doi.org/10.1021/es505515z>
- Circle Economy (2023) The Circularity Gap Report 2023. Circle Economy Foundation. <https://www.circularity-gap.world/2023#download>
- Corma, A., Corresa, E., Mathieu, Y., Sauvanaud, L., Al-Bogami, S., Al-Ghrami, M.S. & Bourane, A. (2017) Crude oil to chemicals: Light olefins from crude oil. *Catalysis Science & Technology* 7(1) 12–46. <http://dx.doi.org/10.1039/C6CY01886F>
- Ding, Y., Pang, Z., Lan, K., Yao, Y., Panzarasa, G., Xu, L., Lo Ricco, M., Rammer, D.R., Zhu, J.Y., Hu, M., Pan, X., Li, T., Burgert, I. & Hu, L. (2023) Emerging Engineered Wood for Building Applications. *Chemical Reviews* 123(5) 1843–1888. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.2c00450>
- Donner-Amnell, J. (2022) Miksi Suomen metsäsektorin transformaatio on ollut vaikeaa? *Vuosilusto* 14 66–87. <https://erepo.uef.fi/handle/123456789/29299>

- Donner-Amnell, J. (2025) Puunjalostuksen ja muun materiaaliuotannon siirtymän edellytykset, esteet ja näkymät. *Metsätieteen aikakauskirja vuosikerta 2025* 24021. <https://doi.org/10.14214/ma.24021>
- EEA [European Environment Agency] (2023) The European Biomass Puzzle. EEA Report 08/2023. <https://doi.org/10.2800/834565>
- Enbuske, M. & Ruuskanen, E. (2021) Metsien ja soiden rikkaus ja raivaus. Teoksessa Ruuskanen, E., Schönach, P. & Väyrynen K. (toim.) *Suomen ympäristöhistoria 1700-luvulta nykyaikaan* 151–200. Vastapaino.
- Eversberg, D., Holz, J. & Pungas, L. (2023) The bioeconomy and its untenable growth promises: reality checks from research. *Sustainability Science* 18(2) 569–582. <https://doi.org/10.1007/s11625-022-01237-5>
- FAO (2024) Global forest products facts and figures 2023. FAO. <https://doi.org/10.4060/cd3650en>
- Fressoz, J.-B. (2024) *More and More and More: An All-Consuming History of Energy*. Allen Lane.
- Friedrich, D. (2024) Branding of wood-plastic composites under generic name "Biobased-Plastic" or specifically as "Wood-Plastic Composite"? A consumer study under compolytics approach. *Journal of Cleaner Production* 470 143276. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.143276>
- Giurca, A. & Befort, N. (2023) Deconstructing substitution narratives: The case of bioeconomy innovations from the forest-based sector. *Ecological Economics* 207 107753. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2023.107753>
- Goggins, J. (2024) Green cement production is scaling up – and it could cut the carbon footprint of construction. The Conversation 17.4.2024. <https://theconversation.com/green-cement-production-is-scaling-up-and-it-could-cut-the-carbon-footprint-of-construction-227688> (Luettu 16.10.2025)
- Graedel, T.E., Harper, E.M., Nassar, N.T. & Reck, B.K. (2015) On the materials basis of modern society. *PNAS* 112 (20) 6295–6300. <https://doi.org/10.1073/pnas.1312752110>
- Haberl, H., Wiedenhofer, D., Pauliuk, S., Krausmann, F., Müller, D.B. & Fischer-Kowalski, M. (2019) Contributions of sociometabolic research to sustainability science. *Nature Sustainability* 2(3) 173–184. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0225-2>
- Hampton, S. & Whitmarsh, L. (2024) Keir Starmer says the UK can decarbonise without disruption – that's neither true nor helpful. The Conversation 14.11.2024. <https://theconversation.com/keir-starmer-says-the-uk-can-decarbonise-without-disruption-thats-neither-true-nor-helpful-243636> (Luettu 16.10.2025)
- Hart, J., D'Amico, B. & Pomponi, F. (2021) Whole-life embodied carbon in multistorey buildings: Steel, concrete and timber structures. *Journal of Industrial Ecology* 25(2) 403–418. <https://doi.org/10.1111/jiec.13139>
- Hassegawa, M., Karlberg, A., Hertzberg, M. & Verkerk, P.J. (2022) Innovative forest products in the circular bioeconomy. *Open Research Europe* 2(19). <https://doi.org/10.12688/openreseurope.14413.2>
- Henttonen, H.M., Nöjd, P. & Mäkinen, H. (2017) Environment-induced growth changes in the Finnish forests during 1971–2010 – An analysis based on National Forest Inventory. *Forest Ecology and Management* 386 22–36. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.11.044>
- Henttonen, H.M., Nöjd, P. & Mäkinen, H. (2024) Environment-induced growth changes in forests of Finland revisited – A follow-up using an extended data set from the 1960s to the 2020s. *Forest Ecology and Management* 551 121515. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.121515>
- Hetemäki, L., Kangas, J. & Peltola, H. (toim.) (2022) *Forest Bioeconomy and Climate Change*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-99206-4>
- Hetemäki, L., D'amato, D., Giurca, A. & Hurmekoski, E. (2024) Synergies and trade-offs in the European forest bioeconomy research: State of the art and the way forward. *Forest Policy and Economics* 163 103204. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2024.103204>
- Hildebrandt, J., Hagemann, N. & Thrän, D. (2017) The contribution of wood-based construction materials for leveraging a low carbon building sector in Europe. *Sustainable Cities and Society* 34 405–418. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.06.013>
- Holmgren, S., Giurca, A., Johansson, J., Kanarp, C.S., Stenius, T. & Fischer, K. (2022) Whose transformation is this? Unpacking the 'apparatus of capture' in Sweden's bioeconomy. *Environmental Innovation and Societal Transitions* 42 44–57. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2021.11.005>
- Holz, J.R. (2023) Threatened sustainability: extractivist tendencies in the forest-based bioeconomy in Finland. *Sustainability Science* 18(2) 645–659. <https://doi.org/10.1007/s11625-023-01300-9>
- Howard, C., Dymond, C.C., Griess, V.C., Tolkién-Spurr, D. & van Kooten, G.C. (2021) Wood product carbon substitution benefits: A critical review of assumptions. *Carbon Balance and Management* 16(1) 9. <https://doi.org/10.1186/s13021-021-00171-w>
- Huikari, O. (1998) *Arktisten metsien kasvun ihme*. Terra cognita.
- Hurmekoski, E. (2024) Salvation by substitution? Case textile markets. *Journal of Cleaner Production* 442 141163. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141163>
- Hurmekoski, E., Hetemäki, L. & Jänis, J. (2022a) Outlook for the forest-based bioeconomy. Teoksessa Hetemäki, L., Kangas, J. & Peltola, H. (toim.) *Forest Bioeconomy and Climate Change* 55–89. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-99206-4_4

- Hurmekoski, E., Seppälä, J., Kilpeläinen, A. & Kunttu, J. (2022b) Contribution of wood-based products to climate change mitigation. Teoksessa Hetemäki, L., Kangas, J. & Peltola, H. (toim.) *Forest Bioeconomy and Climate Change* 129–149. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-99206-4_7
- IEA (2018) The Future of Petrochemicals: Towards a more sustainable chemical industry. IEA. <https://www.iea.org/reports/the-future-of-petrochemicals>
- Isokangas, A. (2023) Mitä sellun tekemisestä jää tähteeiksi – ja miksi siitä pitäisi olla nyt kiinnostunut? UPM Beyond fossils 10.1.2023. <https://www.upm.com/fi/Artikkeleita/beyond-fossils/23/mita-sellun-tekemisesta-jaa-tahteeiksi-ja-miksi-siita-pitaisi-olla-nyt-kiinnostunut/> (Luettu 16.10.2025)
- Jensen-Eriksen, N. (2007) *Läpimurto. Metsäteollisuus kasvun, integraation ja kylmän sodan Euroopassa 1950–1973*. SKS.
- Jokela, H. (2024) ”Metsät ovat Suomelle kuin öljy Norjalle” – Kiuruvedellä käytiin tiivis keskustelu Itä-Suomen valttikorteista. Iisalmen Sanomat 18.7.2024. <https://www.iisalmensanomat.fi/paikalliset/7292668> (Luettu 22.1.2026)
- de Jong, E., Higson, A., Walsh, P. & Wellisch, M. (2012) Bio-based chemicals: Value added products from biorefineries. *IEA Bioenergy, Task 42 Biorefinery*. IEA. <https://www.ieabioenergy.com/blog/publications/bio-based-chemicals-value-added-products-from-biorefineries/>
- Juntti, P. & Ruohonen, A. (2023) *Muuttuva metsä — Opas jatkuvaan kasvatukseen*. Otava.
- Kauppi, P. & Nöjd, P. (1997) Kymmenen lastua kasvusta: Metsät metsittyivät 1950–90. *Metsätieteen aikakauskirja* 2 285–290. <https://doi.org/10.14214/ma.6525>
- Kekkonen, K. (2011) ”Hyvää vauhtia metsätöille”. Puunkorjuu ja Suomi muutoksessa. *Acta Universitatis Tampereensis* 1656. Tampereen yliopisto. <https://urn.fi/urn:isbn:978-951-44-8572-5>
- Kellokumpu, V. & Säynäjäkangas, J. (2022) Pääoma hakkuuaukealla: kuitupuukapitalismi metsätalouden tendenssinä. *Alue ja Ympäristö* 51(2) 21–45. <https://doi.org/10.30663/ay.120651>
- Konttinen, H. & Drushka K. (1997) *Metsäkoneiden maailmanhistoria*. Timberjack Group.
- Korhonen, K.T., Rätty, M., Haakana, H., Heikkinen, J., Hotanen, J.P., Kuronen, M. & Pitkänen, J. (2024) Forests of Finland 2019–2023 and their development 1921–2023. *Silva Fennica* 58(5) 24045. <https://doi.org/10.14214/sf.24045>
- Krausmann, F., Lauk, C., Haas, W. & Wiedenhofer, D. (2018) From resource extraction to outflows of wastes and emissions: The socioeconomic metabolism of the global economy, 1900–2015. *Global Environmental Change* 52 131–140. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2018.07.003>
- Kröger, M. & Raitio, K. (2017) Finnish forest policy in the era of bioeconomy: A pathway to sustainability? *Forest Policy and Economics* 77 6–15. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2016.12.003>
- Kunnas, J. & Myllyntaus, T. (2009) Postponed leap in carbon dioxide emissions: The impact of energy efficiency, fuel choices and industrial structure on the Finnish energy economy, 1800–2005. *Global Environment* 2(3) 154–189. <https://doi.org/10.3197/ge.2009.02030>
- Kunnas, J. & Myllyntaus, T. (2022) Lessons from the Past? A Survey of Finnish Forest Utilisation from the Mid-Eighteenth Century to the Present. *Environment and History* 28(4) 645–670. <https://doi.org/10.3197/096734020X15900760737121>
- Kukkola, M. & Nöjd, P. (2000) Kangasmetsien lannoitusten tuottama kasvuunlisäys Suomessa 1950–1998. *Metsätieteen aikakauskirja* 4 603–612. <https://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2016111829364>
- Kurki, S. & Ahola-Launonen, J. (2021) Bioeconomy in maturation: a pathway towards a ”good” bioeconomy or distorting silence on crucial matters? Teoksessa Koukios, E. & Sacio-Szymańska, A. (toim.) *Bio#Futures: Foreseeing and Exploring the Bioeconomy* 165–199. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-64969-2_9
- Kurniawan, T.A. (2025) Uncovering the potential of biomass from agricultural waste as sustainable biofuel in aviation industry to promote net zero emissions: A critical review. *BioResources* 20(2) 4821–4860. <https://doi.org/10.15376/biores.20.2.Kurniawan>
- Kärhä, K., Haavikko, H., Kääriäinen, H., Palander, T., Eliasson, L. & Roininen, K. (2023) Fossil-fuel consumption and CO₂e emissions of cut-to-length industrial roundwood logging operations in Finland. *European Journal of Forest Research* 142 547–563. <https://doi.org/10.1007/s10342-023-01541-4>
- Laakkonen, A., Rusanen, K., Hujala, T., Gabrielson, M. & Pykäläinen, J. (2023) Implications of the sustainability transition on the industry value creation logic—case of Finnish pulp and paper industry. *Silva Fennica* 57(3) 23024. <https://doi.org/10.14214/sf.23024>
- Laine, J. (2017) *Metsästä yhteiskuntaan: Metsäntutkimuslaitos 1917–2012*. Luonnonvarakeskus. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-338-102-5>
- Lan, K., Favero, A., Yao, Y., Mendelsohn, R.O. & Wang, H.S.H. (2025) Global land and carbon consequences of mass timber products. *Nature Communications* 16(1) 4864. <https://doi.org/10.1038/s41467-025-60245-y>
- Lange, J.-P. (2021) Towards circular carbo-chemicals – the metamorphosis of petrochemicals. *Energy & Environmental Science* 14 4358–4376. <https://doi.org/10.1039/d1ee00532d>

- Lehto, T. & Ilvesniemi, H. (toim.) (2023) Metsänlannoitus nyt ja tulevaisuudessa: Synteesiraportti. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 56/2023. Luonnonvarakeskus. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-714-3>
- Li, C., Pradhan, P., Chen, G., Kropp, J.P. & Schellnhuber, H.J. (2025) Carbon footprint of the construction sector is projected to double by 2050 globally. *Communications Earth & Environment* 6(1) 831. <https://doi.org/10.1038/s43247-025-02840-x>
- Lintunen, J., Kohl, J., Buchert, J., Asikainen, A., Jyske, T., Maunuksela, J., & Lehto, J. (2023) Suomi elää metsästä myös 2035 – Keskustelunavaus metsäsektorin arvonlisän kaksinkertaistamiseen. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 14/2023. Luonnonvarakeskus. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-620-7>
- Luke (2017) Metsäsektorin työlliset 1970–2021. Luonnonvarakeskus. https://statdb.luke.fi/PxWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE__met__zzz_lak__Metsasektorin%20tyovoima/7.02_Metsasektorin_tyolliset.px/ (Luettu 16.10.2025)
- Luke (2025a) Metsävarat 2025: Puuston kasvun aleneminen pysähtynyt. 14.11.2025. Luonnonvarakeskus. <https://www.luke.fi/fi/uutiset/metsavarat-2025-puuston-kasvun-aleneminen-pysahtynyt> (Luettu 26.1.2026)
- Luke (2025b) Maankäyttösektori pysyy suurena päästölähteenä, mutta metsät ovat pieni nielu kasvihuonekaasuinventaarion 2024 ennakkotiedoissa. 15.12.2025. Luonnonvarakeskus. <https://www.luke.fi/fi/uutiset/maankayttosektori-pysyy-suurena-paastolahteenä-mutta-metsat-ovat-pieni-nielu-kasvihuonekaasuinventaarion-2024-ennakkotiedoissa> (Luettu 26.1.2026)
- Luke (2026) Hiilinielulaskennan analyysi: Epävarmuuksista huolimatta paras käytettävissä oleva työkalu ilmastotoimien kohdentamiseen. 26.1.2026. Luonnonvarakeskus. <https://www.luke.fi/fi/uutiset/hiilinielulaskennan-analyysi-epavarmuuksista-huolimatta-paras-kayttavissa-oleva-tyokalu-ilmastotoimien-kohdentamiseen> (Luettu 26.1.2026)
- Maailman talousfoorumi (2024) Net-Zero Industry Tracker: 2024 Edition. Maailman talousfoorumi. https://reports.weforum.org/docs/WEF_Net_Zero_Industry_Tracker_2024.pdf
- Maa- ja metsätalousministeriö (2022) Valtioneuvoston selonteko maankäyttösektorin ilmastosuunnitelmasta. *Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja 2022:15*. Maa- ja metsätalousministeriö. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-366-388-6>
- Martikainen, A., Tynkkynen, J. & Holopainen, S. (2025) Metsänomistaja ihmettelee harventamattomia metsiä: ”Aivan hirveää”. *Yle* 26.7.2025. <https://yle.fi/a/74-20172571> (Luettu 16.10.2025)
- Martin, B.D. & Schwab, E. (2012) Symbiosis: ”Living together” in chaos. *Studies in the History of Biology* 4(4) 7–25.
- Massa, I. (1994) *Pohjoinen luonnonvalloitus: suunnistus ympäristöhistoriaan Lapissa ja Suomessa*. Gaudeamus.
- Metsien Suomi (n.d.) Suomessa puuta kasvaa vuodessa enemmän kuin sitä kaadetaan. <https://metsiensuomi.fi/suomessa-kasvaa-yli-puolet-enemman-puuta-kuin-50-vuotta-sitten/> (Luettu 16.10.2025)
- Metsälehti (2025) Metsäalalle tarvitaan satoja uusia tekijöitä – ulkomaisten metsurien määrä kasvaa. 23.4.2025. <https://www.metsalehti.fi/uutiset/metsaalalle-tarvitaan-satoja-uusia-tekijoiita-ulkomaisten-metsurien-maara-kasvaa/> (Luettu 16.10.2025)
- Metsäteho (2019) Uitto-opas: Uitto kaukokuljetusmuotona. <https://puuhoito.fi/uitto-opas/johdatus-uitto-oppaaseen/uitto-kaukokuljetusmuotona/> (Luettu 16.10.2025)
- Metsäteollisuus (2024) Metsäteollisuuden tehtaat vankasti matkalla fossiilittomuuteen. 12.06.2024. <https://metsateollisuus.fi/uutishuone/metsateollisuuden-tehtaat-vankasti-matkalla-fossiilittomuuteen/> (Luettu 16.10.2025)
- Metsäteollisuus (2025) Metsäteollisuus suhtautuu EU:n ilmastotavoitteisiin toiveikkaan realistisesti. 2.7.2025. <https://metsateollisuus.fi/uutishuone/metsateollisuus-suhtautuu-eun-ilmastotavoitteisiin-toiveikkaan-realistisesti/> (Luettu 16.10.2025)
- Myllyntaus, T. & Mattila, T. (2002) Decline or increase? The standing timber stock in Finland, 1800–1997. *Ecological Economics* 41(2) 271–288. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(02\)00034-4](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00034-4)
- Myllyntaus, T. (2011) Farewell to self-sufficiency: Finland and the globalization of fossil fuels. Teoksessa Järvelä, M. & Juhola, S. (toim.) *Energy, Policy, and the Environment: Modeling Sustainable Development for the North* 31–44. Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-0350-0_3
- Niiranen, P. (2022) Uittokaudesta tulossa ennätysmäinen – puuta uitetaan itsenäisyyspäivään saakka. *Yle* 3.11.2022. <https://yle.fi/a/74-20003228> (Luettu 16.10.2025)
- Nortio, J. (2022) Vuosikymmeniä jatkuneet vesakkomyrkytykset aiheuttivat Suomen luontoon vaurioita, jotka näkyvät edelleen. *Suomen Luonto* 19.1.2022. <https://suomenluonto.fi/artikkelit/vesakkomyrkyt/> (Luettu 16.10.2025)
- Nöjd, P., Henttonen, H.M., Korhonen, K.T. & Mäkinen, H. (2021) Suomen metsien käytön rajat: Mera-aikakauden skenaariolaskelman tarina. *Metsätieteen aikakauskirja* 2020 10570. <https://doi.org/10.14214/ma.10570>
- Ojanen, P., Aapala, K., Hotanen, J.-P., Kokko, A., Kortelainen, P., Marttila, H., Nieminen, M., Nieminen, T.M., Punttila, P., Rehell, S., Sallantausta, T., Sarkkola, S., Tiainen, J., Turunen, J., Valpola, S., Vasander, H., Vähäkuopus, T. & Minkkinen, K. (2020) Ojituksen vaikutus luonnon monimuotoisuuteen, ilmastoon ja vesistöihin – yhteenvedo. *Suo* 71(2) 93–114. <https://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2021061838706>

- Ollikainen, M., Honkatukia, J. & Pukkala, T. (2025) Kansantaloudellisesti tasapainoinen hiilipolku Suomen hiilineutraalustavoitteen saavuttamiseen. Koneen säätö Metsän puolella. https://koneensaatio.fi/wp-content/uploads/2025/09/Kansantaloudellisesti-tasapainoinen-hiilipolku-Suomen-hiilineutraalustavoitteen-saavuttamiseen_FINAL.pdf
- Palokallio, J. (2025) Metsä uutisointi kantelun kohteena: Tirola syyttää Yleä harhaanjohtavasta hiiliniel uutisesta. Maaseudun Tulevaisuus 16.12.2025. <https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/metsa/1bec03e9-ebd-4a93-b988-b1628ca58edc> (Luettu 26.1.2026)
- Papagianni, S., Capellán-Pérez, I., Adam, A. & Pastor, A. (2024) Review and meta-analysis of Energy Return on Investment and environmental indicators of biofuels. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 203 114737. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.114737>
- Peltola, H., Heinonen, T., Kangas, J., Venäläinen, A., Seppälä, J., & Hetemäki, L. (2022) Climate-smart forestry case study: Finland. Teoksessa Hetemäki, L., Kangas, J. & Peltola, H. (toim.) *Forest Bioeconomy and Climate Change* 183–195. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-99206-4_11
- Plastics Europe (2025) Plastics the Fast Facts 2025. Plastics Europe. https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2025/09/PE_TheFacts_25_digital-1pager-scrollable.pdf
- Polarlog (2025) CLT-rakentaminen – Tulevaisuuden massiivipuu on täällä. <https://www.polarlog.fi/tietopankki/clt-rakentaminen-massiivipuu-opas-2025> (Luettu 16.10.2025)
- Päivänen, J. (2008) Soiden metsätaloudellinen käyttöönotto. Teoksessa Korhonen, R., Korpela, L. & Sarkkola, S. (toim.) *Suomi – Suoma. Soiden ja turpeen tutkimus sekä kestävä käyttö* 96–100. Suoseura ry ja Maahenki.
- Riekkinen, T. & Ruuskanen, E. (2021) Fossiilisten polttoaineiden aikakauden alku, huippu ja tavoiteltu loppu. Teoksessa Ruuskanen, E., Schönach, P. & Väyrynen K. (toim.) *Suomen ympäristöhistoria 1700-luvulla nykyaikaan* 335–374. Vastapaino.
- Rikala, R. (2012) *Metsäpuiden paakkutaimien kasvatusopas*. Metsäntutkimuslaitos. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-951-40-2359-0>
- Roos, A. (2024) Renewing the subterranean energy regime? How petroculture obscures the materiality of deep geothermal energy technology in Sweden. *Ecological Economics* 219 108129. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2024.108129>
- Rumo, D. (2023) Forgotten dust: following plasterboard for non-destructive circular economies. *Frontiers in Sustainability* 4 994452. <https://doi.org/10.3389/frsus.2023.994452>
- Rytteri, T. & Lukkarinen, J. (2014) Puun energiakäytön politiikka. *Maaseutututkimus* 22(1) 57–67. <https://journal.fi/maaseutututkimus/article/view/144152>
- Räty, T. & Leinonen, I. (2023) Elinkaaritarkastelu. Teoksessa Lehto, T. & Ilvesniemi, H. (toim.) *Metsänlannoitus nyt ja tulevaisuudessa: Synteesiraportti* 100–103. Luonnonvarakeskus. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-714-3>
- Rönty, H. (2020) Suomessa luotiin valtava ongelma, jonka korjaamiseen menee vuosisatoja: soista tehtiin metsää vuosia, koska sen ilmastovaikutuksia ei tajuttu. Yle 19.1.2020. <https://yle.fi/a/3-11157959> (Luettu 16.10.2025)
- Schmelzer, M. & Büttner, M. (2024) Fossil mentalities: How fossil fuels have shaped social imaginaries. *Geoforum* 150 103981. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2024.103981>
- Seppälä, J., Heinonen, T., Kilpeläinen, A., Peltola, H., Pukkala, T., Sihvonen, M., Soimakallio, S., Weaver, S., Vesala, T. & Ollikainen, M. (2022) Metsät ja ilmasto: Hakkuut, hiilinielut ja puun käytön korvaushyödyt. *Suomen ilmastopaneelin raportti 3/2022*. <https://doi.org/10.31885/9789527457122>
- Seppälä, J., Pukkala, T., Kotiaho, J., Aalto, J., Bäck, J., Kallio, K.P., Karttunen, M., Koivula, M., Laine, I., Oksanen, E., Ollikainen, M., Silfverberg, O., Salo, M., Soimakallio, S., Weaver, S. & Vesala, T. (2026) Metsien hakkuiden, ilmastotavoitteiden ja luonnon monimuotoisuuden suojelun yhteensovittaminen – Skenaariotarkastelu eri hakkuutasoilla ja suojelupinta-aloilla. *Suomen ilmastopaneelin raportti 1/2026*.
- Seppälä, J. & Mäkipää, R. (2025) Metsien kadonnut hiilinielu heikentää myös talouden näkymiä. Suomen ilmastopaneelin blogi 17.3.2025. <https://ilmastopaneeli.fi/metsien-kadonnut-hiilinielu-heikentaa-mysalouden-nakymia/> (Luettu 3.2.2026)
- Siiskonen, H. (2007) The conflict between traditional and scientific forest management in 20th century Finland. *Forest Ecology and Management* 249(1–2) 125–133. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.03.018>
- Smil, V. (2017) *Energy and Civilization: A History*. MIT Press.
- Smil, V. (2018) Biofuels. Teoksessa Castree, N., Hulme, M. & Proctor, J.D. (toim.) *Routledge Companion to Environmental Studies* 491–494. Routledge.
- Snellman, O. & Säynäjoki, S. (2026). Fossil complacency: reorienting climate hypocrisy and system change debates. *Environmental Politics* 35(1) 109–128. <https://doi.org/10.1080/09644016.2025.2569729>
- Suomen virallinen tilasto (SVT) (2025) 12vq – Energian kokonaiskulutus energialähteittäin (kaikki luokat), 1970–2024*. Tilastokeskus. https://pxdata.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_ehk/statfin_ehk_pxt_12vq.px (Luettu 16.10.2025)
- Säynäjäkangas, J. & Kellokumpu, V. (2020) Biotaloutta vai kuitupuukapitalismia? Poliitikasta 14.10.2020. <https://politiikasta.fi/biotaloutta-vai-kuitupuukapitalismia/> (Luettu 16.10.2025)

- Tanskanen, J. & Savolainen, M. (2025) Uusiutuva polttoaine tulee pian metsistä – näin UPM, Neste ja St1 mullistavat lentoliikennettä. Yle 13.8.2025. <https://yle.fi/a/74-20173330>
- Tapio (n.d.a) Metsänhoidon suositukset: Lannoitus kivennäismaalla: Toteutus. <https://metsanhoidonsuosituksset.fi/fi/toimenpiteet/lannoitus-kivennäismaalla/toteutus> (Luettu 16.10.2025)
- Tapio (n.d.b) Metsänhoidon suositukset: Heinäntorjunta: Toteutus. <https://metsanhoidonsuosituksset.fi/fi/toimenpiteet/heinäntorjunta/toteutus> (Luettu 16.10.2025)
- Tetty, U.Y.A., Dodoo, A. & Gustavsson, L. (2019) Effect of different frame materials on the primary energy use of a multi-storey residential building in a life cycle perspective. *Energy and Buildings* 185 259–271. <https://doi-org.libproxy.helsinki.fi/10.1016/j.enbuild.2018.12.017>
- Tilsted, J.P. & Newell, P. (2025) Synthetic transitions: the political economy of fossil fuel as feedstock. *Review of International Political Economy* 32(4) 1214–1238. <https://doi.org/10.1080/09692290.2025.2467394>
- Toivanen, T. (2021) A player bigger than its size: Finnish bioeconomy and forest policy in the era of global climate politics. Teoksessa Backhouse, M., Lehmann, R., Lorenzen, K., Lühmann, M., Puder, J., Rodríguez, F. & Tittor, A. (toim.) *Bioeconomy and Global Inequalities: Socio-Ecological Perspectives on Biomass Sourcing and Production* 131–149. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-68944-5_7
- Tuokko, K. (1992) *Metsänparantajat kansakunnan asialla 1908–1988*. K. Tuokko.
- Työ- ja elinkeinoministeriö, maa- ja metsätalousministeriö, ympäristöministeriö, opetus- ja kulttuuriministeriö, sosiaali- ja terveysministeriö, liikenne- ja viestintäministeriö, valtiovarainministeriö, valtioneuvoston kanslia (2022) Suomen biotalousstrategia. Kestävästi kohti korkeampaa arvonlisää. *Valtioneuvoston julkaisuja 2022:3*. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-547-4>
- Uotila E. & Viitala E.-J. (2000) Tietiheys metsätalouden maalla. *Metsätieteen aikakauskirja* 1 19–33. <https://doi.org/10.14214/ma.6910>
- UPM (2025) UPM laajentaa toimintaansa biopohjaisilla markkinoilla – Leunan biojalostamo valmistaa ensimmäisen kaupallisen tuotteensa. 19.12.2025. <https://www.upm.com/fi/ajankohtaista/tiedotteet/2025/12/upm-laajentaa-toimintaansa-biopohjaisilla-markkinoilla--leunan-biojalostamo-valmistaa-ensimmaisen-kaupallisen-tuotteensa/> (Luettu 22.1.2026)
- Vadén, T., Majava, A., Toivanen, T., Järvensivu, P., Hakala, E. & Eronen, J.T. (2019) To continue to burn something? Technological, economic and political path dependencies in district heating in Helsinki, Finland. *Energy Research & Social Science* 58 101270. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2019.101270>
- van Veelen, B. & Knuth, S. (2024) An urban ‘age of timber’? Tensions and contradictions in the low-carbon imaginary of the bioeconomic city. *Environment and Planning E: Nature and Space* 7(2) 904–927. <https://doi.org/10.1177/25148486231179815>
- Venäläinen, P. & Poikela, A. (2024) Puutavara- ja hakeajoneuvojen massojen noston vaikutukset. *Metsätehon raportti* 270. Metsäteho. <https://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Raportti-270-Puutavara-ja-Hakeajoneuvojen-Massojen.pdf>
- Verkerk, P.J., Fitzgerald, J.B., Datta, P., Dees, M., Hengeveld, G.M., Lindner, M. & Zudin, S. (2019) Spatial distribution of the potential forest biomass availability in Europe. *Forest Ecosystems* 6 5. <https://doi.org/10.1186/s40663-019-0163-5>
- Vezzoni, R. & Ramcilovic-Suominen, S. (2023) The Finnish Bioeconomy Beyond Growth. *Natural Resources and Bioeconomy Studies* 104/2023. Natural Resources Institute Finland. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-817-1>
- Virranniemi, J. (2025) Helikopteri levittää terästyttä lannoitettuhkaa metsään – katso video. Yle 20.3.2025. <https://yle.fi/a/74-20150433> (Luettu 16.10.2025)
- Väylävirasto (2025) Tieverkko. <https://vayla.fi/vaylista/tieverkko> (Luettu 16.10.2025)
- Wheeler, F. & Hardy, L. (2025) The need for a biomass hierarchy. Briefing July 2025. Green Alliance. <https://green-alliance.org.uk/briefing/the-need-for-a-biomass-hierarchy/>
- Zanon-Zotin, M., Baptista, L.B., Draeger, R., Rochedo, P.R., Szklo, A. & Schaeffer, R. (2024) Unaddressed non-energy use in the chemical industry can undermine fossil fuels phase-out. *Nature Communications* 15(1) 8050. <https://doi.org/10.1038/s41467-024-52434-y>
- Österberg, M., Karjalainen, M., Lintunen, J., Tammelinen, T., Asikainen, A., Vakkilainen, E., Toivonen, R., Virta, P. Henn, A., Nuutinen, E.-M., Kohl, J. & Hassinen, J. (2024) Lankusta lääkkeisiin – Tuoteportfolion arvonoususta uutta arvonlisää metsäsektorille. *Metsäbiotalouden tiedepaneelin raportti 1/2024*. Metsäbiotalouden tiedepaneeli. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-65456-0-8>